

# التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والاساليب المتطورة Pollution control across bio/plasma reactors

فيزياء البلازما والليزر

تأليف د. إحسان اسماعيل عبدالله

الكتاب المرجعي الأول في تقييم الاثار البيئية لقطاع النفط والغاز



الرقم الليبي الموحد للكتاب الالكتروني

LSBN 888-7-0000004-18



8 887000 000418

[WWW.EUNPS.COM](http://WWW.EUNPS.COM)

الجامعة الالكترونية للدراسات العليا

**Electronic University of Postgraduate Studies**

**التحكم في التلوث  
عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية  
والتقنيات والأساليب المتطورة**

**POLLUTION CONTROL ACROSS  
BIO/PLASMA REACTORS**

**تأليف د. احسان اسماعيل عبد الله**

الرقم الليبي الموحد للكتاب الالكتروني

LSBN 888-7-0000004-18



8 887000 000418

**حقوق الطبع والنشر محفوظة للمؤلف  
الطبعة الثالثة 2018**

# الاهداء

إلى من علمتني النجاح والصبر

إلى من افتقدتها

إلى أمي الغالية رحمة الله تعالى

(ما كنت لأبخل عليك يا أمي بعمرى لو العمر يُهدى)

فاجعلها يا الله في جنات النعيم



## المحتويات

الباب الاول - التحكم في تلوث مياه الصرف الصحي والصناعي عبر المفاعلات الحيوية

الفصل الاول	
2	تعريفات ومصطلحات
	الفصل الثاني
7	اسس المعالجة البيولوجية عبر المفاعلات الحيوية
	الفصل الثالث
9	فكرة العمل الداخلي للمفاعلات الحيوية
	الفصل الرابع
11	مراحل المعالجة في محطات معالجة المياه الملوثة
12	طرق تجفيف الحمأة
	الفصل الخامس
14	المفاعلات الحيوية الهوائية والمفاعلات الحيوية اللاهوائية
	الفصل السادس
16	دراسات ما قبل تصميم وتنفيذ محطة معالجة المياه الملوثة
	الفصل السابع
21	طرق معالجة المياه الملوثة بالمحطات
22	محطات تعمل بنظام الحمأة المنشطة Activated sludge
32	محطات تعمل بنظام التهوية المطولة (التهوية المديدة) Long Aeration Treatment
40	محطات تعمل بنظام خنادق الاكسدة Oxidation ditches
42	محطات تعمل بنظام البرك أو بحيرات الاكسدة Oxidation Ponds (برك الاكسدة الطبيعية)
47	محطات تعمل بنظام البرك أو البحيرات المهواة (برك التثبيت المهواة) Aerobic Ponds
49	محطات تعمل بنظام المرشحات البيولوجية (الفلاتر البيولوجية) Trickling Filters Or Biological Filter
51	محطات تعمل بنظام الأقراص البيولوجية الدوارة Rotating biological contactors
53	محطات تعمل بنظام المعالجة بالنباتات Constructed Wetlands
57	محطات تعمل بنظام المعالجة المدمجة Compact Unit or Package-Type
59	محطات تعمل بنظام المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة Anaerobic Reactors (أحواض التحليل المطورة)





## الباب الثاني - التحكم في تلوث مياه الشرب عبر التقنيات المتطورة

الفصل الاول	
71	نظرة مختصرة الى معالجة المياه
73	حقائق علمية حول المياه
73	دورة الماء على سطح الأرض
74	مصادر المياه وخصائصها واستعمالاتها
	الفصل الثاني
76	اسباب تلوث المياه الجوفية
	الفصل الثالث
89	اسس المعالجة التقليدية للمياه
	الفصل الرابع
92	اسس المعالجة المتقدمة للمياه
	الفصل الخامس
96	طرق معالجة مياه الشرب بالمحطات
96	محطات تنقية مياه الشرب السطحية (الانهار والبحيرات)
98	محطات تحلية مياه الشرب المالحة (البحار والمحيطات والمياه الجوفية المالحة)

## الباب الثالث - التحكم في تلوث التربة عبر المفاعلات الحيوية والبلازما والتقنيات المتطورة

الفصل الاول	
123	تعريفات ومصطلحات
136	مقدمة عن تلوث التربة
136	مكونات التربة
138	اسباب تلوث التربة
	الفصل الثاني
144	أنواع الخلل الذي يصيب التربة
145	الأضرار الناجمة عن تلوث التربة (الاثار المترتبة عن تلوث التربة)
	الفصل الثالث
148	كيفية تقييم ومعالجة تلوث التربة
148	اولا كيفية تقييم ومعالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية
148	1- تقييم موقع التربة الملوثة وأخذ العينات
150	2- اجراء التحاليل المخبرية على العينات
150	(1) معدات اختبار التربة بالمختبر Apparatus
151	(2) تخضع جميع العينات للتجارب والتحليل الاتية "ملخص"
154	(3) تخضع جميع العينات للتجارب والتحليل الاتية "تفصيل"
170	3- طرق معالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية بالاستناد لنتائج التحاليل
172	4- تقنيات إزالة الملوثات الهيدروكربونية من التربة
174	ثانيا كيفية تقييم ومعالجة التربة الزراعية الملوثة





الفصل الرابع	
180	طرق جمع وتحليل عينات التربة Analysis of soil samples
180	أولاً طريقة وقواعد جمع عينات التربة واجهزة التحليل
182	ثانياً التحليل العام لعينات التربة
182	أولاً تحديد قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة
182	ثانياً تحديد قيمة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity E.C.
182	واجمالي المواد المذابة أو الاملاح الذائبة الكلية TDS Total Dissolved Salts
182	ثالثاً تحديد قيمة تركيز البوتاسيوم والصوديوم في التربة
183	رابعاً تحديد خصوبة التربة وصلاحيتها للزراعة
	الفصل الخامس
184	مفاعلات البلازما البيئية
	الفصل السادس
186	دليل وإستراتيجية تقييم الأثر البيئي لقطاع النفط والغاز
189	إرشادات تقييم الأثر البيئي لمشروعات النفط والغاز
189	كيفية اعداد تقرير تقييم الأثر البيئي

### الباب الرابع - التحكم في تلوث الهواء عبر المفاعلات البلازمية والتقنيات المتطورة

الفصل الاول	
205	تعريفات ومصطلحات
الفصل الثاني	
210	تلوث الهواء
الفصل الثالث	
212	الملوثات الرئيسية في الهواء وأثرها على الصحة العامة والبيئة
الفصل الرابع	
253	مقاييس مصادر تلوث الهواء
254	طرق التخلص والوقاية من التلوث الهوائي
254	المفاعلات البلازمية المستخدمة في التخلص من الغازات السامة
الفصل الخامس	
266	البرنامج التنفيذي لضبط جودة الهواء (المراقبة والقياس)
الفصل السادس	
268	الجغرافية المناخية Climatology (علم المناخ)





## الباب الخامس - الطرق التحليلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية

الفصل الاول	
اختبارات جودة الاوساط المائية والتربة	273
الفصل الثاني	
الطرق التحليلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية	277
الفصل الثالث	
- الخطوات الواجب اتباعها قبل اجراء التحاليل	291
- الطرق التحليلية المستخدمة لقياس مكونات المياه	291
- طرق جمع وحفظ العينات	291
- الاجراءات الخاصة بأخذ العينات	293
الفصل الرابع	
اساسيات في الكيمياء التحليلية	294
الفصل الخامس	
الطرق المستخدمة في التعبير عن تركيز المحاليل	295

## الباب السادس - التحكم في التلوث الاشعاعي

الفصل الاول	
تعريفات ومصطلحات	300
الفصل الثاني	
أنواع الإشعاعات	309
Types and Sources of Radiation	309
اولاً الإشعاعات المؤينة	309
Ionizing radiation	309
ثانياً الإشعاعات غير المؤينة	316
Non-ionizing radiation	316
الفصل الثالث	
النظائر المشعة المنتجة في المفاعلات والمعجلات النووية	317
النظائر المشعة المستخدمة في الطب (الطب النووي)	318
Isotopes (الطب النووي)	318
الفصل الرابع	
برامج الوقاية من التلوث الإشعاعي	327



## الباب السابع - فيزياء البلازما

الفصل الاول	
تعريفات ومصطلحات	334
الفصل الثاني	
علم فيزياء البلازما Plasma Physics	335
الفصل الثالث	
تقنيات انتاج البلازما واستخداماتها (التطبيقات الصناعية للبلازما)	339
الفصل الرابع	
المفاعلات البلازمية Plasma Reactor	348
الفصل الخامس	
مفاعل البلازما PEPS	374
Plasma Energy Pyrolysis System - PEPS	

## الباب الثامن - الليزر

الفصل الاول	
تعريفات ومصطلحات	388
الفصل الثاني	
فكرة الليزر وأساسيات فيزيائية حول الذرة	392
تصنيفات الليزر	397
الفصل الثالث	
مكونات اجهزة الليزر	398
نظرية الليزر	399
أنواع الليزر	401
خصائص الليزر	404
الفصل الرابع	
الاستخدامات العسكرية لليزر	407
الفصل الخامس	
الاستخدامات المدنية لليزر	422
الفصل السادس	
تطور تقنيات وتطبيقات الليزر	432





بسم الله الرحمن الرحيم

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي  
عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (41) .... صدق الله العظيم

سورة الروم

وفي " الصحيح " عن النبي صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أنه قال :

بينما رجلٌ يمشي بطريقٍ وجَدَ عُصْنَ شَوْكٍ على الطريق فأخَّره  
فشكر الله له فَعَفَّرَ له .

## المقدمة

قبل البدء أسأل الله تعالى أن يكون هذا الكتاب في ميزان حسناتي يوم العرض عليه  
وان يكون خالصاً لوجهه الكريم .

ان تطبيق المبادئ و الأفكار العلمية للتحكم في التلوث البيئي وتجنب مضاره هو  
السبيل الوحيد للتخلص من الملوثات الموجودة حاليا بالمياه والتربة والهواء  
والتي هي نتيجة الاستهلاك الجائر للموارد بكل أنواعها .

ان التحكم بالتلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية وعبر التقنيات والأساليب  
المتطورة هو عبارة عن اتحاد لعدد من العلوم ( كيمياء وفيزياء ،احياء ، صحة ،  
بيئة ، جيولوجيا ، هندسة مدنية وكهربائية وميكانيكية ، وفيزياء نووية وصناعية  
وإشعاعية) اتحدت مع بعضها لتشكل طرق متعددة للتحكم بالتلوث.





**وبصفة عامة يمكننا القول ان التحكم بالتلوث يشمل على ثلاثة افكار رئيسية وهي :**

- حماية السكان من الملوثات الموجودة بالماء والتربة والهواء (ملوثات كيميائية وبيولوجية "كائنات حية دقيقة" وحرارية ونووية إشعاعية و ميكانيكية).
- التحكم في التلوث بمعالجة التلوث وإزالته عن طريق فهم التداخلات البيولوجية والكيميائية و الفيزيائية بين الماء والتربة والهواء.
- الاستفادة من نواتج عمليات المعالجة في كافة مناحي الحياة وخصوصا الطاقة والموارد المائية .

حيث ان عملية التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية وعبر التقنيات المتطورة الاخرى تستوجب دراسة طرق التحكم في تلوث المياه سواء كانت مياه صرف صحي وصناعي أو كانت مياه للشرب ودراسة طرق التحكم في تلوث التربة و دراسة طرق التحكم في تلوث الهواء.... وهذا هو موضوع الكتاب الذي يحقق اكبر استفادة علمية ممكنة لطالبي العلم ولخبراء المختبرات والباحثين الجدد .

قال تعالى : ( وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَىٰ عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ) (105 التوبة)

وفق الله الجميع

د. احسان اسماعيل عبد الله





## الباب الاول

التحكم في تلوث مياه الصرف الصحي والصناعي عبر المفاعلات الحيوية

### الفصل الاول

تعريفات ومصطلحات

### الفصل الثاني

اسس المعالجة البيولوجية عبر المفاعلات الحيوية

### الفصل الثالث

فكرة العمل الداخلي للمفاعلات الحيوية

### الفصل الرابع

مراحل المعالجة في محطات معالجة المياه الملوثة  
طرق تجفيف الحمأة

### الفصل الخامس

المفاعلات الحيوية الهوائية والمفاعلات الحيوية اللاهوائية

### الفصل السادس

دراسات ما قبل تصميم وتنفيذ محطة معالجة المياه الملوثة

### الفصل السابع

طرق معالجة المياه الملوثة بالمحطات

محطات تعمل بنظام الحمأة المنشطة **Activated sludge**

محطات تعمل بنظام التهوية المطولة (التهوية المديدة) **Long Aeration Treatment**

محطات تعمل بنظام خنادق الاكسدة **Oxidation ditches**

محطات تعمل بنظام البرك أو بحيرات الاكسدة **Oxidation Ponds** (برك الاكسدة

الطبيعية)

محطات تعمل بنظام البرك أو البحيرات المهواة (برك التثبيت المهواة) **Aerobic Ponds**

محطات تعمل بنظام المرشحات البيولوجية (الفلتر البيولوجية)

**Trickling Filters Or Biological Filter**

محطات تعمل بنظام الأقراص البيولوجية الدوارة

**Rotating biological contactors**

محطات تعمل بنظام المعالجة بالنباتات **Constructed Wetlands**

محطات تعمل بنظام المعالجة المدمجة **Compact Unit or Package-Type**

محطات تعمل بنظام المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة **Anaerobic Reactors**

(أحواض التحليل المطورة)





## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

التعريف العام للمياه الملوثة (مياه الصرف الصحي والصناعي Wastewater/Sewage): هي اوجال مياه الصرف الصحي Sanitary ومياه الصرف الصناعي Industrial المتدفقة Influent في شبكة الصرف و تسمى بالحماة (الحماة الاولية الخام Raw wastewater/Sewage) أو Sludge Liquid wastes = Municipal wastewater + Industrial wastewater.

مصدر المياه الملوثة (مياه الصرف الصحي والصناعي Wastewater): مياه الصرف الصحي المنزلي + مياه الامطار + المخلفات الصناعية السائلة + مياه الرشح الداخلة للأنايبب + مياه صرف الشوارع والارصفة .

مكونات المياه الملوثة (مياه الصرف الصحي والصناعي): 99% ماء + 1% مواد صلبة عالقة وذائبة ( 50% مواد صلبة عضوية Organic Matters أي انها قابلة للتخمر والتحلل الحيوي "غير ثابتة Unstable" وتتطاير عن التسخين + 50% مواد صلبة غيرعضوية Inorganic Matters أي انها غير قابلة للتخمر والتحلل الحيوي "ثابتة Stable" ولا تتطاير عند التسخين )

\*في بعض الدراسات تكون نسبة الماء الى المواد الصلبة العالقة والذائبة 99.9% + 0.1%  
\*في بعض الدراسات لا تكون نسبة المواد الصلبة العضوية 50% كما تكون هناك نسبة للعالقة واخرى للذائبة. "عموما نسب المواد العضوية وغير العضوية متبادلة ومتغيرة وليست ثابتة"

انواع واحجام المواد الصلبة العالقة Suspended Solids الموجودة في المياه الملوثة:  
(ينتج الفرد الواحد منها يومياً حوالي من 65 الى 90 جرام )

**1- المواد كبيرة الحجم :** وهي التي لا يقل قطرها عن 1 بوصة ( 25 ملليمتر ) وهي تعيق التدفقات وعمليات المعالجة.

**2- حبيبات الرمال ( Grit ) :** وهي المواد العالقة التي ترسب بسرعة وهي تشمل الرمال ، الزلط وبعض المواد الأخرى عالية الكثافة ذات أجسام أكبر من بوصة واحدة في القطر ( 25 ملليمتر mm ). يمكن ان تدخل الرمال الى خطوط الصرف عند هطول الأمطار أو من عمليات الغسيل في صناعة الورق وكذلك من الصناعات الغذائية وصناعات أخرى مثل صناعة الحديد و الصلب لها صفات الرمال حيث انها مواد غير عضوية وسريعة الترسب وهي تزال ضمن عملية إزالة الرمال في محطات المعالجة.

**3- المواد الصلبة القابلة للتسبب Settle Able Solids :** وتشمل المواد التي ترسب من مياه الصرف في إختبار قمع أمهوف ( Imhoff ) القياسي ، حيث ان المواد القابلة للتسبب هنا هي جسيمات ذات قطر أكبر من 0.001 ملليمتر mm تقريبا ( 1 ميكرومتر µm ).

**4- مواد هلامية ( غروية ) Colloids :** وهذه عبارة عن مواد عالقة ذات قطر تقريبي 0.0001 ملليمتر وهي لا ترسب بدون عوامل مساعدة للتسبب في نظم المعالجة وهذه الجسيمات لها شحنات سطحية والتي يجب معادلتها ليتمكن تجميع وتكتيل تلك الجسيمات

Particle Agglomeration ، حيث يستخدم عادة التزغيب والترويب والتسبب ، وكذلك الموربات من الأملاح المعدنية غير العضوية والبولي اليكتروليتس لإزالة هذه المواد الهلامية .

\*المواد الصلبة القابلة للتسبب كالمواد الهلامية ( Colloidal ) يمكن أن تكون عضوية او غير عضوية وذلك طبقا لنوع الصناعة.

\*المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف الصناعي يمكن ان تكون عضوية او غير عضوية .  
\*استخدام مواد التثنت مثل مواد النشاط السطحي ( المنظفات الصناعية ) قد يسبب درجة ثبات عالية للمواد الصلبة العالقة بما يجعل من الصعب إزالتها .







وحدات قياس الطول وفق النظام الدولي للوحدات:

الكيلومتر (km) = 1000 متر ، المتر (m) = 10 ديسيمتر (dm) ، المتر = 100 سنتيمتر (cm) ،  
السنتيمتر = 10 ملليمتر (mm) ، الملليمتر = 1000 ميكرومتر (µm) ، الميكرومتر = 1000 نانومتر  
(nm) ، النانومتر = 10 أنجستروم .

\* الميلمتر millimeter يرمز إليه بـ mm ومقداره ( $10^{-3}$  من المتر) أى ان 1 ملليمتر = 0.001 متر.

\* الميكرومتر Micrometer يرمز إليه بـ µm ومقداره ( $10^{-6}$  من المتر) ، ويسمى أحيانا ميكرون.

أى ان 1 ميكرومتر µm = 0.000001 متر ( 1 ميكرومتر µm = 0.001 ملليمتر mm )

\* النانومتر nanometer يرمز إليه بـ nm ومقداره ( $10^{-9}$  من المتر)

أى ان 1 نانومتر nm = 0.000000001 متر ( 1 نانومتر nm = 0.001 ميكرومتر µm )

\* الانجستروم Angstrom هو وحدة لقياس الطول الموجي ويرمز إليه بـ Å ومقداره ( $10^{-10}$  من المتر)

وقد سميت هذه الوحدة نسبة إلى العالم أندرز أنجستروم... أى ان 1 أنجستروم = 0.000000001 متر.

( 1 أنجستروم = 0.1 نانومتر nm ، 1 أنجستروم = 0.0001 ميكرومتر µm ، 1 أنجستروم =

0.0000001 ملليمتر mm ).

\* أبعاد الفيروسات الكبيرة من 250 إلى 300 نانو متر وأصغرها قطره نحو 14 نانو متراً.

\* تختلف احجام الخلايا البكتيرية فمنها ما هو متناهي الصغر كما في الميكوبلازما يتراوح قطر خليتها بين

100-200 نانومتر ومنها ما هو كبير قد يصل إلى 500 نانومتر.

### الحمل الهيدروليكي أو الاحمال الهيدروليكية Hydraulic Loads:

المياه الملوثة المتدفقة Influent الى محطة المعالجة تقاس بالمتر المكعب يوميا ... مثال: محطة مصممة

على استقبال 400,000 متر مكعب من الماء الملوث يوميا ( $400 \text{ km}^3/\text{day}$ ) ولذلك تسمى الطاقة

التصميمية للمحطة بالحمل الهيدروليكي فاذا دخلت كمية مياه اكثر من المعتاد فيسمى ذلك زيادة في الاحمال

الهيدروليكية كأن تستقبل المحطة 600,000 متر مكعب من الماء الملوث يوميا ( $600 \text{ km}^3/\text{day}$ ).

(تصمم المحطة طبقاً لتعداد السكان فالمعدل القياسي لتدفق المياه الملوثة للمحطة "أي محطة معالجة"

هو 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص).

### الحمل الوبائي (الحمل العضوي أو الاحمال العضوية Organic Loads):

وهو ما تحمله المياه الملوثة من ممرضات (كائنات حية دقيقة وفيروسات) وتقاس نسبة الحمل الوبائي

بالمياه الملوثة في محطات المعالجة عن طريق فحص Biological Oxygen Demand BOD

وهو يعني فحص الاكسجين الحيوي الممتص من البكتيريا ، ونتيجة هذا الفحص تبين كمية الاكسجين

المستهلك أو الممتص من قبل البكتيريا في العينة ... فاذا زادت النتيجة عن  $300 \text{ mg/L}$  فهذا يعني ان

هناك تلوث عضوي بالمياه (حمل الوبائي أو حمل عضوي) بمعنى انها مياه مجاري، وتكون المياه صالحة

للشرب اذا كانت قيمة BOD أقل من  $1 \text{ mg/L}$  (نشاط بكتيري ضعيف) ، وتكون المياه صالحة للري

وللحياه السمكية اذا كانت قيمة BOD =  $4 - 7 \text{ mg/L}$  ، وتكون المياه صالحة للري فقط اذا كانت قيمة

BOD أقل من  $150 \text{ mg/L}$

$300 \text{ Kg/M}^3 = 0.3 \text{ mg/M}^3 = 300 \text{ mg/L}$

للتحويل من لتر الى متر مكعب يتم القسمة على  $1000$

كما يستخدم بعض الباحثين نسبة الغذاء / الكائنات الحية ( F / M ) كدلالة على الأحمال العضوية وهي تعبر

عن المواد العضوية بالكيلو جرام ( BOD ) لكل كجم من المواد العالقة المتطايرة في اليوم VSS

( Volatile Suspended Solids )

### المعالجة البيولوجية Biological Treatment:

المعالجة البيولوجية في ابط صورها تعني قيام العديد من الكائنات الحية الدقيقة (الميكروسكوبية)

Microorganisms و الكثير من أنواع البكتيريا الهوائية Aerobic Bacteria وأنواع من

البكتيريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria على تثبيت المياه الملوثة أى تقوم بتحليل بعض المواد

العضوية (غير ثابتة Unstable) الى مواد غير عضوية ( ثابتة Stable ) ويسمى ذلك بالمعالجة

البيولوجية أى "التثبيت".





## المفاعل الحيوي Bioreactor :

هو حاوية او وعاء أو حوض تتم فيه المعالجة البيولوجية والمواد النشطة الكيميائية الحيوية المشتقة من الكائنات الحية المختلفة ولهذه المفاعلات عدة اشكال وغالباً ما يكون إسطواني مصنوع من سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ (Stainless) وسعتها تكون باللترات أو بالأمتار المكعبة وهي متطورة باستمرار، ويمثل تصميم المفاعل الحيوي مسألة هندسية معقدة ومركبة ومطلوب منه توفير ظروف جيدة لتقوم الكائنات الحية الدقيقة على أداء وظيفتها المرغوبة بنسبة 100%.

## التحكم في المفاعلات الحيوية Bioreactors Control :

يعني ذلك التحكم في المعالجة البيولوجية وذلك بضبط الظروف البيئية داخل المفاعل ومراقبتها بشكل دقيق والتي منها الغازية (كالهواء، الأكسجين، النيتروجين، ثاني أكسيد الكربون) وكذلك معدلات التدفق ودرجة الحرارة و الأس الهيدروجيني (pH) بالإضافة إلى مستويات الأكسجين المذاب، أيضاً معدل سرعة دائرية التهيج agitation.

ويستخدم معظم مصنعي المفاعلات الحيوية الصناعية الأوعية والمستشعرات ونظماً للتحكم متحدين معاً في شبكة واحدة معتمدين فيها على نظام المبادلات الحرارية heat exchanger وهو نظام من أنظمة المفاعلات الحيوية ، حيث أن المبدل الحراري يحافظ على العملية الحيوية في درجة حرارة مستقرة وثابتة، فالخمير الحيوي يعتبر مصدراً أساسياً للحرارة، ومن ثم تحتاج المفاعلات الحيوية في معظم الأحيان إلى عملية تبريد أو تجميد حيث قد يتم تبريدها أو تجميدها بغطاء خارجي أو في بعض الأوعية أو الحاويات الكبيرة بآبواب وملفات داخلية ففي عملية التنفس الهوائي تمثل عملية نقل الأكسجين مهمة صعبة فالأكسجين هو أحد الغازات التي تذوب أو تنحل في الماء بصعوبة نظراً لأنه قليل في الهواء الجوي (حيث تصل نسبة تواجد في الهواء إلى 21%) وغالباً ما تساعد عملية التهيج في نقل الأكسجين والتي تكون مطلوبة لخلط المغذيات والحفاظ على تناغم وتجانس عملية التخمر إلا أنه على الرغم من ذلك فإنه توجد حدود لسرعة التهيج، وذلك بسبب الاستهلاك العالي للطاقة ومن هنا تبرز أهمية التحكم في المفاعلات.

## الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms الأكثر أهمية في المعالجة البيولوجية :

### 1- البكتيريا Bacteria

هي كائنات دقيقة وحيدة الخلية تتكاثر بالانقسام الثنائي أو التكاثر الجنسي وهي من أهم الكائنات الدقيقة لدورها الفعال في أكسدة المواد العضوية ولكونها من أكثر الكائنات الممرضة في المياه وتنقسم من حيث الشكل إلى ثلاثة أنواع: كروية- إسطوانية- حلزونية ويتراوح حجمها من 0.1 إلى 10 ميكرون .

### 2- الفطريات Fungi

هي كائنات متعددة الخلايا تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو اللاجنسي (الأنقسام أو التفرع) وتنشط و تنمو في وجود الأكسجين وتحتاج لكميات قليلة من المواد النيتروجينية ويمكنها التغلب على الظروف البيئية الصعبة مثل التغير في pH حيث ان الـ pH المثالي لها هو 5.6 .

### 3- البروتوزوا و الروتيفيرا Protozoa and Rotifers

وهي كائنات أولية ميكروسكوبية لها القدرة على الحركة - غير ذاتية التغذية و تنشط و تنمو في وجود الأكسجين وحجمها أكبر من البكتيريا (من 10 إلى 100 ميكرون) وقد تستهلك البكتيريا كمصدر للطاقة والغذاء لها ولها دور مهم في عملية التنقية من خلال تخفيض عدد البكتيريا الممرضة الضارة حيث تتغذى عليها.

### 4- الطحالب Algae

وهي كائنات وحيدة أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها على ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي لها دور هام في المعالجة البيولوجية حيث تنتج الأكسجين في بحيرات الأكسدة من خلال عملية البناء الضوئي يوجد علاقة تعاونية بين البكتيريا و الطحالب حيث تقوم البكتيريا باستهلاك أكسجين الطحالب و تقوم الأخرى بالاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات .





### 5- الديدان (Worm) - يرقات الحشرات (Insect Larva) - بعض القشريات (Crustaceans)

وهي الكائنات الدقيقة الأكبر في الحجم و الأكثر تعقيدا في تركيبها و يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتتميز بقدرتها على تمثيل الغذاء و تحويل المواد العضوية البسيطة إلى مركبات معقدة لايمكن لبقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها وهي تعيش في وفرة الأكسجين الذائب وتتغذى على البكتيريا وتقوم بتدوير المواد المغذية ( N & P ).

في المجال الطبي يرد مصطلح الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms ضمن تصنيف الجراثيم كالتالي:

#### 1- متعضيات مرئية بالمجهر الضوئي

حيوانات أولية	بكتيريات	فطريات مجهرية
كائنات وحيدة الخلية ذات نواة واضحة بعضها ممرضة وطفيلية و أخرى نافعة طبيعيا	كائنات وحيدة الخلية بدون نواة محددة تكون على شكل مكورات أو عصيات	كائنات ذات خلايا نباتية على شكل ألياف أو براعم مجهرية ، بعضها نافعة و أخرى ممرضة

#### 2- متعضيات مرئية بالمجهر الإلكتروني

حمات أو فيروسات Virus وهي كائنات غير خلوية لا تبدي حياة إلا عندما تتسرب داخل الخلايا حيث تتكاثر وهي من أصغر المتعضيات المجهرية و هي ممرضة و طفيلية إلزامية .

#### طريقة النمو البكتيري:

تتكاثر البكتيريا بالانقسام الثنائي و الزمن المطلوب لكل انقسام والذي يشار اليه بزمن التوالد "Generation Time"، يمكن أن يتنوع من ايام الى اقل من 20 دقيقة، وعلى سبيل المثال فإذا كان زمن التوالد 30 دقيقة فان خلية بكتيرية واحدة سوف تنتج 16.77 مليون خلية بكتيرية بعد مدة 12 ساعة، وبشكل عام يمكن إيجاز مراحل النمو البكتيري بأربع مراحل :

- مرحلة النمو المتباطئ (The Lag Phase): وهي تمثل الزمن المطلوب للمتعضيات للتأقلم مع البيئة الجديدة و لتبدأ بعده بالانقسام.

- مرحلة النمو السريع (The Log-Growth Phase): أثناء هذه المرحلة فان الخلايا تنقسم بمعدل يتحدد تبعاً لزمّن تولدها و قدرتها على استهلاك الملوثات "الطعام" ويكون معدل النمو فيها ثابت.

- مرحلة النمو المستقر (The Stationary Phase): وفيها يبقى التعداد البكتيري ثابت و ذلك بسبب استنفاد البكتيريا للمواد الملوثة او المغذيات اللازمة لنموها و يتعادل نمو الخلايا البكتيرية الجديدة مع فناء الخلايا البكتيرية القديمة فيها.

- مرحلة الموت السريع (The Log-Death Phase): خلال هذه المرحلة يفوق معدل الموت البكتيري معدل نمو الخلايا الجديدة. و الشكل التالي يبين مراحل النمو البكتيري:

#### الاستقلاب الميكروبي :

إن فهم النشاطات البيوكيميائية للكائنات الدقيقة ذات التأثير الهام في المعالجة البيولوجية، يعتبر عاملاً أساسياً لاختيار و تصميم الطريقة الملائمة للمعالجة البيولوجية للمياه الملوثة، حيث تحتاج الكائنات الدقيقة "Microorganisms حتى تتكاثر و تؤدي عملها بشكل مناسب الى كربون و طاقة و مغذيات:

1- مصدر الكربون: إن الكربون يلزم لتصنيع و تركيب المادة الخلوية الجديدة، و تعتبر المواد العضوية و ثاني أكسيد الكربون من أغلب المصادر الشائعة للكربون ، حيث ان المتعضيات التي تستخدم الكربون العضوي لتشكيل النسيج الخلوي وتدعى الهيتروتروفز "Heterotrophs". و أما التي تشتق الكربون من ثاني أكسيد الكربون فتدعى أوتوتروفز "Autotrophs" .





**2- مصدر للطاقة:** إن المتعضيات التي تستمد الطاقة من ضوء الشمس تدعى الفوتوتروفز " Phototrophs " و التي ربما تكون هيتيروتروفيك مثل بكتيريا الكبريت أو أوتوتروفيك مثل الطحلبيات " Algae " و أما المتعضيات التي تشتق الطاقة من التفاعلات الكيميائية فتدعى الكيموتروفز " Chemotrophs " وهي بدورها ربما تكون هيتيروتروفيك مثل Prorzo, Fungi ومعظم البكتيريا ، أو تكون أوتوتروفيك مثل بكتيريا النتريجة.

إن متعضيات Chemoautotrophs تستمد الطاقة من التفاعلات الكيميائية "أكسدة أو ارجاع المركبات اللاعضوية مثل الامونيا و النتريت و النتريت و السلفايد" ، وتشتق الكربون من ثاني اكسيد الكربون وأما متعضيات Chemoheterotrophs فهي عادة" ما تشتق طاقتها من أكسدة المركبات العضوية وتعتمد على الكربون العضوي في تركيب النسيج الخلوي. وبما أن الهدف الرئيس لمعظم طرق المعالجة البيولوجية هو تخفيض المواد العضوية فإن المتعضيات الرئيسية لإتمام هذا الامر هي Chemoheterotrophs ، أما عندما يراد تحويل الامونيا NH3 الى نترات فإن بكتيريا النتريجة Chemoautotrophs هي التي تكون مهمة، و بشكل عام فإن متعضيات الهيتيروتروفيك تعتمد على المواد العضوية المنتجة بواسطة متعضيات الاوتوتروفيك كمصدر للطاقة و كمادة خام لتكوين كتلتها الحيوية، و تنتج بالنهاية (بعد تحطيمها المواد ذات المنشأ العضوي) مكونات بسيطة تثبت بدورها بواسطة متعضيات الاوتوتروفيك و التي تعمل على تثبيت العناصر البسيطة و المواد اللاعضوية الغير حية ضمن جزينات معقدة و التي تشمل المواد العضوية.

### أنواع الاستقلاب الميكروبي "Microbial Metabolism" :

- **الاستقلاب التنفسي "Respiratory Metabolism" :** إن المتعضيات التي تولد الطاقة بواسطة انتقال الكترولون انزيمي وسيط من مانح الكترولوني الى مستقبل الكترولوني خارجي يقال انها تقوم بالاستقلاب التنفسي.  
- **الاستقلاب التخمر "Fermentation Metabolism" :** إن الاستقلاب التخمر لا يشتمل اشراك مستقبل الكترولوني خارجي في العملية على عكس الاستقلاب التنفسي، كما أن التخمر تعتبر عملية أقل فعالية في انتاج الطاقة بالمقارنة مع التنفس. و ينتج من هذا أن متعضيات الهيتيروتروفيك التخمرية تتميز بمعدلات نمو و انتاج خلوي أقل مما هو عليه بالنسبة لمتعضيات الاوتوتروفيك التنفسية. عند استخدام الاكسجين الجزيني كمستقبل الكترولوني في الاستقلاب التنفسي فإن هذه العملية نعرف بالتنفس الهوائي، وبغياب الاكسجين الجزيني فإن المركبات الاعضوية القابلة للأكسدة مثل النترات و النتريت تقوم بوظيفة المستقبل الالكترولوني لأجل بعض المتعضيات التنفسية و هذه العملية يطلق عليها (Anoxic) ظروف شبه لاهوائية.

### مغذيات البكتيريا :

تنغذي الكائنات الحية الدقيقة على 50% من الكربون العضوي و 15% من النيتروجين الكلي (نيتروجين عضوي ولاعضوي Total Kjeldahl Nitrogen TKN) و 3% من الفسفور العضوي والباقي من المواد العضوية الاخرى وهذه المغذيات تتواجد على شكل بروتينات وكربوهيدرات ودهون وزيوت ، وأن مصادر الطاقة و الكربون تدعى عادة " Substrates " ، و إن وجود المغذيات في المياه الملوثة يعتبر عاملاً داعماً للمعالجة البيولوجية لإزالة المواد العضوية الكربونية " القابلة للأكسدة البيولوجية ".

### أحواض إمهوف Imhoff :

العالم الألماني Imhoff هو أول من طور حوض التخمر المقترح لمعالجة الحمأة بإنشائه حوضه المعروف باسمه، والمكون من حوضين؛ العلوي منه يقوم بدور الترقيد، أما السفلي فيقوم بدور غرفة تخمير للحمأة المتجمعة.

### مصطلحات محطات معالجة المياه الملوثة

Influent - Raw Water - WAS Waste activated Sldge - RAS Return  
activated Sldge – Recycle Sludge – Clarifier Tanks - Setting Tanks  
Aeration Tanks - Effluent – Sludge Treatment – Treated Water







## الفصل الثاني - اسس المعالجة البيولوجية عبر المفاعلات الحيوية

### المعالجة البيولوجية Biological Treatment قبل المحطات :

(أو الإزالة البيولوجية للمواد العضوية قبل محطات معالجة المياه الملوثة)

وهي معالجة تتم طبيعياً دون تدخل بشري وقبل الوصول للمحطة وينتج عنها الحماية الأولية الخام الداخلة للمحطة.

إن المياه الملوثة بها العديد من الكائنات الحية الدقيقة (الميكروسكوبية) Microorganisms والكثير من أنواع البكتيريا الهوائية Aerobic Bacteria وأنواع من البكتيريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria فتعمل البكتيريا (الهوائية واللاهوائية) على تثبيت المياه الملوثة أي تقوم بتحليل بعض المواد العضوية (غير ثابتة Unstable) إلى مواد غير عضوية (ثابتة Stable) ويسمى ذلك بالمعالجة البيولوجية أي "التثبيت".

فبعد بدء جريان المياه الملوثة في شبكة الصرف يكون لونها مائل إلى الرمادي مع وجود (مواد برازية وزيتية وشحوم وبعض المواد كيميائية وكذلك أوراق ومخلفات الطعام والخضراوات طافية على السطح) وبمرور الوقت تتفتت المواد الطافية بفعل البكتيريا (هوائية ولاهوائية) ففي شبكة الصرف عادة يكون فيها بعض الأكسجين الذائب الذي تنشط عليه البكتيريا الهوائية فتقوم بعمل تحلل هوائي للمواد العضوية Aerobic Digester لتصبح مواد غير عضوية فتتخفف الرائحة وينخفض التركيز في اللون ثم سرعان ما تموت البكتيريا الهوائية لعدم وجود اتصال دائم بالهواء وعندئذ تنشط البكتيريا اللاهوائية فتقوم بعمل تحلل لاهوائي للمواد العضوية (يسمى تخمير أو هضم Anaerobic Digester أيضاً) فيصبح للمياه الملوثة لونا داكنا مركزا ورائحة عفنة وبهذا تتكون الحماية الأولية الخام التي تتدفق للمحطة من شبكة الصرف.

### المعالجة البيولوجية Biological Treatment داخل المحطات :

(أو الإزالة البيولوجية للمواد العضوية داخل محطات معالجة المياه الملوثة)

الحماية الأولية الخام أو المياه الملوثة في شبكة الصرف الداخلة للمحطة لها شحنة كهربائية سالبة وتحتوي على كميات ضخمة من الماء قد تتجاوز نسبتها 99% من حجمها، بالإضافة إلى مواد صلبة عالقة وذائبة (50% مواد صلبة عضوية + 50% مواد صلبة غير عضوية "النسب متغيرة ومتبادلة وليست ثابتة")

الهدف الاساسي من المعالجة البيولوجية يتلخص في تخفيض كمية المواد العضوية بالمياه الملوثة (biomass) حيث يمكن ان ينجز ذلك بيولوجيا بواسطة الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms

و التي تشكل البكتيريا الجزء الاساسي منها وهي كالتالي : البكتيريا Bacteria و الفطريات Fungi البروتوزوا و الروتيفيرا Protozoa and Rotifers و الطحالب Algae و(الديدان- يرقات الحشرات- بعض القشريات) حيث يعتبر وجود الأوكسجين والبكتيريا (هوائية ولاهوائية) أهم عنصرين من العناصر المطلوبة لإنجاح المعالجة البيولوجية إضافة إلى شروط أخرى مثل درجة الحرارة ووجود المغذيات.

تتغذى الكائنات الحية الدقيقة (مغذيات الكائنات الحية الدقيقة) على 50% من الكربون العضوي و 15% من النيتروجين الكلي (نيتروجين عضوي ولاعضوي Total Kjeldahl Nitrogen TKN) و 3% من الفسفور العضوي والباقي من المواد العضوية الأخرى وهذه المغذيات تتواجد على شكل بروتينات وكربوهيدرات ودهون وزيت.

وبذلك نتحصل على غازات أهمها النيتروجين والميثان (تجد مسارها بالاستفادة منها أو إلى الغلاف الجوي) ثم نتحصل مواد صلبة غير عضوية يمكن إزالتها بالتريسيب ثم ندف بكتيرية أو خلايا حية (يمكن إزالتها بالتريسيب الثقالي) حيث يتم التخلص من الكتلة البكتيرية (الانسجة الخلوية) بواسطة التريسيب الثقالي الذي يعتمد على ان الانسجة الخلوية التي تملك وزن نوعي "أكبر قليلا" من الوزن النوعي للماء وبالتالي يمكن إزالة هذه الخلايا بواسطة التريسيب الثقالي من الأسفل.

وأخيرا نتحصل على مياه لري الأشجار والمزروعات أو بالتخلص منها في البحر بما لا يؤثر بيئياً.



إذا فكرة المعالجة البيولوجية تكمن في توفير ظروف التكاثر للكائنات الحية الدقيقة حتى تقوم بالتغذي على المواد العضوية وبعض المواد الغير العضوية فالمعالجة البيولوجية "التثبيت" هذه تتم داخل المحطة بغرض خفض الحمل الوبائي وتحويلها الى سماد عضوي "الحمأة المترسبة من المواد غير العضوية" وبذلك تصبح المياه مقبولة وأمنه بيئياً وصحياً ليتم التخلص منها في البحر او اعادة استخدامها في الري.

التثبيت أو المعالجة البيولوجية للحمأة يعني العمل على زيادة تكتل حبيباتها وخفض محتواها المائي بتوفير ظروف عمل البكتيريا (الهوائية واللاهوائية) فتقوم بتحليل المواد العضوية ( مواد قابلة للتخمر والتحلل الحيوي) الى مواد غير عضوية (غير قابلة للتخمر والتحلل الحيوي)

زيادة تكتل حبيبات الحمأة وخفض محتواها المائي يعني خفض في الحمل الوبائي BOD (الميكروبات والفيروسات) فتصبح جاهزة لعملية التجفيف واستخلاص ماء للري أو للتخلص الآمن





## الفصل الثالث - فكرة العمل الداخلي للمفاعلات الحيوية

وتتلخص فكرة المعالجة البيولوجية أو الازالة البيولوجية "التثبيت" داخل المفاعلات الحيوية كالتالي :

**1- المواد أو المركبات العضوية Organic Matters /compounds** (كربون عضوي + نيتروجين عضوي + الفسفور العضوي + مواد عضوية اخرى) كيمياء عضوية او حيوية

ان المواد أو المركبات العضوية هي التي تحتوى في جزيئاتها على الكربون **Carbon** (الكربون العضوي) كالبروتينات والكربوهيدرات مثل فضلات وحث الطيور والحيوانات والاوراق والنباتات الميتة، وكلها مصدر للكربون العضوي (الذي يمثل 50% من الملوثات العضوية- مغذي للبكتيريا ) وهو قابل للاكسدة من قبل الكائنات الحية الدقيقة (تحصل على الطاقة من الاكسدة) خصوصاً البكتيريا و الفطريات المجهرية ، فالاكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الاكسدة التي تقوم بها للكربون العضوي تسمى عملية "معدنة الكربون العضوي" **Organic Carbon Mineralization** الذي يطرح على شكل مؤكسد وذلك في صورة ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide CO2** وعلى شكل نيتروجين عضوي **Organic Nitrogen** في صورة احماض امينية **Amino Acids** ويوريا **Urea** و احماض نووية **(DNA , RNA) Nucleic Acids**

كما ان الاحماض الامينية والامينات **Amino Acids** واليوريا وهي من (مغذيات البكتيريا)

\*الاحماض الامينية **Amino Acids** (مركب عضوي) **R-NH2** هو أحد المركبات التي تحمل نوعين من الجذور الكيميائية، وهي جذر أميني نشادري **-NH2** و جذر هيدروكسيل **COOH** متحدتين مع ذرة كربون مرتبطة بدورها بسلسلة عضوية جانبية **Side chain R** تكون مختلفة من حمض أميني إلى آخر. تعتبر الاحماض الامينية وحدة التركيب الأساسية للبروتينات في الكائنات الحية.

\* الاحماض النووية **(DNA , RNA) Nucleic Acids** توجد في جميع الخلايا الحية في صورة طليقة أو متحدة مع البروتين وتحتوي على القاعدة النيتروجينية.

\* اليوريا أو البولة **Urea** (مركب عضوي) مادة بلورية بيضاء رائحتها قريبة من رائحة النشادر، غير سامة وصيغته الكيميائية **CH4N2O** له اسماء كارباميد،كاربونيل ثنائي الأمين،كاربونيل ثنائي الأميد،البولة.

أما الفسفور العضوي **P Phosphorus** فهو أحد أهم مكونات المياه الملوثة "يأتي من المنظفات التجارية المستخدمة في الغسل والتنظيف وبقايا الفضلات البشرية وبقايا الاطعمة الصادرة عن المطابخ " ويعتبر الفوسفور مغذي ضروري للبكتيريا والطحالب "يمثل الفوسفور العضوي من 20-80% من الفوسفور الكلي (مركبات الفوسفات)". بشكل عام تتغذى الكائنات الحية الدقيقة على 3% من الفوسفور العضوي ولكن الكثير من مركبات الفوسفات تسبب رغبة تعوق المعالجة.

وتتم الازالة البيولوجية لمركبات الفوسفات (الفسفور) بقيام بكتيريا هوائية ولاهوائية في نفس الوقت اسمها **Acintobacter** بتخزين الفسفور ويتم ذلك عن طريق توفير ظروف متعاقبة هوائية ولا هوائية.

اما المواد العضوية الاخرى فهي : 1 الزيوت والشحوم والدهون (صعبة التحلل بفعل البكتيريا فتعالج بالكشط أو بالفصل او بالتكسير الكيميائي) 2 مركبات الفينول البترولية وأكسيد القصدير كالمبيدات الحشرية ومبيدات الحشائش ونواتج الصناعات البتروكيماوية 3 مركبات عضوية متطايرة مثل حمض الخليك- الفورميك- غاز الميثان **Methane CH4** 4 المبيدات و الكيماويات الزراعية (السماد) وهي صعبة التحلل و سامة للكائنات الحية و ملوثة للمياه وتتسرب إلى مياه الصرف من سماد الأرض الزراعية أو تتراكم كمخلفات من مصانع إنتاج المبيدات.







## 2- المواد أو المركبات الغير عضوية Inorganic Matters /Compounds

(املاح معدنية + نيتروجين غير عضوي)

هي جميع انواع الاملاح المعدنية Minerals الذائبة في الماء (الحديد - المنجنيز - النحاس - الزنك - الكالسيوم - الماغنيسيوم - الكبريتات - الكلوريدات - الصوديوم - الالمونيوم - والاملاح المعدنية السامة مثل الرصاص و الزرنيخ و السيانيد و الكادميوم والسيلينيوم والزنق والكروميوم والفلوريدات و النيتريت و النيتريت)

بالاضافة الى النيتروجين اللاعضوي (الأمونيا Ammonia "غاز النشادر" NH<sub>3</sub> و الامونيوم NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Ammonium و النيتريت NO<sub>3</sub>- Nitrate و النيتريت NO<sub>2</sub>- Nitrite)

الذي نتحصل عليه من خلال عملية "معدنة النيتروجين العضوي" Organic nitrogen mineralization التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة وذلك بتحويل الأحماض الأمينية R-NH<sub>2</sub> إلى الأمونيا Ammonia "غاز النشادر" NH<sub>3</sub> وتسمى أيضاً عملية التثدرة Ammonification على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Ammonium ثم تحصل عملية النتجة Nitrification (في حال توفر الاكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيتريت بواسطة بكتيريا هوائية اسمها Nitrosomonas و Nitrobacter حيث ان افضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النتجة تتراوح ما بين 30° C الى 35 خلال فترة 10 ايام .

ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة الامونيا و تحولها اخيراً الى نيتريت مع انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (/ F/M : / Food to Microorganisms Ratio)

ثم تحصل عملية نزع النتجة Denitrification (في حال عدم توفر الاكسجين) وفيها تقوم بكتيريا لاهوائية اسمها Psedomonas و Faculative hetrotrophic بتحويل النيتريت الى غاز النتروجين وذلك عندما يقترب الاوكسجين المذاب من الصفر " يضاف كربون عضوي (الميثانول)", بالاضافة الى غاز النيتروجين فانه ينتج ايضاً غاز الميثان Methane وكبريتيد الهيدروجين او سلفيد الهيدروجين Hydrogen Sulphide "قد يتم القيام بحقن المياه الملوثة بالحوض بكمية معينة من البكتيريا اللاهوائية بعد اختبارها بالمعمل و عمل تشبيه و تنمية لها قبل إضافتها (وذلك يكون أكثر فاعلية). " ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة النيتريت مع زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة

(/ F/M : / Food to Microorganisms Ratio)

اذا يتواجد النتروجين بشكل لا عضوي (نيتروجين غير عضوي) كغاز الأمونيا "النشادر" وأيونات الأمونيوم والنيتريت والنيتريت ، وهي مركبات لاعضوية قابلة للاكسدة (مغذيات للبكتيريا ايضاً) وداعمة للمعالجة البيولوجية \* الأمونيا Ammonia وهو غاز النشادر هو غاز سام قلوي لا لون له. وهو أخف من الهواء وله رائحة نفاذة مميزة. الرمز الكيميائي له هو NH<sub>3</sub> .

\* الامونيوم Ammonium وهو ايون متعدد الذرات ويحمل شحنة موجبة وهو قلوي له الصيغة الكيميائية NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

\* النيتريت Nitrate (نايت ريت) هو ايون متعدد الذرات يحمل شحنة سالبة، له الصيغة الكيميائية NO<sub>3</sub>-

\* النيتريت Nitrite (نايت رايت) هو ايون متعدد الذرات يحمل شحنة سالبة، له الصيغة الكيميائية NO<sub>2</sub>- النيتريت والنيتريت مصادرهما الاساسية هي :الأسمدة و مياه الصرف الصحي وروث الحيوانات وهي خطيرة على صحة الانسان.

بشكل عام فإن النتروجين الكلي N<sub>2</sub> Nitrogen يتواجد في المياه الملوثة على شكل نتروجين عضوي ( 40 - 59 )% كالبوله "اليوريا" و الاحماض الأمينية اما النيتروجين غير العضوي فانه يتواجد بالمياه الملوثة ( 50 - 60 )% كغاز الأمونيا "النشادر" و ( 5 - 0 )% كأيونات الأمونيوم والنيتريت والنيتريت . ونظراً لأهمية النيتروجين كحجر هام في سلسلة البروتين، فإن بياناته تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية ، إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة ، اختزال أو إزالة النيتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة للتحكم في الكائنات الحية الدقيقة.







## الفصل الرابع - مراحل المعالجة في محطات معالجة المياه الملوثة

التحالييل الرئيسية للمياه الملوثة الداخلة المحطات والخارجة منها

TP	NH3	COD	TSS	BOD	mg/ L
24	100	600	300	300	نتيجة تحليل المياه الملوثة الداخلة للمحطة Influent
					نتيجة التحليل المفترضة للمياه الخارجة من المحطة (السيب أو الفائض) Effluent
< 0.1-0.5	< 0.5-2	< 10-20	< 5-10	< 5-10	مستوى أول Highly efficient wastewater treatment
1-5	4-6	50-100	20-50	20-50	مستوى ثاني Good efficient wastewater treatment
10	10	200	100	100	مستوى ثالث Acceptable efficient wastewater treatment

Raw domestic sewage has a COD of 400 - 600 mg/l

**1 - مرحلة المعالجة الإبتدائية أو التمهيدية أو التحضيرية Preliminary Treatment**  
وفيها يتم إزالة بعض المكونات كبيرة الحجم مثل قطع القماش و الخشب و المواد القابلة للطفو و الرمال و الشحوم و التي يمكن أن تسبب مشاكل في تشغيل وصيانة المحطة ويتم ذلك عن طريق مصافي Screens و غرابيل Racks واحواض ازالة الرمال والارتبة Grit Chamber حيث ان كل العمليات فيزيائية في هذه المرحلة.

**2 - مرحلة المعالجة الأولية Primary Treatment**  
وهي احواض الترسيب الاولية التي تستخدم لازالة المواد الطافية وترسيب المواد القابلة للترسيب (الرمال) حيث تستطيع خزانات الترسيب الأولية تخفيض 50 % من COD ، إضافة إلى تخفيض 60 % من المواد الصلبة العالقة الكلية TSS، وهذه الاحواض يمكن ان تكون ايضاً على شكل احواض تحليل أو احواض امهوف.

**كل العمليات بالمرحلة فيزيائية** ولكن قد تستعمل فيها بعض العمليات الكيماوية مثل التطهير Disinfection  
\*احواض التحليل هي خزانات التحليل التقليدية والتي توجد أمام كل مترل (البنر السوداء المغلقة) وتعمل فيها البكتيريا اللاهوائية بطريقة الهضم الحيوي اللاهوائي .  
\*أحواض امهوف عبارة عن حوضين؛ العلوي منه يقوم بدور الترقيد، أما السفلي فيقوم بدور غرفة تخمير.

**3 - مرحلة المعالجة الثانوية ( البيولوجية ) Secondary Treatment**  
تتمثل في عمل المفاعل الحيوي الهوائي (عبارة عن حوض تهوية تتم فيه عملية النتريجة Nitrification) وفيها يتم التخلص من معظم المواد العضوية بواسطة تحطيمها من قبل الكائنات الحية الدقيقة ويعتبر هذا النوع من المعالجة من أهم مراحل معالجة المياه الملوثة حيث تستطيع التخلص من 85 % COD و 95 % BOD (بمعنى ينخفض الحمل الوبائي أو الحمل العضوي BOD Reduction) كل العمليات بالمرحلة بيولوجية ولكن قد تستعمل فيها بعض العمليات الكيماوية كالتعقيم Sterilization .



#### 4 - مرحلة المعالجة الثالثية ( البيولوجية ) Tertiary Treatment

تتمثل في عمل المفاعل الحيوي اللاهوائي (عبارة عن حوض ترسيب ثانوي تتم فيه عملية ازالة النترجة Total Nitrogen Removal (Denitrification) تستخدم المعالجة الثالثية للتخلص من الملوثات المتبقية من المعالجة الثانوية ، وتشمل بذلك عمليات التخلص من المغذيات كالنيتروجين والفسفور والمواد العالقة وغيرها . كل العمليات بالمرحلة بيولوجية مع وجود بعض المعالجات الفيزيائية كالمصافي والكيميائية كالتعقيم

#### Sterilization

\*حوض الترسيب الثانوي عندما يكون حوض مفتوح (في طرق المعالجة الثانوية كالحماة المنشطة والتهوية المطولة) لا تتم فيه ازالة النترجة حيث يكون الغرض الأساسي من استخدام احواض الترسيب الثانوية في هذه الطرق هو فصل الحماة المنشطة الجديدة المتكونة في احواض التهوية عن القديمة ويسمى

#### Secondary settling tanks

\*حوض الترسيب الثانوي عندما يكون مغلق تتم فيه عملية ازالة النترجة ويسمى (المصفي الثانوي)

#### Secondary Clarifier

#### 5 - مرحلة المعالجة المتقدمة Advanced Treatment

وفيها يتم ازالة المواد العالقة و المنحلة التي لم تزال بالمعالجة البيولوجية اذا كانت معايير الجودة صارمة ويتم ذلك باستخدام المعالجة الكيميائية او التناضح العكسي او التحليل الكهربائي او الامتصاص الكربوني او التبادل الشاردي او الفلترة الدقائقية او الاكسدة او ازالة المواد السامة.

بعد كل او بعض الطرق يتم التجفيف Dewatering وبهذا يتم نزع الكتلة الحيوية Sloughed Biofilm

#### طرق تجفيف الحماة Dewatering : (خفض المحتوى المائي للحماة)

1- طريقة أحواض التجفيف أو برك التجفيف وهي من أول الطرق المستخدمة لهذا الغرض حيث تنشر الحماة على أرضية تسمح للماء بالنفوذ ولا تلتصق بها الحماة بشدة وغالباً ما يستخدم الرمل لذلك ، وتترك لفترة تتراوح بين أيام إلى أسابيع عرضة للهواء الطلق حتى تجف.

2- طريقة الطرد المركزي حيث تستخدم قوة الطرد المركزي لتسريع معدل الترسيب وفصل الماء.

3- طريقة التفريغ عبر مرشح .

4- طريقة الحزام الضاغط حيث يتم ضغط الحماة بين حزامين مرشحين بواسطة آلات دوارة ترصّ الحماة حتى ينفذ الماء من خلال الحزام المرشح وتبقى المواد الصلبة بين الحزامين على هيئة طبقة رقيقة نسبياً .

5- طريقة المعالجة الكيميائية الحرارية أو الضغط العالي أو الموجات الصوتية لتحطيم جدر البكتيريا وهذا سيخفض من مقادير الممرضات الموجودة ضمن هذه الكتل الحية .

6- طريقة الأكسدة الكيميائية اوالتهينة الكيميائية باستخدام كلوريد الحديد والجير أو كبريتات الحديدوز والشب أو الرماد والتي تؤدي إلى تكتل الحماة وزيادة حجم حبيباتها، ومن وسائل التهينة الكيميائية أيضاً استخدام البوليمرات العضوية ، والبوليمرات عموماً مركبات طويلة السلاسل تذوب في الماء على شكل محلول حيث يلتصق البوليمر الذائب بسطوح دقائق الحماة مما يؤدي إلى ترابطها و تكتلها، كما يقود أيضاً إلى تعادل الشحنات على سطوح دقائق الحماة .





### 7- الطرق فيزيائية

أ- غسيل وتصفية الحمأة من المواد الذائبة لتحسين تركيب دقائق الحمأة وتستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة لذلك.

ب- التهيئة الحرارية بتسخين الحمأة عند درجات حرارة من 140 إلى 240° م لمدة 15-40 دقيقة بغرض تخثير الحمأة وتحطيم التراكيب الهلامية، ومثل هذه الطريقة تعتبر مطهرة للحمأة وتؤدي إلى خفض للحمل الوبائي فيها.

ج- التجميد

ان مرحلة تجفيف الحمأة باحدى الطرق لا يعني أن المياه المزالة معقمة بل سوف تحوي مقادير من الممرضات التي كانت في الحمأة أصلاً وبالتالي تنخفض مقادير الممرضات في الحمأة بقدر ما يخرج منها مع الماء أثناء هذه المرحلة. (فقط تخفض الحمل الوبائي)







## الفصل الخامس - المفاعلات الحيوية الهوائية والمفاعلات الحيوية اللاهوائية

اولاً المفاعل الحيوي الهوائي (حوض التهوية "النترجة أو المعالجة الثانوية Secondary") (حيث ان التهوية تعني تنشيط الحماة " حماة منشطة" وذلك بمراوح تستهلك الطاقة.)

وفيه يتم توفير ظروف عملية الهضم الحيوي الهوائي **Aerobic Digester** للبكتيريا الهوائية في حوض التهوية لتقوم بتحليل المواد الصلبة العضوية بالحماة وخصوصاً المركبات العضوية التي تحتوى في جزيئاتها على الكربون **carbon** (الكربون العضوي) وذلك بتوفير الاكسجين لها (تهوية ميكانيكية) فتزداد اعداد البكتيريا و الفطريات المجهرية فتقوم بالاكسدة ، حيث ان الاكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الاكسدة التي تقوم بها للكربون العضوي تسمى عملية "معدنة الكربون العضوي" **Organic carbon mineralization** الذي يطرح على شكل مؤكسد وذلك في صورة ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide** وعلى شكل نيتروجين عضوي في صورة احماض امينية **Amino Acids** ويوريا **Urea**

وبناء على ذلك تقوم البكتيريا بعملية "معدنة النيتروجين العضوي" **Organic nitrogen mineralization** وذلك بتحويل الأحماض الأمينية **R-NH2** إلى الأمونيا **Ammonia** "غاز النشادر" **NH3** وتسمى أيضاً عملية النشطرة **Ammonification** على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم **NH4+ Ammonium** ثم تحصل عملية النترجة **Nitrification** (في حال استمرار توفر الاكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيترايت بواسطة بكتيريا هوائية اسمها **Nitrosomonas** و **Nitrobacter** حيث ان أفضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النترجة تتراوح ما بين **30° C** الى **35** خلال فترة **10** ايام ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة الامونيا و تحولها اخيراً الى نيترايت مع انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (**F/M : / Food to Microorganisms Ratio**)

بعد هذه النقطة تنخفض نسبة "المغذيات" فتموت البكتيريا الهوائية فتتخفف قابلية الحماة للتحلل والتعفن وتنخفض تبعاً لذلك الرائحة وتزداد كمية المواد الصلبة الغير عضوية فتتكتل حبيباتها وترسب فنحصل على حماة قليلة المياه قليلة الحجم وقليلة الكائنات الحية الدقيقة ( قليلة الحمل الوباني) وقليلة الرائحة وجاهزة للتجفيف " لتصبح سماد عضوي وبذلك نكون قد تحصلنا على مركبات غير عضوية ثابتة حيويًا" ، أما باقي الحماة الغير متكتلة المتبقية ترسل الى حوض الترسيب الثانوي .

ثانياً المفاعل الحيوي اللاهوائي (حوض الترسيب الثانوي"ازالة النترجة أو المعالجة الثالثة (" Tertiary

وفيه يتم توفير ظروف عملية الهضم الحيوي اللاهوائي **Anaerobic Digester** للبكتيريا اللاهوائية في حوض الترسيب الثانوي لتقوم بتحليل المواد الصلبة العضوية بالحماة وذلك بمنع الاكسجين عنها بوضع الحماة في خزانات محكمة الاغلاق وفي درجات حرارة متوسطة ولفترة تصل من **20** الى **40** يوم فتحصل عملية نزع النترجة **Denitrification** حيث تقوم بكتيريا لاهوائية اسمها **Pseudomonas** و **Facultative hetrotrophic** بتحويل النيترايت الى غاز النتروجين وذلك عندما يقترب الاوكسجين المذاب من الصفر" يضاف كربون عضوي (الميثانول)". بالإضافة الى غاز النيتروجين فإنه ينتج أيضاً غاز الميثان **Methane** وكبريتيد الهيدروجين او سلفيد الهيدروجين **Hydrogen Sulphide** "قد يتم القيام بحقن المياه الملوثة بالحوض بكمية معينة من البكتيريا اللاهوائية بعد اختبارها بالمعمل و عمل تنشيه و تنمية لها قبل إضافتها (وذلك يكون أكثر فاعلية)".







ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة النيترايت مع زيادة نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة  
F/M : / Food to Microorganisms Ratio)  
وفي هذا المفاعل يجب ان تكون هناك احتياطات امان لانبعاثات غاز الميثان.

#### ملاحظات هامة:

\* حوض الترسيب الثانوي عندما يكون حوض مفتوح (في طرق المعالجة الثانوية كالحماة المنشطة والتهوية المطولة) لا تتم فيه ازالة النترجة حيث يكون الغرض الأساسي من استخدام احواض الترسيب الثانوية في هذه الطرق هو فصل الحماة المنشطة الجديدة المتكونة في أحواض التهوية عن القديمة ويسمى **Secondary settling tanks**

\* حوض الترسيب الثانوي عندما يكون مغلق تتم فيه عملية ازالة النترجة ويسمى (المصفي الثانوي)  
**Secondary Clarifier**

\* عملية التثبيت جيدة اقتصادياً فهي تقلص حجم الانفاق على طرق المعالجة خارج المحطات بالنقل.

\* كما ان خفض المحتوى المائي بعد التثبيت يعتبر عملية مهمة اقتصادياً وتشغيلياً حيث يتم بها تقليص تكاليف المعالجة داخل المحطة .

\* عملية التثبيت تتم قبل مرحلة خفض المحتوى المائي "التجفيف dewatering " وبذلك ترتفع قابلية الحماة لفقد الماء أثناء مرحلة التجفيف وهذا مطلوب.



## الفصل السادس - دراسات ما قبل تصميم وتنفيذ محطة معالجة المياه الملوثة

هذه الدراسات تهدف في الأساس للوصول الى نوع المحطة ومكانها المثالي وايضاً الى نوع المعالجة المثالية التي يجب ان تكون في المحطة لتجنب حدوث أي آثار بيئية سلبية مثل الروائح الكريهة -تلوث المياه المستقبلية -الضرر بالحياة المائية -الحاق الضرر بمواصفات المسطحات المائية المستقبلية و تدني نوعيتها وعدم ملائمتها للزراعة والصناعة وكذلك وانتشار الأمراض عبر أكل المحاصيل المروية بالمياه الملوثة .

### وتتلخص الدراسات ما قبل التصميم في الاتي

- 1- دراسة الفترة التصميمية .
- 2- دراسة المساحة المطلوبة .
- 3- دراسة إختيار الموقع .
- 4- دراسة عدد السكان التصميمي .
- 5- دراسة مواصفات المياه المعالجة .
- 6- دراسة خواص مياه الصرف الصحي الخام .
- 7- دراسة درجة المعالجة.
- 8- دراسة إختيار مراحل وطرق المعالجة و مقارنة البدائل .
- 9- دراسة إختيار المعدات .
- 10- دراسة الطاقة اللازمة للمحطة و مصادرها .
- 11- دراسة حساب الطاقة اللازمة و تأمين مصادر التزود بالطاقة .
- 12- دراسة لجدوى الاقتصادية .
- 13- دراسة دراسة الأثر البيئي .

### دراسة الفترة التصميمية :

الفترة التصميمية (العمر التصميمي): هي السنوات التي يتوقع فيها أن تشغل المحطة بكامل طاقتها لمواجهة الزيادات السكانية المستقبلية .

\* السنة الأولى في عمر المحطة هي السنة التي يكتمل فيها إنشاء المحطة و تدخل في التشغيل .  
\* تحديد العمر التصميمي للمحطة يعتمد على المنطقة التي يزعم إقامة فيها المحطة و إمكانية التوسع المستقبلي فيها بالإضافة إلى العادات السكانية و النواحي الاقتصادية .

### ويتم تحديد العمر التصميمي للمحطة وفق العوامل التالية :

- 1- العمر المتوقع ان تبقى فيه منشآت المحطة بحالة سليمة .
- 2- مدى سهولة أو صعوبة التوسع .
- 3- عمل و أداء منشآت المحطة أثناء سنوات التشغيل الأولى .
- 4- مدى النمو السكاني المستقبلي -المساحة المستخدمة - التوسعات الصناعية و التجارية - خواص المياه الملوثة - الاحتياجات المائية .
- 5- التكاليف الحالية و المستقبلية لإنشاء المحطة مع توفر أو عدم توفر السيولة اللازمة للتنفيذ و التشغيل .

### مثال على الفترة التصميمية :

فمثلاً الأقينية و منشآت الدخول الرئيسية للمياه العادمة و التجهيزات الملحقة ، يمكن أن تصمم حتى 50 سنة وهي الفترة التصميمية الأساسية للمحطة .  
أما وحدات المعالجة و التجهيزات و المضخات فهي تصمم لفترات قصيرة من أجل تخفيض تكلفة انشاء المحطة ، يمكن أن تصمم حتى 10 سنوات ليتم بعد ذلك تجديدها حسب الحاجة وصولاً الى الفترة التصميمية الأساسية للمحطة .





عادة يتم ترك مساحات احتياطية خالية من أجل التوسع المستقبلي للمحطة ويتم حساب عمر التوسع التصميمي تبعاً لكمية المياه الملوثة المتوقع دخولها للمحطة والتي ستكون زيادتها سبباً رئيسياً لتوسع المحطة.

مثال على الفترة التصميمية عند التوسع (عمر التوسع التصميمي):  
حسب الجدول التالي (فترات التصميم المستقبلية) يكون عمر التوسع التصميمي للمحطة يتراوح بين 10-20 سنة .

عمر التوسع التصميمي	معامل التدفق
20 سنة	أقل من 1.4
15 سنة	1.4 - 1.7
10 سنة	أكبر من 1.7

أى انها قد تكون 10 سنوات أو 15 سنة أو 20 سنة وهي لا تضاف للفترة التصميمية الأساسية بل تعتبر فقط كفترة تصميمية مستقبلية فقط لما تم التوسع فيه.

ملاحظة : معامل التدفق هو نسبة التدفق الداخل الحقيقي للمياه إلى التدفق التصميمي النهائي فإذا كان التدفق التصميمي للمياه يومياً هو 1000,000 لتر (السعة التصميمية للمحطة 1000 m<sup>3</sup>/day) وكان التدفق الداخل الحقيقي للمياه يومياً 1400,000 لتر (التدفق الفعلي للمحطة 1400 m<sup>3</sup>/day) فان معامل التدفق  $1.4 = 1000,000 \div 1400,000$  (1متر مكعب = 1000 لتر) (1لتر = 1000 سم مكعب)

#### دراسة المساحة المطلوبة للمحطة :

إن تحديد المساحة الفعلية و المستقبلية هو أمر أساسي في تحديد المساحة اللازمة و هذا يعتمد على توفر المعلومات عن هيدرولوجيا المنطقة المناسبة للمحطة و المناخ بالمنطقة و النشاطات الاجتماعية و الاقتصادية في المنطقة بالإضافة إلى الوضع الطبوغرافي للمنطقة المزمع انشاء المحطة فيها .

\* الهيدرولوجيا **Hydrologie** هي علم الماء وتعني دراسة المياه وتوزيعها فوق الأرض وصفاتها وخصائصها الطبيعية والكيميائية وتفاعلها مع البيئة والكائنات الحية.  
\* دراسة الوضع الطبوغرافي **Topography** تعني الاستفادة من إمكانات مظهر السطح في كل التحليلات والاستنتاجات المتعلقة به أو بأحد العناصر المجسدة والقائمة بشرية كانت أو حيوية فالطبوغرافيا هو علم يختص في تمثيل كل تفاصيل الظواهر الطبيعية أو الاصطناعية لمنطقة ما موجودة على سطح الأرض وهذا بأشكال ورسومات مميزة.

#### دراسة إختيار الموقع :

لا ينفصل إختيار الموقع عن تحديد المساحة ، حيث أن إختيار موقع المحطة سيكون له تأثير طويل الأمد على المنطقة المختارة و الوضع البيئي بالإضافة إلى التأثيرات الاجتماعية و الاقتصادية على السكان لذلك فإن إختيار موقع المحطة أمراً ليس سهلاً ، فكل المواقع المقترحة للمحطات يجب أن تقوم بشكل كامل على أساس طبوغرافيا المنطقة ( الطبيعة الطبوغرافية و الجيولوجية لموقع محطة المعالجة) والتأثير البيئي وأساليب تجميع المياه الملوثة و الطريقة المراد استخدامها في المعالجة بالإضافة إلى العوامل الاقتصادية والمعوقات الهندسية .







### ملخص حول الطبيعة الطبوغرافية و الجيولوجية لموقع محطة المعالجة:

يعتبر الوضع الجيولوجي و الطبوغرافي للموقع عاملا هاما وذلك بسبب أن مخطط توزيع منشآت المحطة يجب أن يتلائم مع المعالم الطبيعية الموجودة للموقع قدر الإمكان ، كما أن سهولة إعداد الموقع من أجل توزيع المنشآت يعتبر من العوامل المرجحة لإختيار الموقع بحد ذاته وهناك مجموعة من المبادئ التي يجب أخذها بعين الإعتبار :

- إختيار لموقع على منحدر أو سطح هضبة يؤمن الجريان الحر بين وحدات المعالجة و بالتالي تجنب الضخ كما أن منشآت المحطة يمكن بناؤها دون الحاجة إلى أعمال حفر و ردم كبيرة .

- أن وجود الموقع على سطح هضبة من حسناته أن بناء معالجة الحمأة يمكن أن يؤمن له مخرج مباشر إلى شاحنات النقل ، كما إن وجود الموقع على سطح هضبة يقدم تسهيلات و منافع من أجل تخزين المواد الكيميائية و تفريفها خاصة إذا كان المستودع على شكل مستودع أسطواني .

- إن تجهيز الموقع ليناسب توزيع منشآت المحطة سوف يؤدي إلى تبديل بعض المعالم الطبيعية للموقع لذلك يجب الإقلال من هذا التغيير قدر الإمكان .

- إن الموقع المعد لإنشاء المحطة يجب أن يكون متوافق مع إستخدامات الأرض الموجودة و يؤمن تطوير شامل للمنطقة ، على سبيل المثال فإنه من المطلوب أن يتم تصميم المنشآت بحيث يتم إخفاؤها عبر التلاعب بالأرض الطبيعية مع إبقاء الوصول إلى المنشآت سهلا .

### الأمر التي يجب أخذها بعين الإعتبار أثناء عملية التقييم لاختيار الموقع الأفضل للمحطة :

1- يجب ان تكون محطة المعالجة على أرض ذات مساحة كبيرة بحيث تؤمن متطلبات التوسع المستقبلي للمحطة .

2- يجب ان تكون محطة المعالجة في منطقة ذات منسوب منخفض حتى تصل إليها مياه الصرف الصحي بالجريان الحر دون الحاجة إلى ضخ .

3- يجب أن يكون موقع المحطة معزول نوعا ما عن المناطق السكنية و مناطق التوسع العمراني كما يجب أخذ النواحي الجمالية أثناء تصميم المحطة و إنشائها ، كما يجب أخذ الروائح الناتجة عن عمليات المعالجة و أحواض التجفيف بعين الاعتبار بحيث يتم وضع أبنية إدارة المحطة وورش الإصلاح و مكاتب العمال في جهة تمكن وصول الروائح الكريهة المنبعثة من عمليات المعالجة إليها (فمثلا إذا كان اتجاه الرياح شرقيا يجب البدء بوضع منشآت الإدارة ابتداءً من الجهة الشرقية يتبعها توزيع المنشآت باتجاه الغرب لمنع وصول الروائح الكريهة إليها) كما أن وجود مصدات شجرية عالية أمام منشأة الإدارة لها دور في حماية منشأة الإدارة و غيرها من الروائح.

4- يجب أن يوفر موقع المحطة إمكانية التخلص من الناتج النهائي للمعالجة (مثل المياه المعالجة و الرمال و بقايا المصافي و كتل الاوساخ و غيرها) .

5- يجب عدم إختيار موقع المحطة ضمن منطقة فيضان معروفة مسبقا أو متوقعة مالم يتم إتخاذ إجراءات لحماية موقع المحطة من أي فيضان محتمل مثل رفع منشآت المحطة فوق المستوى المتوقع للفيضان أو إنشاء مصارف حول المحطة . كما أنه يجب تأمين مصرف لمياه العاصفة المطرية بحيث يتم تصريف أي كمية فائضة من الماء عبر الهدارات .

كما يجب الإنتباه إلى مستوى المياه الجوفية أو مياه الغمر أثناء حدوث الفيضان كما أنه يفضل فصل المنشآت البيوتونية ( مثل الأحواض و الفلاتر و أبنية العمليات ) و ذلك لتخفيف الهبوطات الغير متوقعة في المنشآت.

6- يجب أن يمتلك الموقع طريق يمكن الوصول إليه .

إن وجود منفذ أو طريق إلى موقع المحطة يعتبر أمر هام و حيوي وذلك من أجل تزويد المحطة بالمعدات و المواد الكيميائية اللازمة إضافة إلى تسهيل كادر المحطة و المراقبة إليها . فعلى سبيل المثال بحال عدم توفر طريق معد فإن هذا سيؤدي إلى صعوبات كثيرة في وصول الشاحنات الكبيرة و سيارات رفع الأحمال الثقيلة و خصوصا في فصل الشتاء .





- 7- يجب أن يكون موقع المحطة قرب مستقبل ماني للمياه المعالجة(موقع زراعي) لإعادة استخدام المياه المعالجة في الري .
- 8- يجب أن تكون التربة المراد إقامة المنشآت عليها مناسبة ولا تحتاج إلى تكاليف عالية عند وضع الاساسات.
- يجب الاستفادة القصوى من نتائج سيور التربة من أجل توزيع منشآت المعالجة و الأبنية و المعدات الثقيلة .
- 9- يجب أن يتمتع الموقع بميل معتدل من أجل التغلب على الفروقات الهيدروليكية في منشآت المعالجة المتعاقبة دون الحاجة إلى أعمال فوق إعتيادية عند تجهيز موقع العمل .
- 10- إختيار موقع المحطة يجب أن ينجز بعيدا عن السكان و المنزهات العامة ، كما يجب أن يتم منع صدور أصوات مزعجة ناتجة عن عمل المضخات و المهبويات وغيرها من المعدات ضمن المحطة بحيث يتم عمل عزل صوتي قدر الإمكان لتخفيف إزعاج الجيران وكادر التشغيل والإدارة ضمن المحطة.
- 11- لا يجوز إنشاء محطة المعالجة على اثار او مواقع تاريخية وانسانية .

كما يجب عند إختيار موقع المحطة التعرف بدقة على : (طوبوغرافيا الموقع – المياه السطحية – المياه الجوفية – نوعية التربة – إتجاه الرياح السائد – درجة الحرارة – هطول الأمطار - الإشعاع الشمسي – العادات السكانية للمنطقة – الأنظمة البنينة المختلفة للمنطقة- توفر النقل –الناحية التاريخية و المعمارية للمنطقة بالإضافة إلى عوامل أخرى كبعض النشاطات والقرارات الحكومية )

#### دراسة عدد السكان التصميمي :

من المهم أن نحدد عدد السكان الحالي والمستقبلي(عدد السكان التصميمي للمحطة) لنتحصل على العمر التصميمي للمحطة ، فكمية المياه الملوثة الناتجة عن أي تجمع سكاني ترتبط بعدد السكان في المنطقة و بمعدل استهلاك الفرد من المياه . لذلك. هنالك صعوبة كبيرة في تحديد عدد السكان المستقبلي بدقة . كما ان عدد السكان مرتبط بالنمو الصناعي و التوسع العمراني للمنطقة بالإضافة إلى توفر وسائل النقل و الأرض اللازمة و مصادر المياه .

إذا يجب الإعتماد على الإحصاءات السكانية لتحديد عدد السكان التصميمي للمحطة ، كما يجب الإعتماد على بيانات مكاتب الإحصاء بالإضافة إلى الزيارات الميدانية للمناطق ، و من الطرق السهلة التي تمكن من الحصول على عدد السكان الفعلي هو الاستعلام من شركة الكهرباء و المياه و البريد عن عدد المشتركين بالمنطقة .

#### دراسة مواصفات المياه المعالجة :

حسب وكالة حماية البيئة الأمريكية فإنه طالما لا يتم تصريف المياه المعالجة على المصادر المائية الهامة و التي تعتبر مصدر لمياه الشرب أو للاستخدامات الصناعية الخاصة فإنه يتم الإكتفاء بالمعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي . و يمكن تحديد مواصفات المياه المعالجة كحد أدنى كما يلي :

BOD5	45	mg/L
TSS	45	mg/L

#### دراسة خواص مياه الصرف الصحي الخام :

يجب تحليل مياه الصرف الصحي الخام بالمنطقة وبيان مواصفاتها الكيميائية ، حيث ان إن طبيعة مياه الصرف الصحي الخام تعتمد بشكل كبير على النشاطات السكانية و الإقتصادية و الصناعية المختلفة . مع الأخذ بعين الاعتبار كميات هامة من المياه تدخل عبر الرشاح إلى أنابيب الصرف الصحي في الجو الماطر مما يؤدي إلى تغيير طبيعة المياه الملوثة (مياه الصرف الصحي الخام)





### دراسة درجة المعالجة :

إن درجة المعالجة المطلوبة تعتمد أساسا على مواصفات المياه الملوثة الخام المراد معالجتها وكذلك على مواصفات المياه المعالجة النهائية المطلوبة ، فإذا كان الهدف من انشاء المحطة هو تصريف المياه المعالجة إلى المسطحات المائية العذبة فهنا يجب التشدد بدرجة المعالجة المطلوبة ، أما إذا كان المراد من المياه المعالجة هو إعادة إستخدامها بالري فإن المعالجة يجب أن تكون مقنعة و مناسبة لمحاصيل المراد ربيها .

### دراسة اختيار مراحل و طرق المعالجة و مقارنة البدائل :

هناك العديد من طرق المعالجة التي تؤمن الدرجة المطلوبة المطلوب الوصول إليها كما ان المطلوب ايضا هو المقارنة بين عدة عوامل تتضمن : (الملوثات المراد إزالتها - مواصفات المياه المراد معالجتها - المتطلبات الهيدروليكية - التخلص من الحمأة - الطاقة اللازمة - إعتبارات إقتصادية ) .  
إن إختيار عمليات المعالجة المناسبة ليست بالمهمة السهلة فهي تتطلب فهما لآلية المعالجة و الإمكانيات التشغيلية للوحدات المختارة بالإضافة إلى التأثيرات البيئية لمكونات المحطة المختلفة . إن الدراسات المخبرية و النماذج المصغرة للحلول المقترحة تعتبر ضرورية من أجل الوصول إلى الحل النهائي الأنسب للمعالجة المطلوبة .

### دراسة اختيار المعدات :

كل وحدة لمعالجة مياه الصرف الصحي تتطلب تجهيزات أو مواد مصنعة . وللحقيقة فإن العديد من التفاصيل التصحيحية للمحطة تخضع لأبعاد و أسلوب تركيب التجهيزات ضمن الوحدة . إن مسؤولية إختيار وحدات المعالجة و التجهيزات المرافقة لها تقع على عاتق الفريق الهندسي ولتحقيق ذلك فإن على الفريق المصمم أن يكون على إطلاع بمعايير التصميم و إجراءاته و على معرفة بالحسابات التصميمية الأولية بالإضافة الى توفر المعرفة والدراية بكتالوجات التجهيزات اللازمة للمحطة ولذلك فإن الفريق المصمم يقوم عادة باستشارة مالك التجهيزات ليتمكن من التصميم الصحيح للتفاصيل الهندسية اللازمة لبناء المحطة وتجهيزها . وكلما كان الفريق الهندسي المصمم مطلع على كافة أنواع التجهيزات اللازمة للمحطة كلما كان التصميم مثاليا .

### دراسة مخطط الموقع العام ومخطط الجريان الهيدروليكي:

خلال مراحل التصميم الأولى يجب الأخذ بعين الاعتبار الظروف الموجودة ضمن الموقع المختار لمحطة المعالجة كما أن على الفريق الهندسي المصمم ان يراعي الميول بحيث يتغلب الميل الطبيعي للأرض على الفروقات الهيدروليكية بين مختلف وحدات محطة المعالجة .

### دراسة الطاقة اللازمة للمحطة ومصادرها:

تركز الاهتمامات الحالية لمصممي محطات المعالجة على تخفيض الطاقة اللازمة لتشغيل المحطة وإدارتها فعلى الفريق الهندسي المصمم أن يأخذ ترشيد استهلاك الطاقة بعين الاعتبار، فتأمين مصدر الطاقة يعتبر هاما جدا لتشغيل المحطة إضافة إلى الاستخدامات الأخرى لها و بناء على ذلك فإن الأفضلية تعطى لطرق المعالجة التي تستهلك كميات قليلة من الطاقة .

### دراسة الجدوى الإقتصادية :

يجب إجراء دراسة فعالة للتكاليف اللازمة لتصميم و تنفيذ و تشغيل المحطة المطلوبة مع مراعاة تخفيض إجمالي التكاليف للمحطة عبر ايجاد بدائل أقل كلفة في المعالجة .

### دراسة الأثر البيئي :

يجب أن يتم التقييم البيئي لمختلف وحدات المعالجة وذلك للحيلولة دون لجوء روائح كريهة تزعج الجوار، كما أن بناء المحطة يتطلب أرض مخصصة لهذه الغاية مع التركيز على المجمع الرئيسي الواصل للمحطة و في هذه الأيام تتوفر بيانات و تصنيفات عالمية حول الأثر البيئي لمحطات المعالجة.





## الفصل السابع - طرق معالجة المياه الملوثة بالمحطات

طرق معالجة المياه الملوثة بالمحطات تعني طرق المعالجة البيولوجية للحماة وهي تتوزع إلى عدد من الأنواع الأساسية للمحطات المطبقة عالمياً وهي:

أولاً محطات ذات تكلفة انشاء وتشغيل عالية

وهي :

محطات تعمل بنظام الحماة المنشطة **Activated sludge**

محطات تعمل بنظام التهوية المطولة (التهوية المديدة) **Long Aeration Treatment**

محطات تعمل بنظام خنادق الاكسدة **Oxidation ditches**

وفيها تم تقدير تكلفة انشاء محطة المعالجة = 90 دولار للشخص الواحد.  
تطبق على التجمعات السكانية من 40 ألف نسمة وحتى 400 ألف نسمة كحد أقصى  
على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص  
( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص ) .

ثانياً محطات ذات تكلفة انشاء وتشغيل منخفضة

وهي :

محطات تعمل بنظام البرك أو بحيرات الاكسدة **Oxidation Ponds** (برك الاكسدة الطبيعية)

محطات تعمل بنظام البرك أو البحيرات المهواة (برك التثبيت المهواة) **Aerobic Ponds**

محطات تعمل بنظام المرشحات البيولوجية (الفلاتر البيولوجية) **Trickling Filters Or Biological**

**Filter**

محطات تعمل بنظام الأقراص البيولوجية الدوارة **Rotating biological contactors**

محطات تعمل بنظام المعالجة بالنباتات **Constructed Wetlands**

محطات تعمل بنظام المعالجة المدمجة **Compact Unit or Package-Type**

محطات تعمل بنظام اللاهوائية ذات المعدلات السريعة **Anaerobic Reactors** (أحواض التحليل المطورة)

وفيها تم تقدير تكلفة انشاء محطة المعالجة = 30 دولار للشخص الواحد.  
تطبق على التجمعات السكانية من 1000 نسمة وحتى مائة ألف نسمة كحد أقصى  
على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص  
( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص ) .

تقاس كفاءة جميع المحطات بقدرتها على ازالة الاحمال العضوية (قيمة الـ BOD هي قيمة الحمل

العضوي او الحمل الوبائي)

حيث ان (كفاءة المحطة = قيمة الـ BOD للمياه الداخلة للمحطة - قيمة الـ BOD للمياه الخارجة من

المحطة) فإذا كان الناتج اقل بنسبة 16% فان كفاءة المحطة تساوي 16%

مثال:

$$300 \text{ mg/l} - 250 \text{ mg/l} = 50 \text{ mg/l}$$

$$50/300 = 0.16$$

هذا يعني ان كفاءة المحطة = 16%

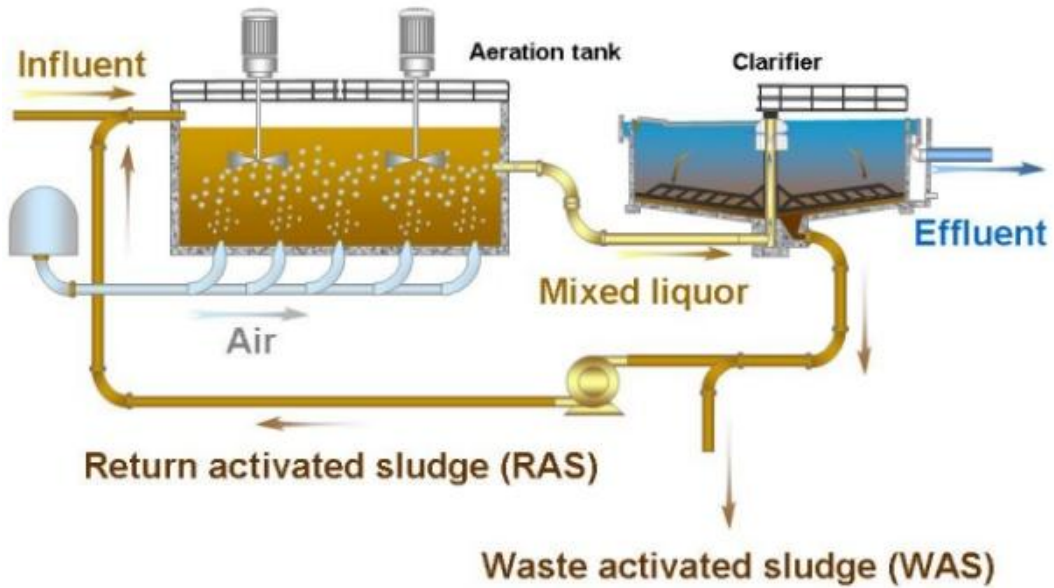
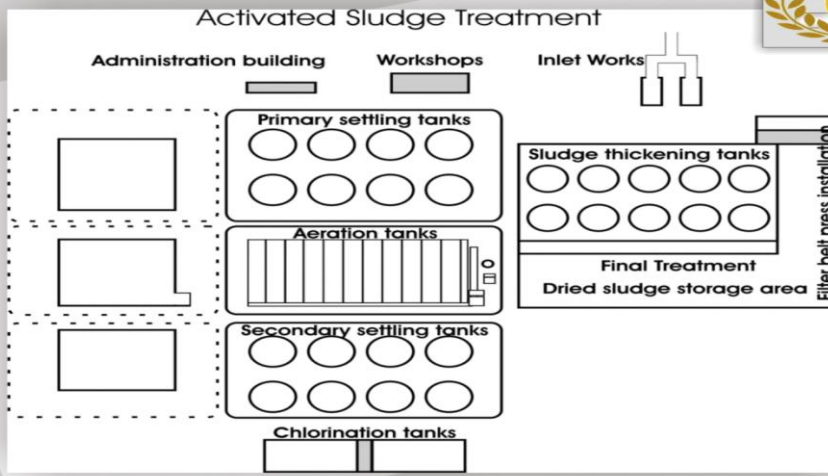






محطات المعالجة البيولوجية  
محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب الحماية المنشطة  
**Activated Sludge Treatment**  
(المفاعل الحيوي الهوائي)

WWW.EUNPS.COM



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Organization for International Schools & Universities



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
Electronic University of Postgraduate Studies

الرقم الليبي الموحد  
للكتاب الإلكتروني  
Libyan Standard  
E Book Number  
(LSBN)

الموسوعة الإلكترونية  
الليبية  
Electronic Libyan  
Encyclopaedia

المجلة الإلكترونية  
العلمية الليبية  
Electronic Libyan  
Science Journal

المدارس الإلكترونية  
الدولية  
Electronic  
International School



## مقدمة عن طريقة عمل المعالجة بالحماة المنشطة Activated sludge

### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على المدن والتجمعات الكبيرة ، كحد أقصى 400 ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 90 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي بـ 40 ألف متر مكعب في اليوم (1600 متر مكعب في الساعة). على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص ( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص ) .

### مختصر طريقة العمل:

تسمى طريقة العمل بالحماة المنشطة بالمفاعل الحيوي الهوائي (حوض التهوية "النترجة") حيث ان التهوية تعني تنشيط الحماة " حماة منشطة" وذلك بمراوح تستهلك الطاقة.

ويتم ذلك بوضع الحماة الاولية الخام (بعد الترسيب الاولي) في أحواض التهوية Aeration tanks بتشغيل مراوح على تماس مباشر مع الحماة ( تؤمن نظام تهوية سطحي ) وذلك بهدف تنشيط الحماة بالأكسجين المنحل بالماء وهذه هي ظروف عملية الهضم الحيوي الهوائي للبكتيريا الهوائية في حوض التهوية لتقوم بتحليل المواد الصلبة العضوية بالحماة وخصوصاً المركبات العضوية التي تحتوى في جزيئاتها على الكربون carbon (الكربون العضوي) حيث ان بتوفير الاكسجين لها (تهوية ميكانيكية) تزداد اعداد البكتيريا و الفطريات المجهرية فتقوم بالاكسدة ، حيث ان الاكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الاكسدة التي تقوم بها للكربون العضوي تسمى عملية "معدنة الكربون العضوي"  
Organic carbon mineralization الذي يطرح على شكل مؤكسد وذلك في صورة ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide وعلى شكل نيتروجين عضوي في صورة احماض امينية Amino Acids ويوريا Urea

وبناء على ذلك تقوم البكتيريا بعملية "معدنة النيتروجين العضوي" Organic nitrogen mineralization وذلك بتحويل الأحماض الأمينية R-NH2 إلى الأمونيا Ammonia "غاز النشادر" NH3 وتسمى أيضاً عملية النشدر Ammonification على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم NH4+ Ammonium ثم تحصل عملية النترجة Nitrification (في حال استمرار توفر الاكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيتريت بواسطة بكتيريا هوائية اسمها Nitrosomonas و Nitrobacter حيث ان أفضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النترجة تتراوح ما بين 30o C الى 35 خلال فترة 10 ايام ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة الامونيا و تحويلها اخيراً الى نيتريت مع انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (/ F/M : / Food to Microorganisms Ratio)

وبالاستمرار في موازنة نسبة الاكسجين الحيوي المستهلك في احواض التهوية والجديد الداخل اليها (عن طريق تحاليل يومية مخبرية) تزيد كفاءة المعالجة وتكون الحماة المترسبة في خزانات التهوية مثبتة بشكل جيد ونسبة الماء فيها قليلة.

عند هذه النقطة تنخفض نسبة "المغذيات" فتموت البكتيريا الهوائية فتتخفف قابلية الحماة للتحلل والتعفن وتنخفض تبعاً لذلك الرائحة وتزداد كمية المواد الصلبة الغير عضوية فتتكتل حبيباتها وترسب فتحصل على حماة قليلة المياه قليلة الحجم وقليلة الكائنات الحية الدقيقة ( قليلة الحمل الوبائي) وقليلة الرائحة وجاهزة للتجفيف " لتصبح سمد عضوي وبذلك نكون قد تحصلنا على مركبات غير عضوية ثابتة حيوياً" ، أما باقي الحماة الغير متكتلة المتبقية ترسل الى حوض الترسيب الثانوي وهو حوض مفتوح لاتتم فيه ازالة النترجة حيث ان الغرض الأساسي من استخدام احواض الترسيب الثانوية في هذه الطريقة هو فصل الحماة المنشطة الجديدة المتكونة في أحواض التهوية عن القديمة .





مختصر اقسام محطة معالجة المياه الملوثة بطريقة الحماية المنشطة

- منشأة المدخل **Inlet works** - أحواض الترسيب الأولية (الاساسية) **Primary settling tanks**
- أحواض التهوية **Aeration tanks** - أحواض الترسيب الثانوية **Secondary settling tanks**
- مبنى أو حوض الكلور **Chlorination tank** - محطة الحماية المنشطة المعادة "الحماة الفانضة" **SAS**
- أحواض تكثيف الحماة **Sludge thickening tanks** - مباني المعالجة النهائية **Final Treatment** - ملحقات المحطة

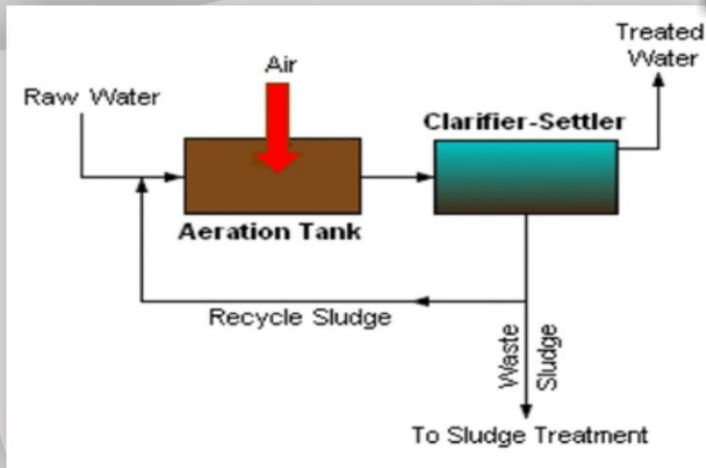
#### المميزات

- 1 - محطة معالجة مضمونة من حيث التصميم والتشغيل وقابلة لمختلف التطبيقات ولا تحتاج لمساحات واسعة من الأرض مقارنة مع طرق المعالجة الأخرى .
- 2- انجاز معالجة جيدة .
- 3 - لا تحتاج لأيدي عاملة كثيرة .
- 4 - يمكن إنشاؤها بالقرب من المدن .
- 5 - لا تؤدي إلى إنتشار الروائح وتجمع الحشرات الضارة كالذباب خاصة عند توفر التشغيل المثالي.

#### العيوب

- 1 - إحتواء حماة احواض الترسيب الثانوية على نسبة رطوبة عالية مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في حجمها ويصعب تجفيفها .
- 2- التهوية في احواض التهوية تحتاج الى 6 ساعات فقط مما يسبب في اعادة كمية كبيره من الحماة للمعالجة مرة أخرى .
- 3 - ملاحظة مدة التهوية الطويلة تعطي حماة مثبتة جيدا ولكنها مكلفة).
- 3 - ذات تكاليف عالية فهي تحتاج لتجهيزات كهربائية وميكانيكية مرتفعة الكلفة .
- 4 - تحتاج إلى كوادر فنية متخصصة للتشغيل .

WWW.EUNPS.COM



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
Electronic University of Postgraduate Studies

الرقم الليبي الموحد  
للكتاب الإلكتروني  
Libyan Standard  
E Book Number  
(LSBN)

الموسوعة الإلكترونية  
الليبية  
Electronic Libyan  
Encyclopaedia

المجلة الإلكترونية  
العلمية الليبية  
Electronic Libyan  
Science Journal

المدارس الإلكترونية  
الدولية  
Electronic  
International School





## تفصيل اقسام وطريقة عمل محطة معالجة المياه الملوثة بطريقة الحماية المنشطة

فيما يلي أقسام المحطة و التجهيزات الكهربائية المشغلة لهذه الأقسام .

**1- منشأة المدخل Inlet works :** تتم فيها المعالجة التمهيدية للمياه الملوثة الخام (مياه الصرف المنزلي والصناعي) وتتضمن:

أ- المناخل أو المصافي الآلية (الميكانيكية) : وهي عبارة عن قضبان متوازية مائلة لحجز الأوساخ والترامكات والفضلات الكبيرة .

تستخدم المصافي بغرض التخلص من المواد الصلبة الكبيرة كالأخشاب والعلب وغيرها التي يمكن أن تعيق التشغيل الصحيح لمحطة المعالجة ، والمصافي عموماً هي مصافي أو مناخل خشنة أو ناعمة ، وتتألف المصافي الخشنة عادة من قضبان منحنية أو عمودية تفصل بينها مسافات محددة وذلك لحجز المواد الخشنة

أما المصافي الناعمة فيمكن أن تصنع من صفيحة مثقبة أو اسلاك منسوجة أو القماش أو قضبان متقاربة ، أن حجم قطع الحطام التي يمكن حجزها يتوقف على سعة فتحات المصافي المستخدمة وبمرور الوقت يجب إزالة المواد المحجوزة على المصافي والتخلص منها وذلك بردمها بعيداً عن المحطة . ويتراوح سعة الفتحات في المناخل الخشنة بين 2 - 10 سم وتنظف هذه المناخل عادة بواسطة مجرفة ميكانيكية مشطية .

أما المناخل الناعمة فإن أكثر أنواعها استخداماً هي المناخل المتحركة ويتراوح سعة فتحاتها بين 6.5 - 10 ملليمتر ، والمناخل الثابتة ، يتراوح سعة فتحاتها بين 2.3 - 6.5 ملليمتر والمناخل الإسطوانية التي تتألف من نسيج معدني ذات فتحات صغيرة جداً .

ب- أمشاط عدد ( 2 ) تحرك ألياً أو يدوياً عبر محركات بقدرة كهربائية **0.75 KW** .

ت- سير ناقل يعمل يدوياً أو ألياً بمحرك ذو قدرة كهربائية **1.5 KW** ( لإزالة الفضلات خارجاً ) .

ث- بوابات المدخل عدد ( 6 ) تفتح يدوياً أو ألياً عبر محركات بقدرة كهربائية **1.5 KW** .

ج- منشأة إزالة الرمال : حوض كبير يتم ترسيب الرمال فيه ، ثم تحريكها عبر كواشط في أسفل الحوض، لتجتمع في قناة حيث يقوم محرك هزاز بإزالة هذه الرمال بشكل كامل ورميها خارجاً . يتم قيادة هذه المنشأة بثمان محركات ( ست محركات بوابات قدرة كهربائية **0.75 kw** ومحرك هزاز قدرة كهربائية **0.75 kw** ومحرك تجميع الرمال قدرة كهربائية **3 kw** ) .

(ناتج عمليات منشأة المدخل تذهب الى احواض الترسيب الاولى)

**2- أحواض الترسيب الأولية (الاساسية) Primary settling tanks :** عددها/8، حيث

تتم المعالجة الأولية للمياه الملوثة الخام بإزالة حبيبات الرمال وهي عبارة عن أحواض ترسيب دائرية ذات جريان شعاعي ، يقوم جسر متحرك في أعلى الحوض بتحريك كواشط لكشط الرمال المترسبة وتجميعها في مركز الحوض ( القمع ) ، قدرة كهربائية المحرك **0.75 kw** .

تتصف حبيبات الرمال الموجودة في المياه الملوثة الخام بالخواص التالية :

- أ - غير قابلة للتعفن .
- ب - لها سرعة ترسيب أكبر من تلك الخاصة بالمواد العضوية القابلة للفسخ .
- ج - تكون متفردة ومنفصلة وغير قابلة للتكتل وتتألف الحبيبات التي لها هذه الخواص من الرمال بمختلف أحجامها .

ومن بعض الأسباب التي تدعو إلى إزالة هذه المواد :

- 1 - حماية التجهيزات المتحركة من التآكل .
- 2 - تقليل احتمال انسداد الأنابيب .
- 3 - منع تراكمها في أحواض التهوية وهواض الحماية مما يمنع خروج أحجام كبيرة من هذه الوحدات عن العمل .





ملحوظة : أحواض الترسيب الأولية يمكن ان تكون أحواض مربعة أو مستطيلة أو دائرية . إن النماذج المتعددة من أحواض إزالة الرمال المستخدمة يختلف أساساً في طريقة التحكم بالسرعة وإزالة الرمال .

أما تنظيف هذه الأحواض فيتم أما بصورة يدوية أو آلية :

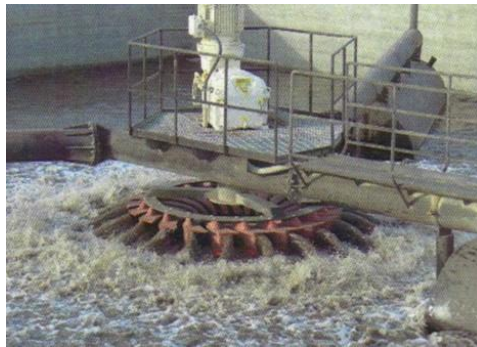
إن التصميم المتداول لأحواض إزالة الحبيبات مبني على أساس إزالة الحبيبات التي يزيد قطرها عن 1.20 ملليمتر ( غريال 65 ) بأعتبار أن مثل هذه الحبيبات تشكل صعوبات بالغة في عمليات المعالجة التالية . وتتوقف سرعة ترسب الحبيبات على وزنها النوعي . وتجدر الإشارة إن التقرير الذي تم وضعه من قبل هيوزن والذي درس فيه ترسب حبيبات الرمل والكوارتز ذات الوزن النوعي 2.65 أصبح يشكل قاعدة لتصميم هذه الأحواض .

(المياه الملوثة الخام "سائل + حماة" الناتجة من أحواض الترسيب الأولية تذهب الى الى أحواض التهوية لتنشيطها)

**3- أحواض التهوية Aeration tanks (وهي لتنشيط الحمأة):** تحتوي على ( 60 ) محرك تشغل مراوح على تماس مباشر مع الحمأة ( تؤمن نظام تهوية سطحي ) تسمى الفراشة الدوارة وذلك بهدف تنشيط الحمأة بالأوكسجين المنحل بالماء - قدرة كهربائية محرك التهوية 30 kw . تدخل المياه الملوثة الخام لأحواض التهوية حيث تنشط البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية ، ويساعد على ذلك عملية التهوية التي تعطي الأوكسجين الذائب للمياه ، وتسبب خلط وحركة مستمرة في الحوض تزيد من فعالية العملية .

إن أحواض التهوية هي قلب وجوهر عملية المعالجة بأسلوب الحمأة المنشطة وفيها يتم تزويد الحمأة بالأوكسجين اللازم للجراثيم والمتعضيات المكونة للحمأة وإبقائها منتشرة في السائل . التهوية في أحواض التهوية تحتاج الى 6 ساعات فقط والجدير بالذكر هنا ان مصدر تزويد المياه بالأوكسجين يتوقف على نوعية التصميم الهندسي لأجهزة التهوية وهناك أنواع كثيرة منها وقد ازداد عددها كثيراً في السنوات الأخيرة ويمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين :

1 - الأجهزة الميكانيكية للتهوية السطحية .



ومن أجهزة التهوية السطحية أجهزة تعمل بتأثير الجريان الشعاعي أو المحوري أو تكون على شكل فراشي دوارة أو عنفات مغمورة . ولزيادة الإيضاح نضيف أن أجهزة التهوية السطحية تستخدم عادة في تهوية الأحواض الكبيرة التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة ، ويمكن في هذه الحالة توفير من التكاليف الرأسمالية وذلك في حجم الخزان والتجهيزات وأجهزة التهوية السطحية الثابتة حساسة بالنسبة لعمق غمر الفراش الدافع . إن الغمر الزائد يسبب إستهلاك مزيد من الطاقة ونقص في عمر المحرك وكنموذج على أجهزة التهوية السطحية سنتحدث باختصار عن الفراشة الدوارة وهي عبارة عن جهاز للتهوية السطحية يكون فيها الدافع



أفقياً يدير دوافعاً مروحياً ويخص الدافع المروحي سطح السائل وينقل إليه الأوكسجين بينما يتحرك السائل باتجاه أفقي .

إن كفاءة الفرشاة الدوارة في نقل الأوكسجين إلى الماء تتراوح بين 1.2 - 1.6 كيلوجرام أوكسجين ( حصان بخاري ) ساعة ، وإن كفاءة النقل هنا لا تتعلق بعمق الغمر للدوار وذلك لأنه كلما قل العمق قلت الطاقة المحركة اللازمة وقل بالتالي مقدار نقل الأوكسجين وبنفس النسبة .

## 2 - أجهزة حقن ونشر الهواء في الماء .



أما أجهزة الحقن فمنها أجهزة الحقن المسامية أو غير المسامية كالتالي ترسل الهواء من خلال فتحات أو صابير أو فوهات ضيقة ، والأجهزة النفائثة وغيرها .

اختبارات أجهزة الحقن ونشر الأوكسجين أثبتت أن انتقال الأوكسجين إلى السائل يحصل عند تشكل فقاعات الهواء وكذلك بعد أن تترك الفقاعة جهاز الحقن ولكن النسبة العظمى للانتقال تحصل بعد ترك الفقاعة للجهاز والعوامل المؤثرة في كمية الأوكسجين المنقولة هي :  
( حجم الفقاعة - معدل حقن الجهاز للهواء - مكان توضع الجهاز بالنسبة لعمق الماء فوقه - سرعة الوسط المحيط ) .

وإذا أخذنا حجماً محدداً من الهواء فإن الزيادة في حجم الفقاعة ينقص من سطح التماس بين الهواء والسائل وبالتالي ينقص كمية الأوكسجين المنقل ولكن أنقص حجم الفقاعة إلى حد كبير يقتضي وجود ثقب صغيرة تخرج منها الفقاعات والثقب الصغيرة معرضة دائماً للإنسداد ، أما زيادة معدل الحقن فيمكن أن تؤدي إلى زيادة أو تقليل انتقال الأوكسجين ويتوقف ذلك على طبيعة جهاز الحقن ذات الفقاعات الناعمة فإن زيادة معدل الحقن فوق المعدل العادي يؤدي إلى نقص في كفاءة انتقال الأوكسجين أما بالنسبة لجهاز الحقن ذو الفقاعات الكبيرة فإن زيادة معدل الحقن يؤدي إلى زيادة انتقال الأوكسجين .

أما في مكان توضع الجهاز وسرعة الوسط المحيط فتؤثر في سرعة الفقاعات وبالتالي زمن تلامسها مع السائل وهذا يؤثر على مدى انتقال الأوكسجين .

أما عن أجهزة الحقن بالهواء الأخرى مثل الحاقن الأنبوبي ، يكون جريان الهواء في هذا الجهاز إلى الأعلى وعبر مسار متعرج خلال الأنبوب مما يسبب دوران السائل والهواء عبر الجهاز وكفاءة انتقال الأوكسجين بالنسبة لهذا الجهاز تتوقف على شكل الحوض وعمقه .

عموماً يحصل انتقال الأوكسجين في الأنبوب الحاقن نفسه كما يحصل أثناء انتقال الفقاعات إلى السطح وتجد هذه الأنابيب قبولاً متزايداً لتهوية البحيرات المهواة وميزتها الأساسية إن فتحتها غير معرضة للإنسداد .

ويمكن المحافظة على كفاءة المعالجة بالمحافظة على نسبة ثابتة بين الأوكسجين الحيوي المستهلك من المياه الملوثة الخام الداخلة لأحواض التهوية ، وتركيز المواد العالقة في هذه الأحواض سواء للمواد العالقة الكلية أو المواد العالقة الطيارة ، وهذا يحتاج إلى تحاليل يومية مخبرية .

(نتاج الحمأة المنشطة لأحواض التهوية يذهب لأحواض الترسيب الثانوية والفاضن يذهب إلى محطة الحمأة المنشطة المعادة).







#### 4- أحواض الترسيب الثانوية Secondary settling tanks:

عدد أحواض الترسيب ( 8 ) ، ذات جريان شعاعي، مزودة بوسائل لسحب الحمأة ( مخلية ) ، مع كواشط دوارة لتجميع الحمأة المترسبة ، يقود هذه الكواشط جسور متحركة بمحركات ذو قدرة كهربائية kw 0.55 ، أما مخليات الهواء فقدرتها الكهربائية kw 0.75 .

الحمأة المنشطة تأتي من أحواض التهوية إلى أحواض الترسيب حيث ترسب المواد العالقة ومابها من الكائنات الحية الدقيقة ، ويلزم للحفاظ على تركيزات ثابتة من المواد العالقة في أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة في أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لبقائها في أحواض التهوية مدة طويلة .

الغرض الأساسي من استخدام هذه الأحواض هو فصل الحمأة المنشطة الجديدة المتكونة في أحواض التهوية عن القديمة وعلى هذا فإن الأحواض تلي مباشرة أحواض التهوية في مخطط المعالجة ويجب الحفاظ على مخزون قليل من الحمأة في هذه الأحواض لكي تعمل بشكل جيد ، وإن الحفاظ على الحد الأدنى من الحمأة يقتضي إزالة الحمأة المترسبة بنفس المعدل الذي يجري ترسيبها فيه وذلك أنه إذا زادت كمية الحمأة الواردة عن الكمية المزاحة فإن الحمأة المترسبة تتجمع في الأحواض ويخرج بعضاً منها مع السائل .

أما تلك التي تبقى في قاع الأحواض فإنها تصبح ثقيلة جداً ويصعب ضخها وبالتالي فإن قسماً أكثر من قاع الحوض يصبح مشغولاً بالمواد الصلبة المترسبة ، وأفضل طريقة لمنع تجمع المواد الصلبة في قاع الحوض هي فحص الكمية الموجودة في قاع الحوض بأجهزة كهربائية أو ميكانيكية أو بصرية فإذا وجد زيادة في كمية المواد الصلبة وجب على عامل التشغيل زيادة سحب هذه المواد وإعادة نسبة كبيرة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وماتحملة من البكتيريا التي تقوم بعملية الأكسدة بفعالية في أحواض التهوية .

(سائل أحواض الترسيب الثانوية يذهب إلى حوض الكلور و الحمأة تذهب إلى أحواض تكثيف الحمأة وبقي الحمأة المترسبة يرجع إلى أحواض التهوية )  
ملاحظة :

إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية بشكل مستمر هو للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وما تحمله من البكتيريا التي تقوم بعملية الأكسدة وهذا يساعد في تسريع العملية البيولوجية وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية. (يلاحظ ان : كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية يعتمد في الأساس على مدة بقاء الحمأة مؤكسدة في أحواض التهوية ، فالكائنات الحية الدقيقة تتغذى على جزء من مكونات الخلايا القابل للتحلل ، ولكن تبقى نسبة من 20% إلى 25% من مكونات الخلايا البكتيرية تحتاج إلى وقت للتحلل لذلك يتم إرجاعها إلى أحواض التهوية مرة أخرى.)

تنشط البكتيريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية ، ويساعد على ذلك عملية التهوية الميكانيكية التي تعطي الأوكسجين الذائب للمياه ، وتسبب عمليات مزج وتحريك مستمر للسائل ضمن الحوض مما يزيد من فعالية عملية المعالجة ، وتخرج المياه من أحواض التهوية لأحواض الترسيب حيث ترسب المواد العالقة ومابها من الكائنات الحية الدقيقة ، ثم يعاد نسبة كبيرة من هذه الرواسب (الحمأة المنشطة الثانوية) إلى أحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وماتحملة من البكتيريا التي تقوم بعملية الأكسدة . ويلزم للحفاظ على تراكيز ثابتة من المواد العالقة في أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة في أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لبقائها في أحواض التهوية مدة طويلة . وتتدخل عدة مفاهيم أساسية في صلب المعالجة البيولوجية ضمن أحواض التهوية نذكر منها: عمر الحمأة، نسبة الغذاء إلى كتلة المواد الصلبة الطيارة (F/M).

5- مبنى أو حوض الكلور Chlorination tank : يتم فيه معالجة وتعقيم المياه المعالجة من أحواض الترسيب الثانوية بمادة الكلور قبل صرفها إلى قناة أو مجرى ري المزروعات . نظام الكلورة يتضمن ( مضخات تجريب الكلور قدرتها الكهربائية kw 15 - مضخة أخذ العينات قدرتها الكهربائية kw 0.25 -



مراوح لمبنى الكلور قدرتها الكهربائية 0.27 kw - المبخر - المبدل الإلكتروني - منظم الانفراغ - المحلل ونظام تحكم مكروي - جهاز قياس الكلور المتبقي - المسجل الورقي ) .



6- محطة الحمأة المنشطة المعادة "الحمأة الفانضة SAS": وهي محطة لاستقبال الحمأة الفانضة Surplus activated sludge SAS من أحواض التهوية وتتضمن أربع محركات حلزونية لرفع الحمأة إلى مستوى مرتفع يحقق إعادة جزء منها إلى أحواض التهوية مرة أخرى , بقدرة كهربائية 90 kw لكل محرك , وثلاث مضخات لضخ الحمأة المنشطة الفانضة إلى المدخل أو أحواض التكتيف بقدرة كهربائية 45 kw لكل مضخة , ومضختين WASH OUT لضخ مياه الغسيل إلى المدخل بقدرة كهربائية 55 kw لكل مضخة.

(نتاج محطة الحمأة المنشطة المعادة - جزء يرجع لأحواض التهوية والباقي يرجع الى منشأة المدخل وأحواض تكتيف الحمأة)

7- أحواض تكتيف الحمأة Sludge thickening tanks: عدد 10 يتم فيها تكتيف الحمأة القادمة, مزودة بمحركات كواشط جسرية بقدرة كهربائية 2.2 kw , بهدف تحريك الحمأة وتجهيزها إلى مبنى المعالجة النهائية .

8- مباني المعالجة النهائية Final Treatment: وهو يتكون من مبنيين (المبنى الاول "مبنى السيور او الاحزمة الضاغطة belt press " والمبنى الثاني "مخزن الحمأة الجافة Dried sludge " storage area)

وفيها تتم المعالجة النهائية للحمأة حسب المراحل التالية :

أ- مازج الحمأة SLUDGE MIXER : يتم مزج الحمأة المكثفة Sludge thickening عبر مازجين لتحقيق تجانس الحمأة , قدرة كهربائية المازج 5.5 kw .

ب- المفتت MACERATOR : تمر الحمأة المكثفة عبر المفتت بعد المزج , لتفتت أية أجسام صلبة في حالة وجودها , ( قدرة كهربائية المفتت 11 kw ) .





ج- التجهيز الكيميائي : يتم التجهيز الكيميائي لمادة (البولي اليكتروليت ) والمعروفة باسم البوليمير بتمديدتها بنسب معينة مع المياه الحلوة في خزاني بوليمير مع تحريك مستمر للمزيج عبر ثلاث خلاطات لكل خزان- قدرة كهربائية الخلاط الواحد 0.75 kw .

د- ضخ ( الحمأة ومحلول البوليمير) : تقوم ثمانية مضخات بوليمير بقدرة كهربائية 1.5 kw بضخ محلول البوليمير , وثمانية مضخات حمأة بقدرة كهربائية 4 kw بضخ الحمأة حيث يدخل مزيج الحمأة والبوليمير إلى السيور الضاغطة , ( لكل سير ضاغط مضخة حمأة ومضخة بوليمير ) Filter belt press installation

هـ- السيور الضاغطة : وعددها ( 8 ) , في هذه المرحلة يقوم محلول البوليمير بنزح الماء من الحمأة , ويتم ضغط الحمأة عبر السيور لتتخفف رطوبة الحمأة من 94% إلى 70% و تخرج بعدها إلى ساحة التجفيف .  
Dried sludge storage area



ملاحظة : تقوم ثمانية مضخات شطف RINCING PUMP بتزويد السيور الضاغطة بالمياه ضمن فراشي ( فالات خاصة ) لتأمين تنظيف مسامات السيور بشكل جيد وباستمرار.

يشغل السير الضاغط الواحد 4 محركات , اثنان لتشغيل السير ( بقدرة كهربائية 2.2 كيلو واط - 0.08 كيلو واط ) واثنان لتشغيل آلية الدم ( حوض في أعلى السير لتجهيز الحمأة بشكل نهائي ) بقدرة كهربائية ( 0.55 كيلو واط و 0.08 كيلو واط ) .

أهم الأمور الواجب متابعتها في التشغيل :

- فحص ومتابعة التغير في معدلات التصريف للمياه الملوثة الداخلة للمحطة .
- فحص ومتابعة التغير في تراكيز المواد الملوثة الداخلة للمحطة .
- فحص ومتابعة تركيز المواد العالقة في أحواض التهوية ونسبة المواد المتطايرة فيها .
- فحص ومتابعة نسبة الرواسب المعادة وتركيز المواد العالقة بها .
- فحص ومتابعة تركيز الأوكسجين الذائب في أحواض التهوية .
- فحص ومتابعة كفاءة مزج الأوكسجين في أحواض التهوية (امداد- خلط - تقليب) و لهذا العامل(المزج) أهمية أساسية لعدة أسباب (يتم المزج إما بالتهوية الميكانيكية أو بواسطة الهواء المضغوط)
- 1- يساعد على إمداد و خلط الحمأة في أحواض التهوية بالأوكسجين الذائب .
- 2- يساعد التقليل على إستمرار التلامس بين الكائنات الحية الدقيقة وكل من الأوكسجين الذائب والمواد العضوية .
- 3- يساعد المزج على منع المواد العالقة من الترسيب في قاع الحوض .







## 9- ملحقات المحطة :

أ - محطة ضخ الحريق : في مخرج المحطة , وتتضمن مضختين ذات غزارة عالية و بقدرة كهربائية 22 KW , هدفها ضخ مياه معالجة من مخرج المحطة إلى الخزان العالي ومنه إلى فوهات الحريق وفوهات الغسيل والخزان الأسود في مبنى المعالجة .

ب- محطة ضخ : تحتوي على ثلاث مضخات بقدرة كهربائية 55 KW لضخ المياه إلى مدخل المحطة .

ج- أجهزة قياس التدفق : لقياس الغزارة في المدخل والمخرج وغزارة الحمأة الفائضة والراجعة .

## 10- مراكز تحويل لتوزيع القدرة الكهربائية إلى كافة منشآت المحطة:

يوجد في محطة المعالجة عدد ( 4 ) مراكز تحويل لتوزيع القدرة الكهربائية إلى كافة منشآت المحطة وهي :

1- المحطة الفرعية الأولى SUBSTATION1 : وتتألف من غرفة التوتر العالي 20 KV وغرفة المحولة

DCP1 / DISTRIBUT CONTROL 20 KVA-1000 KV/0.4KV وغرفة التوزيع / PANAL والتي يتم منها توزيع الكهرباء إلى اللوحات الكهربائية في مختلف مواقع المحطة .

2- المحطة الفرعية الثانية SUBSTATION2 : وتتألف أيضاً من غرفة التوتر العالي 20 KV وغرفة المحولة

DCP2 / DISTRIBUT CONTROL 20 KVA-1600 KV/0.4KV وغرفة التوزيع / PANAL والتي يتم منها توزيع الكهرباء إلى اللوحات الكهربائية في مختلف مواقع المحطة .

3- المحطة الفرعية الثالثة SUBSTATION3 : وتتألف أيضاً من غرفة التوتر العالي 20 KV وغرفة المحولة

DCP3 / DISTRIBUT CONTROL 20 KVA-1000 KV/0.4KV وغرفة التوزيع / PANAL والتي يتم منها توزيع الكهرباء إلى اللوحات الكهربائية في مختلف مواقع المحطة .

4- المحطة الفرعية الرابعة SUBSTATION4 : وتتألف من غرفة التوتر العالي 20 KV وغرفة المحولة

DCP4 / DISTRIBUT CONTROL 20 KVA-250 KV/0.4KV وغرفة التوزيع / PANAL وهي خاصة بتغذية مضخات الوعر .

5- مولد ديزل احتياطي : قدرته الكهربائية 150 KVA تستخدم في حالات الطوارئ وانقطاع التيار وتغذي المنشآت التالية ( مبنى الكلور وتجهيزاته- أربع سيور من مبنى المعالجة - منشأة المدخل - أربعة من أحواض التكتيف ) .

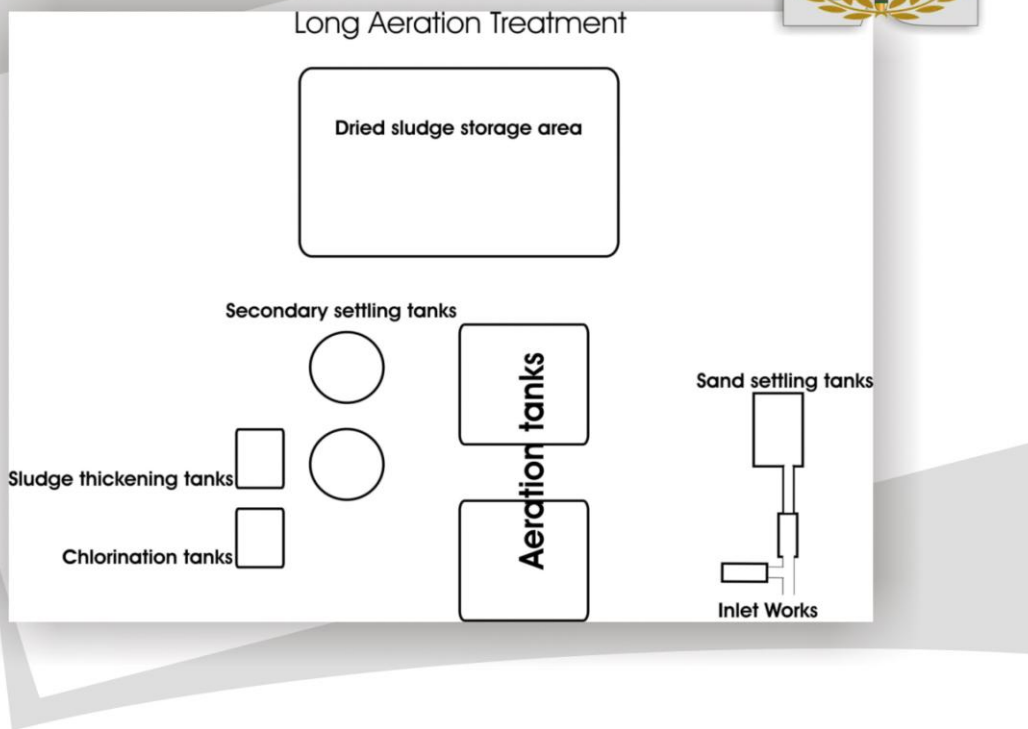
ملاحظة : تم إنشاء لوحات تحكم كهربائية فرعية في كافة أقسام المحطة بهدف تأمين الكهرباء بشكل ديناميكي ( 220-380 فولت ) والتحكم بعمل المضخات والمحركات والحماية الكهربائية لها ( عبر كونتكتورات - قواطع - حساسات - لمبات إشارة) و لسهولة تنظيم عمل هذه اللوحات فقد تم تسمية كل لوحة تحكم فرعية مرتبطة باسم غرفة التوزيع التابعة لها فمثلاً CP1/3 هي اللوحة الكهربائية الفرعية الثالثة والتابعة لغرفة التوزيع DCP1 في المحطة الفرعية الأولى , و CP2/4 هي اللوحة الكهربائية الفرعية الرابعة والتابعة لغرفة التوزيع DCP2 في المحطة الفرعية الثانية , والمخطط الصندوقي التالي يوضح توزيع القدرة إلى كافة اللوحات والمنشآت التابعة لكل لوحة .





## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب التهوية المطولة Long Aeration Treatment (المفاعل الحيوي الهوائي)

WWW.EUNPS.COM



### مقدمة عن طريقة المعالجة بالتهوية المطولة (التهوية المديدة) Long Aeration Treatment

#### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على القرى والمدن ذات التجمعات الصغيرة أو المنزلة ، كحد أقصى 40 ألف نسمة ويسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 90 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m<sup>3</sup>/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 4 الآلاف متر مكعب في اليوم (160 متر مكعب في الساعة) على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص ( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص ) .



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Organization for International Schools & Universities



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
Electronic University of Postgraduate Studies



الرقم الليبي الموحد  
للكتاب الإلكتروني  
Libyan Standard  
E Book Number  
(LSBN)



الموسوعة الإلكترونية  
الليبية  
Electronic Libyan  
Encyclopaedia



المجلة الإلكترونية  
العلمية الليبية  
Electronic Libyan  
Science Journal



المدارس الإلكترونية  
الدولية  
Electronic  
International School



مختصر طريقة العمل (هي نفسها طريقة الحماة المنشطة مع زيادة مدة التنشيط وبعض الاختلافات):

تسمى طريقة العمل بالتهوية المطولة أيضاً بالمفاعل الحيوي الهوائي (حوض التهوية "النترجة") حيث ان التهوية تعني تنشيط الحماة " حماة منشطة" وذلك بمراوح تستهلك الطاقة. ويتم ذلك بوضع الحماة الاولية الخام (بعد احواض ترسيب الرمال) في أحواض التهوية **Aeration tanks** بتشغيل مراوح على تماس مباشر مع الحماة ( تؤمن نظام تهوية سطحي ) وذلك بهدف تنشيط الحماة بالأكسجين المنحل بالماء وهذه

هي ظروف عملية الهضم الحيوي الهوائي للبكتيريا الهوائية في حوض التهوية لتقوم بتحليل المواد الصلبة العضوية بالحماة وخصوصاً المركبات العضوية التي تحتوي في جزيئاتها على الكربون **carbon** (الكربون العضوي) حيث ان بتوفير الاكسجين لها (تهوية ميكانيكية) تزداد اعداد البكتيريا و الفطريات المجهرية فتقوم بالاكسدة ، حيث ان الاكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الاكسدة التي تقوم بها للكربون العضوي تسمى عملية "معدنة الكربون العضوي" **Organic carbon** **mineralization** الذي يطرح على شكل مؤكسد وذلك في صورة ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide** وعلى شكل نيتروجين عضوي في صورة احماض امينية **Amino Acids** ويوريا **Urea** وبناء على ذلك تقوم البكتيريا بعملية "معدنة النيتروجين العضوي" **Organic nitrogen** **mineralization** وذلك بتحويل الأحماض الأمينية **R-NH2** إلى الأمونيا **Ammonia** "غاز النشادر" **NH3** وتسمى أيضاً عملية النشادر **Ammonification** على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم **NH4+ Ammonium** ثم تحصل عملية النترجة **Nitrification** (في حال استمرار توفر الاكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيترايت بواسطة بكتيريا هوائية اسمها **Nitrosomonas** و **Nitrobacter** حيث ان افضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النترجة تتراوح ما بين **30o C** الى **35** خلال فترة **10** ايام ملاحظة : ( تزداد كفاءة ازالة الامونيا و تحولها اخيراً الى نيترايت مع انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة **( F/M : / Food to Microorganisms Ratio )**

وبالاستمرار في موازنة نسبة الاكسجين الحيوي المستهلك في احواض التهوية والجديد الداخل إليها (عن طريق تحاليل يومية مخبرية) تزيد كفاءة المعالجة وتكون الحماة المترسبة في خزانات التهوية مثبتة بشكل جيد ونسبة الماء فيها قليلة.

عند هذه النقطة تنخفض نسبة "المغذيات" فتموت البكتيريا الهوائية فتتخفف قابلية الحماة للتحلل والتعفن وتنخفض تبعاً لذلك الرائحة وتزداد كمية المواد الصلبة الغير عضوية فتتكتل حبيباتها وترسب فنحصل على حماة قليلة المياه قليلة الحجم وقليلة الكائنات الحية الدقيقة ( قليلة الحمل الوبائي) وقليلة الرائحة وجهازه للتجفيف " لتصبح سمد عضوي وبذلك نكون قد تحصلنا على مركبات غير عضوية ثابتة حيوياً" ، أما باقي الحماة الغير متكتلة المتبقية ترسل الى حوض الترسيب الثانوي وهو حوض مفتوح لاتتم فيه ازالة النترجة حيث ان الغرض الأساسي من استخدام احواض الترسيب الثانوية في هذه الطريقة هو فصل الحماة المنشطة الجديدة المتكونة في أحواض التهوية عن القديمة .

مختصر اقسام محطة معالجة المياه الملوثة بطريقة التهوية المطولة

منشأة المدخل **Inlet works** - أحواض ترسيب الرمال **Sand settling tanks** - أحواض التهوية **Aeration tanks** - أحواض الترسيب الثانوية **Secondary settling tanks** - مبنى أو حوض الكلور **Chlorination tank** - أحواض تكثيف الحماة **Sludge thickening tanks** - مخزن الحماة الجافة **Dried sludge storage area** " - ملحقات المحطة

المميزات

- 1- الحماة الفائضة من خزانات التهوية مثبتة بشكل جيد فالتهوية في احواض التهوية تحتاج من 18 الى 36 ساعة (ملاحظة مدة التهوية الطويلة تعطي حماة مثبتة جيداً ولكنها مكلفة).
- 2- الحصول على نوعية جيدة جداً من الماء المعالج.







## العيوب

- 1- تستخدم للتدفقات الصغيرة حتى 3780 متر مكعب باليوم (حوالي 40 ألف نسمة) حسب أغلب المراجع و الكودات العالمية و فوق هذا الحد بشكل كبير يصبح استخدامها غير مجدي اقتصادياً.
- و بغض الطرف قليلاً حتى 100 ألف نسمة فإننا نقول أنه لا يجوز بأي حال من الأحوال اعتماد طريقة التهوية المطولة لمعالجة مياه المجاري للمدن المتوسطة و الكبيرة .
- 2- تحتاج إلى أحواض تهوية أكبر من 3 الى 6 مرات عما هو عليه في طريقة الحمأة المنشطة.
- 3- حساسة و غير متوافقة مع أي تغييرات في التشريعات المستقبلية.
- 4- غير قادرة على إزالة المغذيات (نتروجين و فوسفور) و لذلك فهي تحتاج إلى إضافة أحواض لتحقيق إزالة النتروجين و الفوسفور.
- 5- معظم محطات التهوية المطولة تنتج مياه نهائية ذات نوعية متدنية مقارنة مع الحمأة المنشطة.
- 6- معرضة لانتفاخ الحمأة ببكتريا من النوع (*Microthrix parvicella*) بسبب عمر الحمأة الطويل. و كذلك معرضة لمشاكل الرغوة ضمن أحواض التهوية بسبب بكتريا النوكارديا التي يحفز نموها عمر الحمأة الطويل و نسبة F/M المنخفضة.
- 7- التهوية في احواض التهوية تحتاج من 18 الى 36 ساعة و لذلك فهي تستهلك كميات كبيرة من الطاقة لإنتاج اكسجين أكثر، و خاصة اذا علمنا أن أحواض التهوية تستهلك 80 % من الطاقة اللازمة لمحطة المعالجة تقريباً. (ملاحظة مدة التهوية الطويلة تعطى حمأة مثبته جيداً ولكنها مكلفة)
- 8- التشغيل الطويل و المستمر لأجهزة التهوية و المضخات يؤدي حتماً إلى التعطل المتكرر لهذه الأجهزة مما يترافق بكلف صيانة و تشغيل مرتفعة. مع العلم أن التجهيزات مستوردة من الخارج.
- 9- التهوية الزائدة تؤدي الى فساد الحمأة الناتجة كما أن الحمأة الفائضة تحتاج لمكثفات ميكانيكية.

## تفصيل اقسام وطريقة عمل محطة معالجة المياه الملوثة بطريقة التهوية المطولة

فيما يلي أقسام المحطة و التجهيزات الكهربائية المشغلة لهذه الأقسام .

- 1- منشأة المدخل **Inlet works** : تتم فيها المعالجة التمهيدية للمياه الملوثة الخام (مياه الصرف المنزلي والصناعي) وتتضمن:
  - المناخل أو المصافي الالية (الميكانيكية) : وهي عبارة عن قضبان متوازية مائلة لحجز الأوساخ والتراكمات والفضلات الكبيرة .
  - تستخدم المصافي بغرض التخلص من المواد الصلبة الكبيرة كالأخشاب والعلب وغيرها التي يمكن أن تعيق التشغيل الصحيح لمحطة المعالجة ، والمصافي عموماً هي مصافي أو مناخل خشنة أو ناعمة ، وتتألف المصافي الخشنة عادة من قضبان منحنية أو عمودية تفصل بينها مسافات محددة وذلك لحجز المواد الخشنة
  - أما المصافي الناعمة فيمكن أن تصنع من صفيحة مثقبة أو اسلاك منسوجة أو القماش أو قضبان متقاربة ، أن حجم قطع الحطام التي يمكن حجزها يتوقف على سعة فتحات المصافي المستخدمة وبمرور الوقت يجب إزالة المواد المحجوزة على المصافي والتخلص منها وذلك بردمها بعيداً عن المحطة .
  - ويتراوح سعة الفتحات في المناخل الخشنة بين 2 - 10 سم وتنظف هذه المناخل عادة بواسطة مجرفة ميكانيكية مشطية .
- أما المناخل الناعمة فإن أكثر أنواعها استخداماً هي المناخل المتحركة ويتراوح سعة فتحاتها بين 6.5 - 10 ملليمتر ، والمناخل الثابتة ، يتراوح سعة فتحاتها بين 2.3 - 6.5 ملليمتر والمناخل الإسطوانية التي تتألف من نسيج معدني ذات فتحات صغيرة جداً .

(ناتج عمليات منشأة المدخل تذهب الى احواض ازالة الرمال)





**2- أحواض ترسيب الرمال Sand settling tanks :** تتم المعالجة الأولية للمياه الملوثة الخام بإزالة حبيبات الرمال وهي عبارة عن أحواض ترسيب مستطيلة.

تتصف حبيبات الرمال الموجودة في المياه الملوثة الخام بالخواص التالية :

أ - غير قابلة للتعفن .  
ب - لها سرعة ترسيب أكبر من تلك الخاصة بالمواد العضوية القابلة للفسخ .  
ج - تكون متفردة ومنفصلة وغير قابلة للتكتل وتتألف الحبيبات التي لها هذه الخواص من الرمال بمختلف أحجامها .

ومن بعض الأسباب التي تدعو إلى إزالة هذه المواد :

1 - حماية التجهيزات المتحركة من التآكل .  
2 - تقليل احتمال انسداد الأنابيب .

3 - منع تراكمها في أحواض التهوية وهواضم الحمأة مما يمنع خروج أحجام كبيرة من هذه الوحدات عن العمل .

ملحوظة : أحواض الترسيب يمكن ان تكون أحواض مربعة أو مستطيلة أو دائرية . إن النماذج المتعددة من أحواض إزالة الرمال المستخدمة يختلف أساساً في طريقة التحكم بالسرعة وإزالة الرمال .

أما تنظيف هذه الأحواض فيتم إما بصورة يدوية أو آلية :

إن التصميم المتداول لأحواض إزالة الحبيبات مبني على أساس إزالة الحبيبات التي يزيد قطرها عن 1.20 ملمتر ( غربال 65 ) باعتبار أن مثل هذه الحبيبات تشكل صعوبات بالغة في عمليات المعالجة التالية . وتتوقف سرعة ترسب الحبيبات على وزنها النوعي .

وتجدر الإشارة إن التقرير الذي تم وضعه من قبل هيوزن والذي درس فيه ترسب حبيبات الرمل والكوارتز ذات الوزن النوعي 2.65 أصبح يشكل قاعدة لتصميم هذه الأحواض .

(المياه الملوثة الخام "سائل + حماة" الناتجة من أحواض ترسيب الرمال تذهب إلى أحواض التهوية لتنتشيتها)

**3- أحواض التهوية Aeration tanks (وهي لتنشيط الحمأة):** تحتوي على محركات تشغل مراوح على تماس مباشر مع الحمأة ( تؤمن نظام تهوية سطحي ) تسمى الفراشة الدوارة وذلك بهدف تنشيط الحمأة بالأكسجين المنحل بالماء - قدرة كهربائية محرك التهوية 30 kw .  
التهوية في أحواض التهوية تحتاج من 18 إلى 36 ساعة حتى نتحصل على حماة منشطة بخلاف طريقة الحمأة المنشطة التي تحتاج 6 ساعات فقط.

تدخل المياه الملوثة الخام لأحواض التهوية حيث تنشط البكتريا الهوائية في أكسدة المواد العضوية ، ويساعد على ذلك عملية التهوية التي تعطي الأوكسجين الذائب للمياه ، وتسبب خلط وحركة مستمرة في الحوض تزيد من فعالية العملية .

إن أحواض التهوية هي قلب وجوهر عملية المعالجة بأسلوب التهوية المطولة ( تحتاج إلى أحواض تهوية أكبر من 3 إلى 6 مرات عما هو عليه في طريقة الحمأة المنشطة) وفيها يتم تزويد الحمأة بالأوكسجين اللازم للكائنات الحية الدقيقة المكونة للحمأة وإبقائها منتشرة في السائل .

والجدير بالذكر هنا ان مصدر تزويد المياه بالأوكسجين يتوقف على نوعية التصميم الهندسي لأجهزة التهوية وهناك أنواع كثيرة منها وقد ازداد عددها كثيراً في السنوات الأخيرة ويمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين :







## 1 - الأجهزة الميكانيكية للتهوية السطحية .



ومن أجهزة التهوية السطحية أجهزة تعمل بتأثير الجريان الشعاعي أو المحوري أو تكون على شكل فراشي دوارة أو عنفات مغمورة .

ولزيادة الإيضاح نضيف أن أجهزة التهوية السطحية تستخدم عادة في تهوية الأحواض الكبيرة التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة ، ويمكن في هذه الحالة توفير من التكاليف الرأسمالية وذلك في حجم الخزان والتجهيزات وأجهزة التهوية السطحية الثابتة حساسة بالنسبة لعمق غمر الفراش الدافع .

إن الغمر الزائد يسبب إستهلاك مزيد من الطاقة ونقص في عمر المحرك وكنموذج على أجهزة التهوية السطحية سنتحدث باختصار عن الفرشاة الدوارة وهي عبارة عن جهاز للتهوية السطحية يكون فيها الدافع أفقياً يدير دوافعاً مروحياً ويخص الدافع المروحي سطح السائل وينقل إليه الأوكسجين بينما يتحرك السائل باتجاه أفقي .

إن كفاءة الفرشاة الدوارة في نقل الأوكسجين إلى الماء تتراوح بين 1.2 - 1.6 كيلوجرام أوكسجين ( حصان بخاري ) ساعة ، وإن كفاءة النقل هنا لاتتعلق بعمق الغمر للدوار وذلك لأنه كلما قل العمق قلت الطاقة المحركة اللازمة وقل بالتالي مقدار نقل الأوكسجين وبنفس النسبة .

2 - أجهزة حقن ونشر الهواء في الماء .



أما أجهزة الحقن فمنها أجهزة الحقن المسامية أو غير المسامية كالتي ترسل الهواء من خلال فتحات أو صنابير أو فوهات ضيقة ، والأجهزة النفائثة وغيرها .

اختبارات أجهزة الحقن ونشر الأوكسجين أثبتت أن انتقال الأوكسجين إلى السائل يحصل عند تشكل فقائيع الهواء وكذلك بعد أن تترك الفقاعة جهاز الحقن ولكن النسبة العظمى للانتقال تحصل بعد ترك الفقاعة للجهاز والعوامل المؤثرة في كمية الأوكسجين المنقولة هي :

( حجم الفقاعة - معدل حقن الجهاز للهواء - مكان توضع الجهاز بالنسبة لعمق الماء فوقه - سرعة الوسط المحيط ) .

وإذا أخذنا حجماً محدداً من الهواء فإن الزيادة في حجم الفقاعة ينقص من سطح التماس بين الهواء والسائل وبالتالي ينقص كمية الأوكسجين المنتقل ولكن أنقص حجم الفقاعة إلى حد كبير يقتضي وجود ثقب صغير تخرج منها الفقاعات والثقب الصغير معرضة دائماً للإسداد ، أما زيادة معدل الحقن فيمكن أن تؤدي إلى زيادة أو تقليل انتقال الأوكسجين ويتوقف ذلك على طبيعة جهاز الحقن ذات الفقاعات الناعمة فإن زيادة معدل





الحقن فوق المعدل العادي يؤدي إلى نقص في كفاءة انتقال الأوكسجين أما بالنسبة لجهاز الحقن ذو الفقاعات الكبيرة فإن زيادة معدل الحقن يؤدي إلى زيادة انتقال الأوكسجين .  
أما في مكان توضع الجهاز وسرعة الوسط المحيط فتؤثر في سرعة الفقاعات وبالتالي زمن تلامسها مع السائل وهذا يؤثر على مدى انتقال الأوكسجين .  
أما عن أجهزة الحقن بالهواء الأخرى مثل الحاقن الأنبوبي ، يكون جريان الهواء في هذا الجهاز إلى الأعلى وعبر مسار متعرج خلال الأنبوب مما يسبب دوران السائل والهواء عبر الجهاز وكفاءة انتقال الأوكسجين بالنسبة لهذا الجهاز تتوقف على شكل الحوض وعمقه .  
عموماً يحصل انتقال الأوكسجين في الأنبوب الحاقن نفسه كما يحصل أثناء انتقال الفقاعات إلى السطح وتجد هذه الأنابيب قبولاً متزايداً لتهوية البحيرات المهواة وميزتها الأساسية إن فتحها غير معرضة للإسداد .  
ويمكن المحافظة على كفاءة المعالجة بالمحافظة على نسبة ثابتة بين الأوكسجين الحيوي المستهلك من المياه الملوثة الخام الداخلة لأحواض التهوية ، وتركيز المواد العالقة في هذه الأحواض سواء للمواد العالقة الكلية أو المواد العالقة الطيارة ، وهذا يحتاج إلى تحاليل يومية مخبرية .  
في النهاية تكون الحمأة الفائضة من خزانات التهوية مثبتة بشكل جيد .  
(ناتج الحمأة بالتهوية المطولة في أحواض التهوية يذهب لأحواض الترسيب الثانوية)

#### 4- أحواض الترسيب الثانوية Secondary settling tanks:

فائض الحمأة المنشطة "المثبتة" تأتي من أحواض التهوية إلى أحواض الترسيب حيث ترسب المواد العالقة ومابها من الكائنات الحية الدقيقة ، ويلزم للحفاظ على تركيزات ثابتة من المواد العالقة في أحواض التهوية أن يتم تصريف نسبة من المواد المترسبة في أحواض الترسيب بدون مشاكل الرائحة حيث تكون هذه الحمأة مؤكسدة لبقائها في أحواض التهوية مدة طويلة .

الغرض الأساسي من استخدام هذه الأحواض هو فصل الحمأة المنشطة الجديدة المتكونة في أحواض التهوية عن القديمة وعلى هذا فإن الأحواض تلي مباشرة أحواض التهوية في مخطط المعالجة ويجب الحفاظ على مخزون قليل من الحمأة في هذه الأحواض لكي تعمل بشكل جيد ، وإن الحفاظ على الحد الأدنى من الحمأة يقتضي إزالة الحمأة المترسبة بنفس المعدل الذي يجري ترسيبها فيه وذلك أنه إذا زادت كمية الحمأة الواردة عن الكمية المزاحة فإن الحمأة المترسبة تتجمع في الأحواض ويخرج بعضاً منها مع السائل .  
أما تلك التي تبقى في قاع الأحواض فإنها تصبح ثقيلة جداً ويصعب ضخها وبالتالي فإن قسماً أكثر من قاع الحوض يصبح مشغولاً بالمواد الصلبة المترسبة ، وأفضل طريقة لمنع تجمع المواد الصلبة في قاع الحوض هي فحص الكمية الموجودة في قاع الحوض بأجهزة كهربائية أو ميكانيكية أو بصرية فإذا وجد زيادة في كمية المواد الصلبة وجب على عامل التشغيل زيادة سحب هذه المواد وإعادة نسبة كبيرة من هذه الرواسب إلى أحواض التهوية للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وماتحملة من البكتريا التي تقوم بعملية الأكسدة .

(سائل أحواض الترسيب الثانوية يذهب إلى حوض الكلور و الحمأة تذهب إلى أحواض تكثيف الحمأة و باقي الحمأة المترسبة يرجع إلى أحواض التهوية )

ملاحظة :

إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية بشكل مستمر هو للحفاظ على التركيز المناسب من المواد العالقة وما تحمله من البكتريا التي تقوم بعملية الأكسدة وهذا يساعد في تسريع العملية البيولوجية وزيادة كفاءتها بسبب زيادة كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية.  
(يلاحظ أن : كثافة الكتلة الحيوية في حوض التهوية يعتمد في الأساس على مدة بقاء الحمأة مؤكسدة في أحواض التهوية ، فالكائنات الحية الدقيقة تتغذى على جزء من مكونات الخلايا القابل للتحلل ، ولكن تبقى نسبة من 20% إلى 25% من مكونات الخلايا البكتيرية تحتاج إلى وقت للتحلل لذلك يتم إرجاعها إلى أحواض التهوية مرة أخرى .)





**5- مبنى أو حوض الكلور Chlorination tank :** يتم فيه معالجة وتعقيم المياه المعالجة من أحواض الترسيب الثانوية بمادة الكلور قبل صرفها إلى قناة أو مجرى ري المزروعات . نظام الكلورة يتضمن ( مضخات تجريب الكلور قدرتها الكهربائية 15 kw - مضخة أخذ العينات قدرتها الكهربائية 0.25 kw - مراوح لمبنى الكلور قدرتها الكهربائية 0.27 kw - المبخر - المبدل الإلكتروني - منظم الانفراغ - المحلل ونظام تحكم مكروي - جهاز قياس الكلور المتبقي - المسجل الورقي ) .

**6- أحواض تكثيف الحمأة Sludge thickening tanks:** يتم فيها تكثيف الحمأة القادمة, مزودة بمحركات كواشط جسرية بقدرة كهربائية 2.2 kw , بهدف تحريك الحمأة وتجهيزها إلى "مخزن الحمأة الجافة Dried sludge storage area" .

**7- مخزن الحمأة الجافة Dried sludge storage area :** وفيها يتم تجفيف الحمأة الزائدة ضمن أحواض تجفيف ثم إستخدامها كسماد.

اساس نظام تصميم المحطة بأسلوب التهوية المطولة

WWW.EUNPS.COM



0,1 - 0,2	نسبة F/MLvss
( 18 - 36 ) ساعة .	زمن المكوث ضمن أحواض التهوية
( 20 - 30 ) يوم .	عمر الحمأة
( 50 - 150 ) %	نسبة إعادة الحمأة
3000 - 8000 mg/L	تركيز المواد الصلبة العالقة لكلية ضمن أحواض التهوية
مزال 0,12 - 0,16 kg / Kg BOD <sub>5</sub> حمأة جافة	كمية الحمأة الفائضة
( 90 - 98 ) %	مردود المعالجة
( 50 - 60 ) %	النسبة
مزال Kg O <sub>2</sub> /Kg BOD <sub>5</sub> ( 1,2 - 2 )	كمية الأكسجين اللازمة



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Organization for International Schools & Universities



الجلس الثقافي الليبي للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
Electronic University of Postgraduate Studies

الرقم الليبي الموحد  
للكتاب الإلكتروني  
Libyan Standard  
E Book Number  
(LSBN)

الموسوعة الإلكترونية  
الليبية  
Electronic Libyan  
Encyclopaedia

المجلة الإلكترونية  
العلمية الليبية  
Electronic Libyan  
Science Journal

المدارس الإلكترونية  
الدولية  
Electronic  
International School



## طريقة احتساب حجم خزان التهوية لمحطة التهوية المطولة

1 - تحسب حجم خزان التهوية من العلاقة ( 1 ) التالية:

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * BOD_5}{V * MLVSS}$$

حيث :

F/M	نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة وتؤخذ بين ( 0,05 - 0,15 )
Q	التدفق الداخل للمحطة من أجل المعالجة البيولوجية m <sup>3</sup> /day
BOD <sub>5</sub>	تركيز الأكسجين الحيوي في المياه الخام الداخلة لحوض التهوية mg/L
V	حجم حوض التهوية ( m <sup>3</sup> )
MLVSS	تركيز المواد الصلبة المعلقة الطيارة ضمن حوض التهوية وتتراوح بين ( 2000 - 5000 ) mg/L .

وبالتعويض في العلاقة ( 1 ) نحسب حجم حوض التهوية .

2 - نتحقق من زمن المكوث من العلاقة ( 2 ) :

$$t = \frac{V}{Q} * 24$$

حيث أن :

t	زمن المكوث بالساعة
Q	التدفق الداخل لحوض التهوية ( m <sup>3</sup> /day )
V	حجم حوض التهوية ( m <sup>3</sup> )

3 - تحسب كمية الأكسجين اللازمة : وتتراوح عادة بين ( 1,2 - 2 ) كغ أكسجين لكل 1 كغ 5BOD مزال

4 - كمية الحمأة الفائضة : وتحسب باعتبارها تساوي ( 0,16 ) كغ حمأة جافة لكل كغ 5BOD مزال .

5 - تصميم أحواض الترسيب الثانوي :

تصمم هذه الأحواض عادة على حمولة بحدود 22 day/2m/3m وبزمن مكوث لا يقل عن ثلاث ساعات ولا يزيد عن أربع ساعات .

6 - تحسب أبعاد ساحات تجفيف الحمأة :

وتحسب على أساس زمن مكوث وسطي للحمأة الفائضة بحدود ( 18 ) يوم وبارتفاع ( 15 ) Cm وتنقل بعدها الحمأة إلى ساحات تخزين الحمأة .







## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب خنادق الاكسدة Oxidation ditches

### مقدمة عن طريقة المعالجة بخنادق الاكسدة Oxidation ditches

#### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على القرى والمدن ذات التجمعات الصغيرة أو المنزلة ، كحد أقصى 50 ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 90 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 5000 متر مكعب في اليوم (200 متر مكعب في الساعة) على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص (أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .  
وهي طريقة تعتمد على البساطة في الإنشاء والتشغيل ومن مزاياها الأساسية أن كمية الرواسب الزائدة المصروفة من أحواض الترسيب النهائية صغيرة نسبياً ومؤكسدة

#### مختصر طريقة العمل :

#### تتم المعالجة في خنادق الاكسدة كالتالي :

تدخل المياه اولاً للمصافي ثم الى قنوات الاكسدة التي يتم فيها تهوية وتقليب المياه الملوثة ميكانيكياً ثم يتم استخدام هذه القنوات للترسيب أيضاً وذلك بوقف التهوية (ثلاث مرات يومياً) للسماح بالترسيب وبعد ذلك يتم تصريف المياه بعد الترسيب ويعاد تشغيل العملية وهذا يتم للتدفقات الصغيرة نسبياً ولكن في التشغيل العادي يجب إنشاء حوض ترسيب نهائي بعد قنوات الأكسدة ثم يتم تصريف المياه بعد الترسيب فية ثم يعاد تشغيل العملية.

#### المميزات

- 1- خنادق الاكسدة كفوءة جدا في ازالة الاحمال العضوية وازالة الامونيا وتحويلها للنيتريت والنيتريت
- 2- خنادق الاكسدة تحتفظ بالمياه لمدة يومين فقط.

#### العيوب

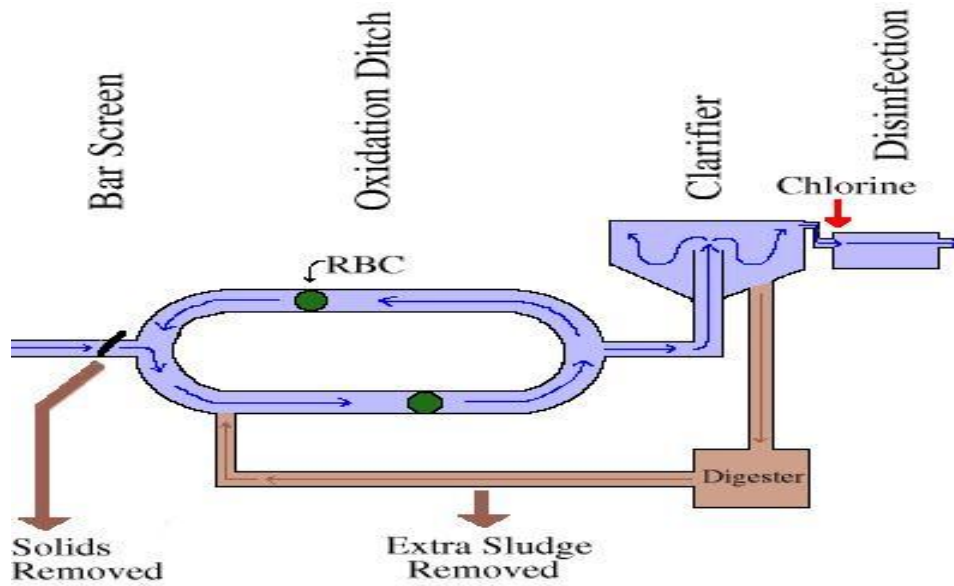
- 1- نسبة ازالة الاحمال العضوية تصل الى 15% فقط
- 2- تكلف ازالة الاحمال العضوية حوالي 350 دولار للطن ولذلك تعتبر من المعالجات الغالية.
- 3- تعتمد على الكهرباء في تشغيل القلاب rotors فينتج ثاني اكسيد الكبريت sulphur dioxide الملوث للجو.





## تفصيل اقسام وطريقة عمل محطة خنادق الاكسدة Oxidation ditches

تتدفق المياه الملوثة مباشرة الى خندق الاكسدة المتمثل في حوض دائري تقوم فيه الكائنات الحية الدقيقة بهضم المواد العضوية (الحمل العضوي BOD) ويتم فيه ضخ الاكسجين مع القيام بالتقليب باستخدام قلاب rotors فتزداد دورة العمل البكتيري RBC (RBC's) rotating biological contactors ( الحوض الدائري يعتبر اكفاً من احواض التهوية بالطرق الاخرى لانه يعمل بنظام RBC) والنتيجة تكون انخفاض في الحمل العضوي للحمأة التي ترسل للتصفية "المصفي clarifier" ومنها تضخ الى الهاضم الهوائي an aerobic digester ومنه الى التكتيف thickening بمساعدة بمضخة هوائية وبعض الحمأة ترجع الى خندق الاكسدة لتسريع تكاثر البكتيريا.





## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب Oxidation Ponds أو بحيرات الاكسدة (برك الاكسدة الطبيعية)

### مقدمة عن طريقة المعالجة بالبرك أو بحيرات الاكسدة Oxidation Ponds

#### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على القرى والمدن ذات التجمعات الصغيرة أو المنعزلة ، كحد أقصى 25 ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m<sup>3</sup>/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 2500 متر مكعب في اليوم (100 متر مكعب في الساعة) على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص ( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

وتتكون البركة الواحدة عادة من عدد من البحيرات المحفورة في الارض والممتدة طولاً و بعرض صغير وعمق صغير ومساحة كبيرة قد تصل الى عدد كبير من الهكتارات لبعض المدن الكبيرة في بعض البلدان والمثال على ذلك انشاء بركة واحدة من 8 بحيرات بحيث استوعبت البركة الواحدة من مياه الصرف الصحي والصناعي حوالي 95000 متر مكعب يومياً (m<sup>3</sup>/d) على مساحة 95 هكتار وهي تمكن من معالجة تدفق مائي ( 95000 d/3m ) .

حيث ان معيار الارض اللازم للبرك هو ان (هكتار من برك أو بحيرات الاكسدة يستوعب مياه صرف صحي وصناعي 1000 متر مكعب يومياً (m<sup>3</sup>/d)).  
وبهذا اصبح هناك امكانية لاستخدامها للتدفقات الكبيرة وذلك عند توفر مساحات كافية من الأرض بسعر مناسب،

كما يمكن ان تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل وكذلك ضمن محطات معالجة اخرى ك معالجة ابتدائية او ثانوية او لمعالجة الحمأة الزائدة من بعض المحطات التي تعمل بطرق اخرى .

#### مختصر طريقة العمل :

تعتبر برك أو بحيرات الأكسدة فعالة في المعالجة لأن اسلوب عمل البحيرات يتم بطريقة طبيعية : شمس توفر حرارة ورياح توفر اكسجين ذائب و بكتيريا و فطريات مجهرية تؤكسد المواد العضوية وطحالب تنتج اكسجين ذائب وتستهلك ثاني اكسيد الكربون وتستنفذ مغذيات البكتيريا وهي دورة لا تنتهي تتضارب فيها الظروف البيئية والنتائج يكون ترسب وتكتل للمواد العضوية وتحولها لمواد صلبة غير عضوية والقضاء على الكثير من البكتيريا الضارة والفيروسات وبيوض الديدان الممرضة.

#### المميزات

1- الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة تتم بأقل التكاليف لانه يتم استعمالها في المناطق التي توجد فيها مساحات شاسعة من الأراضي بسعر رخيص.

2- تعتبر عملية خصوصاً عند عدم توفر الإعتمادات اللازمة لطرق المعالجة التقليدية المكلفة

3- إمكانية استخدام هذه الطريقة ضمن محطات اخرى ك معالجة ابتدائية و معالجة ثانوية وايضا ك معالجة للحمأة الزائدة من المحطات التي تعمل بطرق اخرى.







4- الإنشاء والتشغيل والصيانة في هذه الطريقة تتم بأقل التكاليف .

5- فعالية بحيرات الأكسدة في المعالجة .

6- استيعاب التغيرات الفجائية في الأحمال الهيدروليكية والعضوية .

7- تناسب معالجة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية ، حيث يمكن إزالة الشوائب السامة ، ويرجع ذلك لزمن المكوث الطويل وإرتفاع PH المياه ، وقد أثبتت التجارب أن وجود المعادن الثقيلة ( الكروم والكاديوم والنحاس والزنك والنيكل ) بتركيز 6 mg/L لكل منها مثلاً لا يؤثر على تشغيل البحيرات .

8- يقل تركيز المواد الذائبة الكلية نتيجة المعالجة في برك الإنضاج .

### العيوب

1 - انتشار الروائح و الحشرات مثل الذباب والناموس : ويتم التغلب على هذه الظاهرة بال العناية والمتابعة في أعمال التشغيل حتى لا تتوفر البيئة المناسبة لتوالد هذه الحشرات .

2 - المحتوى العالي للمواد الصلبة العالقة حيث في برك الأكسدة يصعب تحديد تراكيز المواد الصلبة العالقة المطلوبة بسبب وجود الخلايا الطحلبية .

3- الإحتياج لمساحات واسعة لذلك يتم إنشاؤها في المناطق ذات الأراضي الرخيصة .

4 - فقدان كمية كبيرة من المياه بسبب البخر .

5 - تلوث المياه الجوفية بسبب الرشح وهذا يتعلق بعامل النفوذية حيث أظهرت الدراسات ان هناك تسرب لبعض الملوثات البكتولوجية بالإضافة الى بعض المواد العضوية الذائبة كما وجد بعض تراكيز النيتريت والنيترايت بالمياه الجوفية .

6- نمو بعض النباتات المائية ذات الأوراق العريضة مما يمنع أشعة الشمس من الوصول لمياه البحيرة مما يقلل من كفاءتها.

7- زيادة تركيز المواد العالقة في المياه المعالجة الخارجة.

### تفاصيل طريقة العمل والمعالجة بالبرك أو بحيرات الأكسدة Oxidation Ponds

تعتبر برك أو بحيرات الأكسدة من أبسط الطرق على الإطلاق وأقلها تكلفة لمعالجة مياه الصرف الصحي والصناعي ويجري إستخدامها بمعظم دول العالم وهي تمثل 40 % من محطات المعالجة في العالم ، حيث ان السبب الرئيسي لاستخدام هذه الطريقة هو توفر مساحات شاسعة من الأراضي بسعر رخيص بالإضافة الى عدم توفر الإعتمادات اللازمة لطرق المعالجة الأخرى المكلفة وعدم توفر الخبرة والعمالة المدربة لتشغيل الطرق الأخرى .





شكل برك أو بحيرات الأكسدة وأسلوب عملها : يتم انشاء عدد من البحيرات بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية ، حيث يمكن لطبوغرافية الأرض ان تساعد على تصميم بحيرات طويلة بعرض صغير وعمق صغير ومساحة كبيرة فهذا يعطي كفاءة أفضل ويجب أن تصمم شكل البحيرات بحيث تتم المحافظة على مرونة التشغيل وذلك بإمكانية وقف تشغيل أي بحيرة (وحدة) دون التأثير على باقي الوحدات وذلك لعمل الصيانة وفتح الانسدادات.

اسلوب عمل البحيرات يتم بطريقة طبيعية تعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا بالاستعانة بأشعة الشمس وبعض العناصر الموجودة أصلاً في المياه الملوثة وبذلك تعتبر برك أو بحيرات الأكسدة فعالة في المعالجة بالإضافة الى القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيض الديدان الممرضة حيث تتم المعالجة طبيعياً بالبحيرات كالتالي:

تدخل المياه الملوثة للبحيرات وتبقى فترة طويلة .... ولذلك يكون زمن المكوث الطويل للمياه الملوثة سبب الترسيب المستمر للمواد العالقة فيها بالإضافة الى تضارب الظروف البيئية لأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة وتأثير بعض هذه الأنواع على الأخرى فتزداد فرص القضاء على البكتريا الضارة والفيروسات وبيض الديدان الممرضة . تقوم الشمس بدورها فتتفرج درجات الحرارة فتزداد الطحالب . تقوم الرياح بدورها فتتمد البحيرات بالأكسجين الذائب (بالإضافة الى ان الطحالب ايضاً تمد البحيرات بالأكسجين) .

نتيجة توفر الأكسجين الذائب فتزداد اعداد البكتيريا و الفطريات المجهرية فتقوم بالأكسدة ، حيث ان الأكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الأكسدة تقوم بها للمواد العضوية ومنها الكربون العضوي **Organic carbon** الذي يطرح على شكل مؤكسد على صورة ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide** وعلى شكل نيتروجين عضوي في صورة امحاض امينية **Amino Acids** ويوريا **Urea** وبناء على ذلك تقوم البكتيريا بعملية "معدنة النيتروجين العضوي" **Organic nitrogen mineralization** وذلك بتحويل الأحماض الأمينية **R-NH2** إلى الأمونيا **Ammonia** "غاز النشادر" **NH3** وتسمى أيضاً عملية النشدر **Ammonification** على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم **NH4+ Ammonium** ثم تحصل عملية النترجة **Nitrification** (في حال استمرار توفر الأكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيترايت بواسطة بكتيريا هوائية **Nitrosomonas** و **Nitrobacter** حيث ان افضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النترجة تتراوح ما بين **30o C** الى **35** خلال فترة **10** ايام بالإضافة الى عمليات البكتيريا الهوائية توجد انواع واجناس عديدة من الطحالب تتضمن انواعاً معينة تتحمل العيش في مياه ملوثة بالمواد العضوية وانواع اخرى لا تتحمل مثل الكلاميدوموناس واليوجلينا واوسيلاتوريا (تعيش في المياه العذبة النظيفة) تتحمل الطحالب الخضراء المزرقه العيش في الأوساط الغنية بالمواد العضوية مثل : طحلب اولوثريكس زوناتا - طحلب اوسيلاتوريا ليموسا - طحلب اوسيلاتوريا تيموس - طحلب الاوسيلاتوريا برنيسبيس

ان تحديد أعداد وأنواع الطحالب الأكثر سيادة أو كثافة في البرك يمكن استخدامه كمرجع يعتمد عليه في قياس التقدم المنجز في أكسدة المواد العضوية الصناعية ، فيمكن استخدام الطحالب في معالجة الفضلات الصناعية وذلك بواسطة اختيار وتبنى فصائل معينة من الطحالب أو الخمائر أو البكتريا التي تخلق تغيرات بيولوجية في الفضلات الصناعية. واستخدام الطحالب مفيد وذلك لإطلاقها الأكسجين داخل الفضلات حيث يعتبر واحداً من العناصر المطلوبة. في عملية معالجة فضلات النفط الناتجة من المصافي. توجد الطحالب في المياه الملوثة بالاملاح وهي طحلب سندسموس بيجوجاتوس في المياه المالحة اما طحلب كلوستيريوم اسيروسوم في المياه الملوثة بالكروم بينما طحلب كلوريل فاريجانا في المياه الملوثة بالحديد وطحلب نافيكولا مينيميا في المياه الملوثة بكبريتات الهيدروجين اما طحلب دياتوما فيوجد في النفط واخيراً طحلب كلوروجونيوم ايوكلورم في فضلات تقطير المنتجات النفطية.



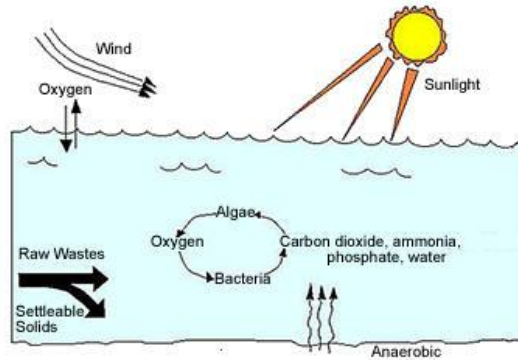
تقوم الطحالب باستهلاك ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide** وهذا يسبب ارتفاع الرقم الهيدروجيني PH في مياه البحيرات وهذا له اثر ايجابي.

تقوم الطحالب بإفراز مواد سامة تقاوم الكائنات الحية الضارة وتعمل على استنفاد المواد المغذية للبكتريا .

طريقة المعالجة الطبيعية هذه تزيد من استيعاب التغيرات الفجائية في الأحماض الهيدروكسيلية والعضوية .

استيعاب ومعالجة وإزالة أنواع كثيرة من المخلفات الصناعية و الشوائب السامة ، ويرجع ذلك لزم من المكوث الطويل وإرتفاع PH المياه ، "حيث أن وجود المعادن الثقيلة ( الكروم والكاديوم والنحاس والزنك والنيكل ) بتركيز 6 mg/L لكل منها مثلاً لا يؤثر على العمل الطبيعي للمعالجة بالبرك او بحيرات الاكسدة".

يقل تركيز المواد الذائبة الكلية بالبحيرات عادة .



#### أنواع برك أو بحيرات الاكسدة:

- 1- برك أو بحيرات الاكسدة المدعمة بحوض عميق في منطقة مدخل المياه الملوثة (تعمل كمصافي وحاجزة للرمال) بحيث يتم تنظيف منطقة المدخل دورياً.
  - 2- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض منفصلة تعتبر مدخل المياه الملوثة ( وهذه الاحواض ايضاً تعمل كمصافي وحاجزة للرمال) بحيث يتم تنظيفها دورياً.
  - 3- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض تحليل للمنازل والمصانع وفيها يتم وصل المنازل المتقابلة أو المصانع ضمن الحي أو ضمن المنطقة الصناعية بأحواض تحليل بعمق 2 متر و تخرج المياه منها بعد ترسيب المواد الصلبة ضمن الحوض عبر انبوب(بلاستيكي مرن) بقطر صغير يبدأ بـ ( 10 سم ) و بعمق بسيط تحت الارض حوالي 80-100 سم و ينتهي الى حوض تجميع رئيسي حيث يتم نقل هذه المياه الى برك الأكسدة بالانسياب (الثقالة) او بالضخ حسب الحاجة. و كل عام يتم تنظيف الأوحال المثبتة من أحواض التحليل و تنقل الى أحوض التجفيف التابعة للمحطة. و حتى يتم تفادي التكلفة يتم إلزام كل حي أو قرية أو مصنع بإدارة المحطة عبر دفع اشتراك شهري و تجمع هذه الأموال لتغطية تكلفة و نفقات المحطة على المدى الطويل.
  - 4- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض ترسيب ابتدائية
  - 5- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض أمهوف
- حيث ان العالم الألماني إمهوف Imhoff أول من طور حوض التخثير المقترح لمعالجة الحمأة بإنشائه حوضه المعروف باسمه، والمكون من حوضين؛ العلوي منه يقوم بدور الترقيد، أما السفلي فيقوم بدور غرفة تخمير للحمأة المتجمعة.
- 6- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض اكسدة لاهوائية وهي تعمل كمعالجة تمهيدية
  - 7- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض اكسدة هوائية
  - 8- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض اكسدة بالهواء المضغوط
  - 9- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض الانضاج
  - 10- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة بأحواض حجز الزيوت والشحوم
  - 11- برك أو بحيرات الاكسدة المسبوقة ببرك أو بحيرات مهواة فالبحيرات المهواة تستخدم كمرحلة أولى قبل بحيرات الأكسدة في حال عدم توفر مساحة كافية من الأرض .





وعموماً تكون برك أو بحيرات الاكسدة مسبقة بنوع او نوعين أو ثلاثة حسب نوع المعالجة المطلوبة كما يمكن ربط أكثر من طريقة من هذه الطرق في عملية معالجة واحدة حسب درجة المعالجة المطلوبة والتي ترتبط باستعمال المياه الجوفية .



التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والاساليب المتطورة  
Pollution control across bio/plasma reactors



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Organization for International Schools & Universities



المنظمة الثقافية الليبية للمدارس والجامعات الدولية  
Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
Electronic University of Postgraduate Studies



الرقم الليبي الموحد  
للكتاب الإلكتروني  
Libyan Standard  
E Book Number  
(LSBN)



الموسوعة الإلكترونية  
الليبية  
Electronic Libyan  
Encyclopaedia



المجلة الإلكترونية  
العلمية الليبية  
Electronic Libyan  
Science Journal



المدارس الإلكترونية  
الدولية  
Electronic  
International School



## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب البرك أو البحيرات المهواة (برك التثبيت المهواة) Aerobic Ponds

هي نفسها برك أو بحيرات الأكسدة ولكن عمقها أكبر حيث يبلغ عمق برك التثبيت المهواة بمعدل ضعف أو ثلاثة أو أربعة أضعاف عمق بحيرات الأكسدة الطبيعية كما أن مدة بقاء المياه في البرك المهواة يقل بمقدار النصف أو الثلث عن مدة بقاء المياه في بحيرات الأكسدة الطبيعية مما يعطيها درجة عالية من الكفاءة وتشجع على إعادة استعمال المياه المعالجة والأهم من ذلك تجعل التخلص من الحمأة أمراً بسيطاً وسهلاً لا يمكن مقارنته بطرق المعالجة الأخرى والتي تمثل الحمأة فيها مشكلة رئيسية .

### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على القرى والمدن ذات التجمعات المتوسطة ، كحد أقصى مائة ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 10000 متر مكعب في اليوم (400 متر مكعب في الساعة) على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص ( أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

ان هكتار من برك أو بحيرات الأكسدة يستوعب مياه صرف صحي وصناعي 1000 متر مكعب يومياً (m3/d) بينما هكتار من البحيرات المهواة تستوعب مياه صرف صحي وصناعي 10000 متر مكعب يومياً (m3/d).

ولذلك فالبحيرات المهواة تستخدم منفصلة أو تستخدم كمرحلة أولى قبل بحيرات الأكسدة في حال عدم توفر مساحة كافية من الأرض .

### مختصر طريقة العمل :

يتم انشاء البركة من عدد من البحيرات بطرق هندسية بسيطة لا تتعدى في بعض الأحيان أعمال الحفر والتمهيد والتسوية ، حيث يمكن لطبوغرافية الأرض ان تساعد على تصميم بحيرات طويلة بعرض صغير وعمق كبير ومساحة صغيرة.

والمزايا التالية تجعل لهذه الطريقة أهمية خاصة في الدول الفقيرة أو المتوسطة الدخل :

1 - إن استخدام التهوية في البحيرات يتميز عن برك الأكسدة الطبيعية بصغر مساحات الأرض التي تحتاجها والتخلص من مشاكل الحشرات الضارة والرائحة .

2 - إن تهوية البرك عموماً يمكن استخدامه كطريقة متكاملة لمعالجة المخلفات السائلة التي تحتوي على تراكيز عالية من المواد العضوية أو تستخدم كمرحلة أولى قبل بحيرات الأكسدة في حال عدم توفر مساحة كافية من الأرض .

3 - في حال وجود مواد عالقة بتركيز كبير نوعاً ما بسبب عملية التهوية والمزج ، فهذا لا يؤثر في استخدام هذه المياه في الري ، أما إذا تطلب الأمر خفض تركيز المواد العالقة فيمكن استخدام بحيرات بععمق صغير تستقبل المياه من البحيرات المهواة يحدث فيها ترسيب للمواد الرسوبية العالقة ويمكن استخدام هذه البرك في تربية الأسماك حيث تكون هذه المياه مناسبة لهذا الغرض .





4 - ملانمة هذه الطريقة لجميع مجالات إعادة استعمال المياه والتي توفرها طرق التشغيل المرنة الممكنة فمثلاً: أ- يمكن زيادة قوة التهوية. ب- يمكن تعديل نسبة الحمأة المعادة. ج- يمكن إضافة أحواض ترسيب إذا كانت البحيرات أصلاً تعمل بدون وجودها وهذا كله يزيد من سعة البحيرات في إستيعاب الأحمال الهيدروليكية والعضوية المتغيرة والمتزايدة .

5 - إن تشغيل هذه البحيرات المهواة له ميزات كثيرة فمثلاً : في حالة تشغيلها كبحيرات اختيارية تكون أرخص في التكاليف وأسهل في التشغيل ولكنها تحتاج إلى مساحة أرض كبيرة وفي الدول النامية تتواجد الأراضي عموماً بمساحات كبيرة . يبلغ عمق برك التثبيت المهواة بمعدل ضعف أو ثلاثة أو أربعة أضعاف عمق بحيرات الأكسدة الطبيعية كما أن مدة بقاء المياه في البرك المهواة يقل بمقدار النصف أو الثلث عن مدة بقاء المياه في بحيرات الأكسدة الطبيعية وعلى سبيل المثال فإن البحيرات المهواة تحتاج لمساحة تصل إلى 10% من مساحة البحيرات الطبيعية . وهذا شيء هام بالنسبة للمدن المتوسطة والكبيرة .

#### Recommended aerobic pond size

AEROBIC	Cow numbers	Required surface area (m <sup>2</sup> )	Depth (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Top bank size (m)	Pond floor size (m)
		100	370	1.7	340	20 x 23
	150	560	1.7	540	20 x 33	13 x 26
	200	740	1.7	720	24 x 35	17 x 28
	250	*920	1.7			
	300	*1100	1.7			
	350	*1280	1.7			
	400	*1570	1.7			
	450	*1660	1.7			
	500	*1830	1.7			
	550	*2020	1.7			
	600	*2200	1.7			
	650	*2390	1.7			
	700	*2570	1.7			
	750	*2750	1.7			

Build an appropriate combination of two or more ponds to make up the required surface area

\* Divide this dimension into two smaller aerobic (facultative ponds)

Batter slope on interior bank = 2:1

Freeboard of 0.5 m is included in the depth

Based on 0.09kg BOD/cow/day

**Note:** Pond measurements can be altered to suit terrain where necessary, but the volumes (anaerobic) and surface area (aerobic) must remain within the guidelines.







## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب المرشحات البيولوجية (الفلاتر البيولوجية) Trickling Filters Or Biological Filter

إحدى طرق النمو بالغشاء الثابت

### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على القرى والمدن والمصانع ، كحد أقصى مائة ألف نسمة وبسر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 10000 متر مكعب في اليوم (400 متر مكعب في الساعة) على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص (أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

ولكنها حالياً من أقدم طرق المعالجة البيولوجية فهي تعتمد على ذراع رشاش يوزع المياه الملوثة فوق المرشح البيولوجي (أي ان الرشاش يوزع المياه الملوثة على الكتلة الحيوية)، وهذه الطريقة يزداد استعمالها لدى المصانع المتوسطة والكبيرة لمعالجة المياه الصناعية .

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .

### طريقة العمل :

لقد زاد استخدام المرشحات البيولوجية في معالجة مياه الصرف الصناعي لتخفيض استهلاك الطاقة والاعتماد على الوسط الترشيحي من الكائنات الدقيقة الهوائية.

تتم المعالجة في المرشحات البيولوجية كالتالي :

المرشح البيولوجي يسمى **Biological Filter** أو **Trickling Filters** وهو عبارة عن حوض من المواد الحصوية أو البلاستيكية الخشنة توزع فوقه المياه الملوثة بواسطة ذراع رشاش دوار حيث تتسرب المياه الملوثة عبر فراغات الوسط المرشح والملامس لهذا الوسط والذي تنمو عليه الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بتفكيك المواد العضوية وأكسدها بمساعدة الهواء الجوي وتخرج المياه المرشحة من أسفل المرشح إلى حوض ترسيب ثانوي لفصل وإزالة الحمأة عن المياه . والمرشحات البيولوجية نوعان ذات معدل ترشيح عالي "مرشح زلطي مكثف" أو معدل ترشيح منخفض "مرشح زلطي غير مكثف" ، والحمأة الناتجة تحتاج للتجفيف فقط .

### المميزات

1- المرشحات البيولوجية بنوعها العالي والمنخفض تعمل على خفض تركيز الملوثات بنسبة 60 - 85% من الحمل العضوي (BOD) .

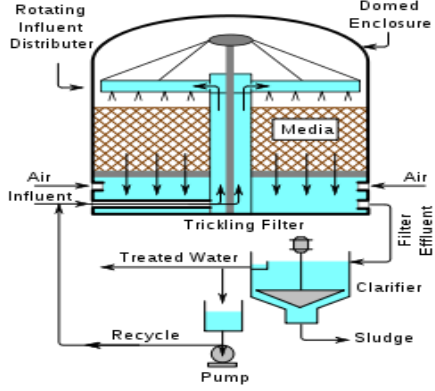
2- المرشحات الزلطية عالية التحميل تستخدم في معالجة مياه الصرف عالية التركيز بنسبة 50 - 60% .





## العيوب

من أهم مساوئ هذه الطريقة انتشار الذباب والبعوض في الموقع وعدم ثبات مردود المعالجة .





## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب الأقراص البيولوجية الدوارة

### Rotating biological contactors RBC Rotating biological/immersion disks/contactors

إحدى طرق النمو بالغشاء الثابت

المعالجة البيولوجية الهوائية باستخدام الأوساط الخاملة المغمورة (Biofilm) و الأقراص البيولوجية وهي مثل المرشحات البيولوجية والفرق فقط هو ان في هذه الطريقة تقوم الكتلة البيولوجية (الأقراص) بلامسة الماء الملوث

وتعتبر هذه الطريقة إحدى طرق النمو بالغشاء الثابت كما هو الحال في المرشحات البيولوجية. وفيه تقوم الكتلة الحيوية أو البيولوجية التي تنمو على الأقراص الدوارة بلامسة المياه الملوثة أثناء دوران الأقراص .

#### التطبيق العملي:

تطبق عملياً كمحطة معالجة صغيرة على القرى والمصانع الصغيرة والمتوسطة ، كحد أقصى مائة ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد. وبسعة تصميمية (m<sup>3</sup>/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 10000 متر مكعب في اليوم (400 متر مكعب في الساعة) على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص (أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .

#### مختصر طريقة العمل :

يتم إنشاء عدد من الاحواض بطرق هندسية ، يوضع بداخلها وحدة المعالجة تتألف من مجموع أقراص ( بلاستيكية غالباً ) تدور حول محور مرتبط بها وغاطسة إلى حوالي نصف قطرها في المياه الملوثة ، وبعد خروجها يدخل الهواء بينها ملامساً الغشاء البيولوجي ( طبقة بيولوجية تنمو على سطح الأقراص ) والذي تجري المعالجة بواسطته . تستعمل هذه الطريقة في محطات المعالجة الصغيرة وعادة يبني عدد من صفوف أقراص التماس بشكل متتابع خلف بعضها في حوض التهوية ، وتمتاز هذه الطريقة باستهلاكها القليل للطاقة وبقلة الحماة الناتجة عنها ويبلغ معدل التنقية 85% .

#### المميزات

وهذه الطريقة زاد استخدامها لأنها ذات تشغيل اقتصادي جيد ، وهي تحقق نفس كفاءة المعالجة في طريقة الحماة المنشطة ، ولكنها أفضل فحاجتها الى الطاقة والى الاشراف اقل .

#### تفصيل طريقة العمل :

تتكون وحدة المعالجة من عمود دوار يحمل اقراص بلاستيك ضخمة مغمورة الى ما بين ثلث الى نصف قطرها في حوض المياه الملوثة ، الاقراص ذات القطر ما بين 1 الى 3 متر تركيب بفواصل 25 ملليمتر وعدادها على العمود الواحد يمكن ان يتغير من 20 الى 200 وهي تدور بمعدل 2 الى 5 دورة في الدقيقة . تكاليف الطاقة تتراوح ما بين 6.0 الى 2.1 كيلوات ساعة لكل كيلو جرام اكسجين حيوى مستهلك مزال . تتدفق المياه خلال الحوض عند سرعات مختلفة حسب درجة المعالجة المطلوبة عادة يكون زمن المكوث في الحوض ما بين 1 - 5.1 ساعة.







تنمو على الاقراص طبقة بيولوجية بسمك ما بين 1 الى 4 ملليمتر ، الطبقة تكون دائما مغمورة في الماء ومسحوبه خارج الماء ، حيث تؤكسد الملوثات وتزيلها بالاكسجين التي تحصل عليه من الهواء الجوي . الكتلة البيولوجية الزائدة ( Excess Biomass ) تسقط وتحمل مع المياه المعالجة الى حوض الترسيب الثاني .

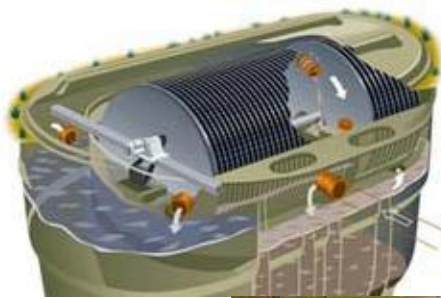
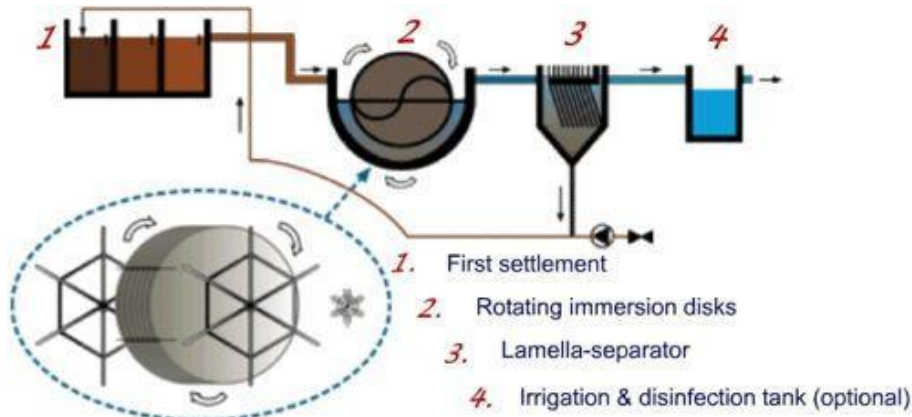
المياه الملوثة في الحوض يتم تهويتها بتدوير الاقراص وكذلك حركة الدوران المشتركة تساعد على بقاء الحماة النشطة عالقة ( وكذلك كل المواد الاخرى ) . ما بين 60 - 70% من الكائنات الدقيقة تكون عالقة بالاقراص كطبقة بيولوجية . الباقي يكون عالق في الحوض مع المياه الملوثة.

الاقراص البيولوجية الدوارة تنشأ عادة من 2 - 3 قرص بالتتالي ، بما يمكن الطبقة البيولوجية في كل مرشح ان يحدث لها التنشيط .

العامل الهام في كفاءة الاكسدة هو المساحة السطحية للأقراص والتي تكون عادة من 100 الى 200 متر مربع / المتر المكعب . المرشح المتوسط يصنع عادة من البولي ايثيلين عالي الكثافة ، والمساحة السطحية 122 متر مربع / المتر المكعب.

الاقراص البيولوجية الدوارة لها الخواص التالية:

قطر القرص 6.3 متر ، طول المرشح 6.7 ، اجمالي سطح القرص 9290 متر مربع لعدد 100 قرص . هذه التجهيزات يمكن ان تحقق كفاءة المعالجة بنسبة 90% للأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) والمواد الصلبة العالقة.





## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب المعالجة بالنباتات Constructed Wetlands

(الأراضي الرطبة ذات القصب وغيره أو الأراضي الرطبة المصطنعة أو بحيرات الأكسدة الطبيعية - الأرض الرطبة (Wet Land))

تشكل النباتات عبر جذورها و سوقها وأوراقها مكانا ملائما لنمو الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحطيم المواد العضوية بسرعة وهذه الكائنات الدقيقة يطلق عليها اسم بيريفايوتون (Periphyton) وهي أكثر من 4500 نوع من البكتيريا بالمقارنة مع 250-300 نوع من البكتيريا الموجودة في غيرها من طرق المعالجة الغير نباتية.

محطة المعالجة بالنباتات تبدأ عملها بعد المعالجة الأولية (( المعالجة الأولية تتمثل في استخدام أحواض التحليل أو أحواض أمهوف أو أحواض ترسيب أولية "مصافي أو حوض إزالة الرمال والدهون" وذلك قبل محطة المعالجة بالنباتات)).

محطة المعالجة بالنباتات تعمل بنفس مبدأ التحلل البيولوجي للملوثات المعروف (ثانوي "النترجة" وثالثي "إزالة النترجة") ولكن بشكل مركز وأسرع لوفرة الكائنات الدقيقة وتنوعها ، وبذلك تتحلل المواد العضوية بسرعة ويكون الناتج من الحمأة المتكتلة أقل من الطرق الأخرى.

إن الكائنات الدقيقة المتنوعة (Periphyton) ومجموعة العمليات الفيزيائية و البيولوجية و الكيميائية الطبيعية تقود إلى التخلص من 90 % تقريبا "من الملوثات بينما تقوم النباتات نفسها بإزالة بين 7 إلى 10 % من الملوثات.

كما إن النباتات المائية تكون قادرة على استنفاد المعادن الثقيلة بمعدلات مختلفة ، وتعتبر النباتات بعد موتها المصدر الكربوني للميكروبات .

تستعمل محطات المعالجة بالنباتات نباتات طافية ونباتات مغمورة ونباتات ذات جذور مغمورة وسوق ظاهرة

القصب *Phragmites Australis*

نبات *Cattail (Typha latifolia)*

نبات *Scirpus spp or Bulrush*

وفي العموم تسمى المحطة حسب نوع النبات الذي بها (علما بأنه قد يكون هناك مزيج من النباتات بها) :

-محطة المعالجة ذات النباتات الطافية ( Floating plants )

-محطة المعالجة ذات النباتات المغمورة ( Submerged plants )

-محطة المعالجة بالنباتات ذات الجذور المغمورة والسوق الظاهرة (Rooted emergent plants)

محطات المعالجة بالنباتات لا تتطلب تهوية ميكانيكية (لايوجد استهلاك كبير للطاقة ولا حاجة لخبراء في التشغيل و الصيانة)

كما تسمى محطات المعالجة بالنباتات بالأراضي الرطبة المصطنعة والغرض منها تحسين مواصفات المياه المعالجة النهائية قبل تصريفها بالبحر أو إعادة استخدامها كأحواض للأسماك أو لري الأشجار .

### التطبيق العملي:

تطبق عملياً كمحطة معالجة صغيرة للقرى والمدن الصغيرة والمتوسطة ، كحد أقصى 50000 ألف نسمة وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.

وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 5000 متر مكعب في اليوم (200 متر مكعب في الساعة) على أساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1.1 متر مكعب باليوم لكل شخص ( أي

معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص). وهي تحتاج إلى مساحة كبيرة نوعاً ما ولكن وفي بعض الأحيان تستعمل لمدن كبيرة بتدفق مياه الصرف الصحي 100000 متر مكعب في اليوم لمليون نسمة وهذه تحتاج إلى مساحة كبيرة جداً من الأراضي "مئات الهكتارات".

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .







### مختصر طريقة العمل :

تمر المياه الخارجة من المعالجة الأولية إلى الاحواض التالية "بالترتيب" المزروع فيها النباتات و المملوءة بوسط حصوي أو رملي أو مزيج منهما (وسط فلترى) :

1- احواض ذات جريان تحت سطحي عمودي "شاقولي أى بالضخ" SVF **Subsurface vertical flow** فتندفق فيها المياه عن طريق الضخ. (تتم فيها عملية التحلل البيولوجي الثانوي) "النترجة أو المعالجة الثانوية".

2- احواض ذات جريان تحت سطحي افقي SHF **Subsurface horizontal flow** وفيها يكون جريان المياه الملوثة أفقياً بمعنى تتدفق فيها المياه انسيابياً. (تتم فيها عملية التحلل البيولوجي الثالثي) "ازالة النترجة أو المعالجة الثالثة".

ملاحظة يمكن استعمال الاحواض الاولى فقط كمحطة كما يمكن استعمال الاولى والثانية كمحطة للوصول الى معالجة جيدة بحيث تكون الاحواض العمودية اعلى من الافقية لكي تنساب المياه .

3- احواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر Free Water Surface FWS (تتم فيها تكملة **Polishing** عملية التحلل البيولوجي الثالثي الحاصلة في الاحواض الافقية) "ازالة النترجة أو المعالجة الثالثة "

أو يمكن التخلي عنها ، وهذه الاحواض تشبه المستنقعات ويتراوح عمق المياه من نصف متر الى واحد متر. وتتراوح مساحة هذه الاحواض من مساحة نصف هكتار الى مئات الهكتارات ، فهي قد تصمم لاستقبال تدفقات من 5000 الى 100000 متر مكعب يومياً.

### المميزات

- 1- تكاليف البناء و التشغيل و الصيانة منخفضة.
- 2- سهولة الإنشاء و التشغيل و الصيانة.
- 3- تعتمد على المعالجة البيولوجية الطبيعية و عدم الحاجة للطاقة للتشغيل و الصيانة إلا قليلاً.
- 4- ليس هناك حاجة لاستخدام المواد الكيميائية أو التجهيزات الميكانيكية الاحتياطية
- 5- لا تحتاج لكادر تشغيل خبير كما هو الحال بمحطات المعالجة الأخرى.
- 6- الإزالة الفعالة للملوثات و العوامل الممرضة و بيوض الديدان ( بيوض الديدان لم تزال بطرق المعالجة الميكانيكية كالحماة المنشطة و التهوية المطولة.
- 7- القدرة والكفاءة العالية على تحمل تذبذبات التدفقات .
- 8- الحماة الناتجة هي الحماة الأولية فقط.
- 9- إعادة استخدام المياه المعالجة في ري المحاصيل كما يعاد استخدام النباتات في موسم الحصاد بعد قطعها كعلف لتغذية الحيوانات.

### العيوب

- 1- المساحة المطلوبة للمحطة كبيرة الى حد ما.
- 2- تتطلب مواد ملء (حصى ، رمل ، حجارة) بكميات كبيرة نسبياً.
- 3- عدم معالجة الحماة الناتجة بشكل مناسب يؤدي الى انسداد الفلتر "الوسط الحصوي أو الرملي" فتنتشر الروائح.
- 4- استبدال الوسط الفلترى يكون مكلفا بسبب سوء التشغيل أو التصميم للمحطة.







## تفصيل عمل محطات المعالجة بالنباتات

تمر المياه الخارجة من المعالجة الأولية إلى الأحواض التالية "بالترتيب" المزروع فيها النباتات و المملوءة بوسط حصوي أو رملي أو مزيج منهما (وسط فلتري) :

1- أحواض ذات جريان تحت سطحي عمودي "شاقولي أي بالضخ" **Subsurface vertical SVF flow** فتندفق فيها المياه عن طريق الضخ. (تتم فيها عملية التحلل البيولوجي الثانوي) "النترجة أو المعالجة الثانوية".

2- أحواض ذات جريان تحت سطحي افقي **Subsurface horizontal flow SHF** وفيها يكون جريان المياه الملوثة أفقياً بمعنى تتدفق فيها المياه انسيابياً. (تتم فيها عملية التحلل البيولوجي الثالثي) "إزالة النترجة أو المعالجة الثالثية".

ملاحظة يمكن استعمال الأحواض الأولى فقط كمحطة كما يمكن استعمال الأولى والثانية كمحطة للوصول إلى معالجة جيدة بحيث تكون الأحواض العمودية أعلى من الأفقية لكي تنساب المياه .

3- أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان السطحي الحر **Free Water Surface FWS** (تتم فيها تكملة **Polishing** عملية التحلل البيولوجي الثالثي الحاصلة في الأحواض الأفقية) "إزالة النترجة أو المعالجة الثالثية" أو يمكن التخلي عنها ، وهذه الأحواض تشبه المستنقعات ويتراوح عمق المياه من نصف متر إلى واحد مترو. تتراوح مساحة هذه الأحواض من مساحة نصف هكتار إلى مئات الهكتارات ، فهي قد تصمم لاستقبال تدفقات من 5000 إلى 100000 متر مكعب يومياً.

في أحواض المعالجة بالنباتات ذات الجريان الحر للمياه تصمم بحيث تسمح بمرور المياه المعالجة أولاً بشكل حر، وتوضع على أطرافها وسط فلتري من الحصى أو الرمال أو التربة لتساعد على نمو النباتات . وهي بذلك تعتبر مستنقعات كبيرة ذات عمق منخفض و تحوي على نباتات مائية متنوعة منها النباتات المغمورة كلياً

بالماء أو النباتات الصغيرة الطافية على سطح الماء و ذات الجذور المائية و منها النباتات الطافية ذات الجذور المغمورة بالتربة بحيث أن الأجزاء المغمورة من النباتات والأوراق الكبيرة الطافية على سطح الماء تنمو عليها الكتلة البيولوجية **Biofilm** و ضمن هذا النظام المتنوع تتم عمليات ترسيب الجزيئات و أكسدة الملوثات أو استنفادها كما تتم إزالة نسبة مرتفعة من المعادن الثقيلة مما يحسن نوعية المياه الخارجة منها.

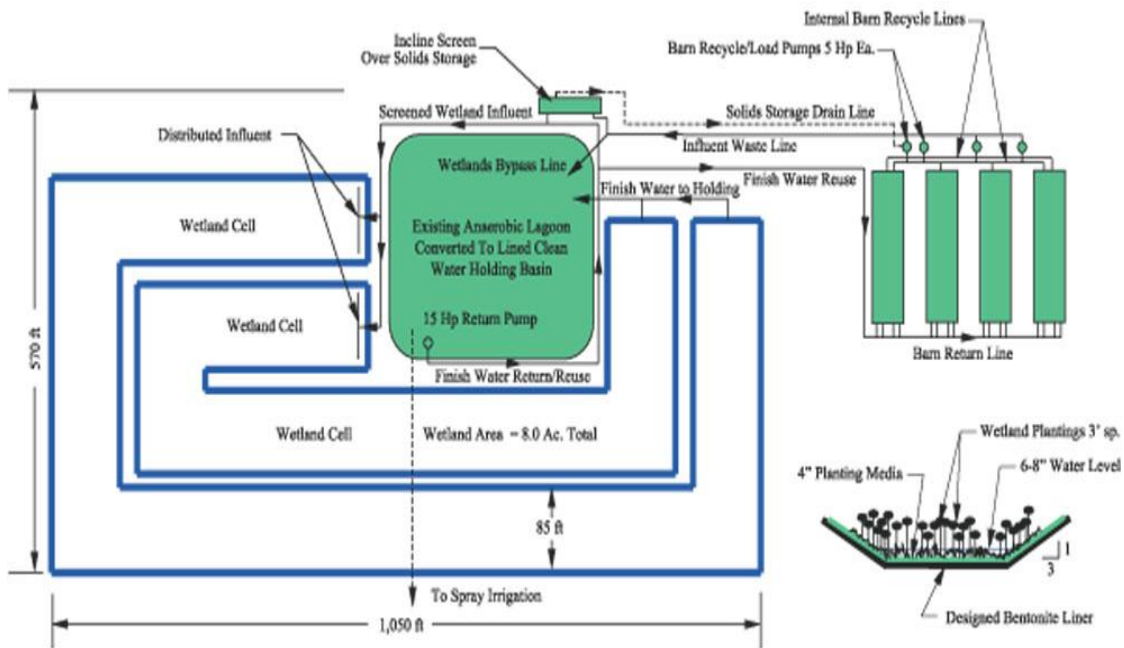
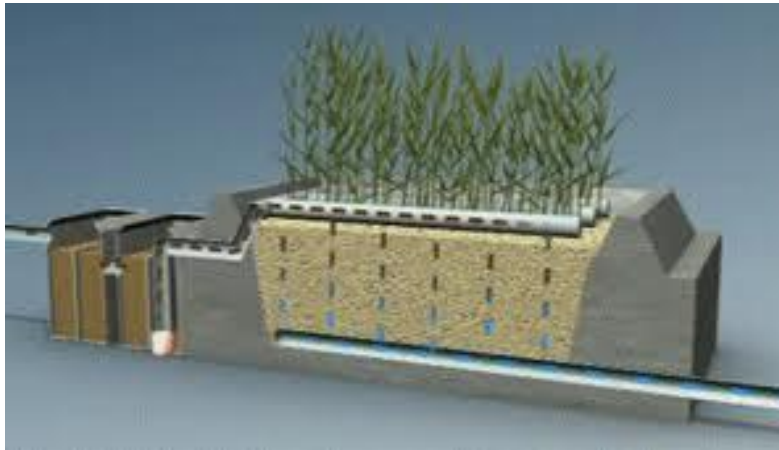
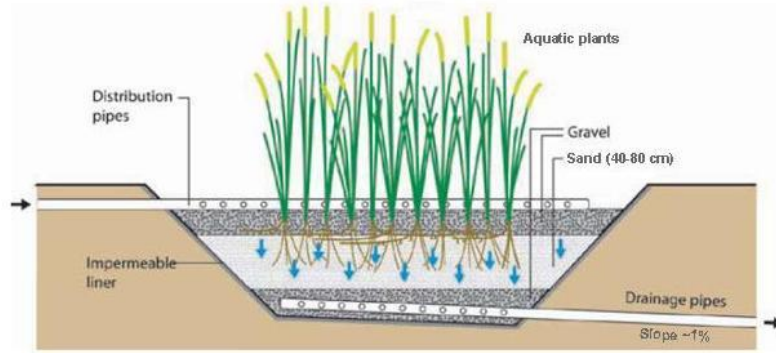
هذا النوع من الأحواض يستعمل كتكملة ومرحلة أخيرة من معالجة ثالثية وتعتبر كمرحلة إنضاج وتهدف إلى تحسين المواصفات النهائية للمياه المعالجة.

فهي مناسبة جداً "لإزالة العوامل المرضية بسبب تعرض المياه لأشعة الشمس كما أن المغذيات المتبقية في المياه الداخلة إليها تزال ضمنها إلى حد تمنع معه إمكانية حصول ظاهرة النمو الطحلي في المياه المستقبلية للمياه المعالجة . و لأجل كل هذه الأمور فإن الأحواض ذات الجريان الحر السطحي تستخدم كمرحلة أخيرة من مراحل المعالجة.





التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والأساليب المتطورة  
 Pollution control across bio/plasma reactors





## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب المعالجة المدمجة

### Compact Unit or Package-Type or packaged plants

إحدى الطرق المطورة والحديثة

#### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على المجمعات السكنية الصغيرة او التابعة للشركات وكذلك على المساكن الريفية والقرى السياحية والفنادق والمجمعات الصناعية والمستشفيات والمدارس .  
كحد أقصى عشرة آلاف شخص وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.  
وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 1000 متر مكعب في اليوم (40 متر مكعب في الساعة) على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص (أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

1 متر مكعب = 1000 لتر  $1m^3 = 1000 \text{ litres}$

1 متر مكعب = 1000 لتر = 263 جالون

0.1 متر مكعب = 100 لتر

highly efficient wastewater treatment system capable of consistently producing:

- 1 < 5-10 mg/ L BOD
- 2 < 5-10 mg/ L TSS
- 3 < 0.5-2 mg/ L NH3
- 4 < 0.1-0.5 mg/ L TP
- 5 < 200 FColi / 100ml
- 6 TN ?

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .

#### مختصر طريقة العمل :

تمر المياه الملوثة على مصفاة ميكانيكية قبل الدخول الى محطة المعالجة المدمجة ثم تدخل المياه الملوثة الى خزان التهوية (حيث ان جهاز التهوية عبارة عن مهوي غاطس ونافخ للهواء بحيث يسمح للبكتيريا من الاستفادة من الاكسجين الذائب (Aerobic Digester) ثم الى خزان الترسيب الثانوي وملحقاتها (في بعض الحالات يتم دمج خزان التهوية وخزان الترسيب الثانوي في خزان واحد (فيهما تتم عملية النترجة " معالجة ثانوية" ) ثم الى فصل الحمأة مع مضخة خاصة لسحب الحمأة كل 5-6 أشهر واستخدامها كسماد ثم الى حجرة التعقيم بالكلور وبذلك الماء الناتج ذات نوعية يمكن استعمالها في ري الحدائق وغيرها.

ويوجد بالمحطة المدمجة نظام لتدوير الحمأة بالإضافة الى لوحة تحكم كهربائية مع نظام معالجة التالنية عند الرغبة في "نزع النترجة" و تجهيزات قياس ومعايرة و سلالم للصيانة مع درابزين حماية. توازن عملية المعالجة مردود المحطة يصل الى 98%.







### المميزات

- 1- المياه الناتجة مطابقة للمواصفات القياسية العالمية.
- 2- المحطة لها شكل جمالي وفعالية تامة وحجمها صغير.
- 3- سهولة النقل والتركيب في مكان آخر.
- 4- لا تحتاج إلى تفريغ الحمأة بشكل مستمر حيث يوجد بها وحدة تخزين. تعمل أليا و بشكل مستمر دون انقطاع.
- 5- تحتوي على أجهزة قياس ضرورية لمتابعة أداءها.
- 6- سهولة التركيب والصيانة وتحتاج إلى شخص واحد في كل وردية لمراقبتها.
- 7- مضاعة ليلا بحيث يسهل مراقبتها.
- 8- لها غلاف خارجي يغطي كافة التوصيلات والاتابيب الداخلية.
- 9- لا تحتاج إلى مساحات كبيرة ويمكن تركيبها فوق أو تحت الأرض بأماكن مناسبة.
- 10- اقتصادية وذات استهلاك قليل للطاقة الكهربائية.
- 11- ليس لها مشاكل انسداد المجاري وتعمل بدون إصدار روائح كريهة ولا تجمع الحشرات والذباب.
- 12- لها شبك حماية من سقوط الطيور والأوساخ.
- 13- يمكن أن تكون خزاناتها دائرية الشكل أيضا.





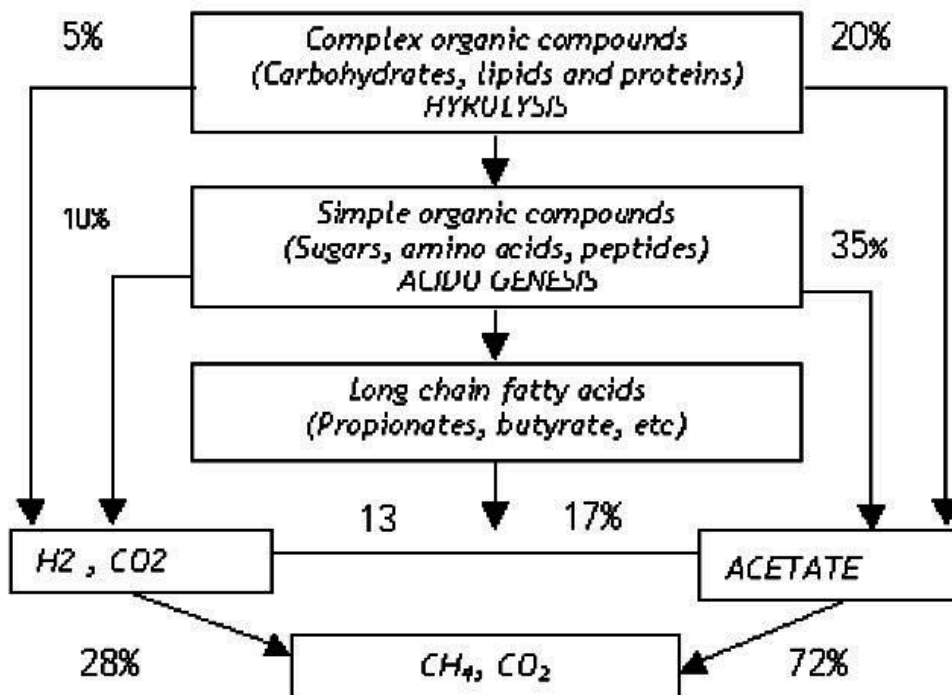
## محطات المعالجة البيولوجية محطة معالجة المياه الملوثة بأسلوب المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة (مفاعلات لا هوائية) Anaerobic Reactors (أحواض التحليل المطورة)

هذه المفاعلات اللاهوائية Anaerobic Reactors عبارة عن أحواض تحليل (بئر سوداء) للمنازل ولكنها مطورة بالطريقة اللاهوائية (Anaerobic) وذلك لمعالجة المياه الملوثة وهي تكنولوجيا جديدة منخفضة التكاليف .

### ANAEROBIC TREATMENT OF WASTE WATER

The concept of anaerobic treatment of industrial wastewater is based on a microbial consortium involving many classes of bacteria. The bacteria are active anaerobically to execute a complex process with several intermediate steps: The complex organics found in the substrate are first hydrolyzed into simpler organics after which they are fermented to volatile acids by the acidogens.

Volatile acids longer than two carbons are then converted to acetate and H<sub>2</sub> gas by obligate hydrogen producing acetogens. Finally the acetate and H<sub>2</sub> gas are converted to CH<sub>4</sub> by methanogens (6). This relatively complex process is pictured in figure below:



Schematic representation of anaerobic treatment processes





## مقارنة بين المفاعلات الهوائية واللاهوائية

Aerobic	Anaerobic
Need land (From about 0.06sq m. per person for activated sludge up to 3 sq.m per person and more for facultative ponds and constructed wetlands)	Require very little land
More intensive forms of treatment (activated sludge and extended aeration) require energy.	No energy requirement – indeed can be net producers of energy
Can remove 90% or more of organic load	Typically remove 40 – 70% of organic load and may need to be supported by secondary aerobic treatment
Systems with long retention (ponds and constructed wetlands) can achieve WHO guidelines for pathogen levels in effluent	Generally poor pathogen removal
Systems with longer retention (ponds and constructed wetlands) deal well with fluctuations in flow and organic load	Sensitive to variations in flow and loading.
Higher sludge production than anaerobic systems	Produce low volumes of well-stabilised sludge
Can smell, particularly if overloaded	Need to be enclosed to avoid smell problems

فوائد المعالجة اللاهوائية ذات المعدلات السريعة (أحواض التحليل المطورة) تكنولوجيا اقتصادية منخفضة في تكاليف الإنشاء و التشغيل و الصيانة و انتاجها قليل جدا من الحماة الزائدة.

### التطبيق العملي:

تطبق عملياً على المجمعات السكنية الصغيرة او التابعة للشركات وكذلك على المساكن الريفية والقرى السياحية والفنادق والمجمعات الصناعية والمستشفيات والمدارس .  
 كحد أقصى عشرة آلاف شخص وبسعر قياسي مقدر كتكلفة لإنشاء المحطة = 30 دولار للشخص الواحد.  
 وبسعة تصميمية (m3/d) لتدفق مياه الصرف الصحي 1000 متر مكعب في اليوم (40 متر مكعب في الساعة) على اساس تقدير معدل تدفق مياه الصرف الصحي للمحطة 1. متر مكعب باليوم لكل شخص (أي معدل 1 متر مكعب لكل عشرة أشخاص) .

تستخدم هذه الطريقة بشكل منفصل دائماً .

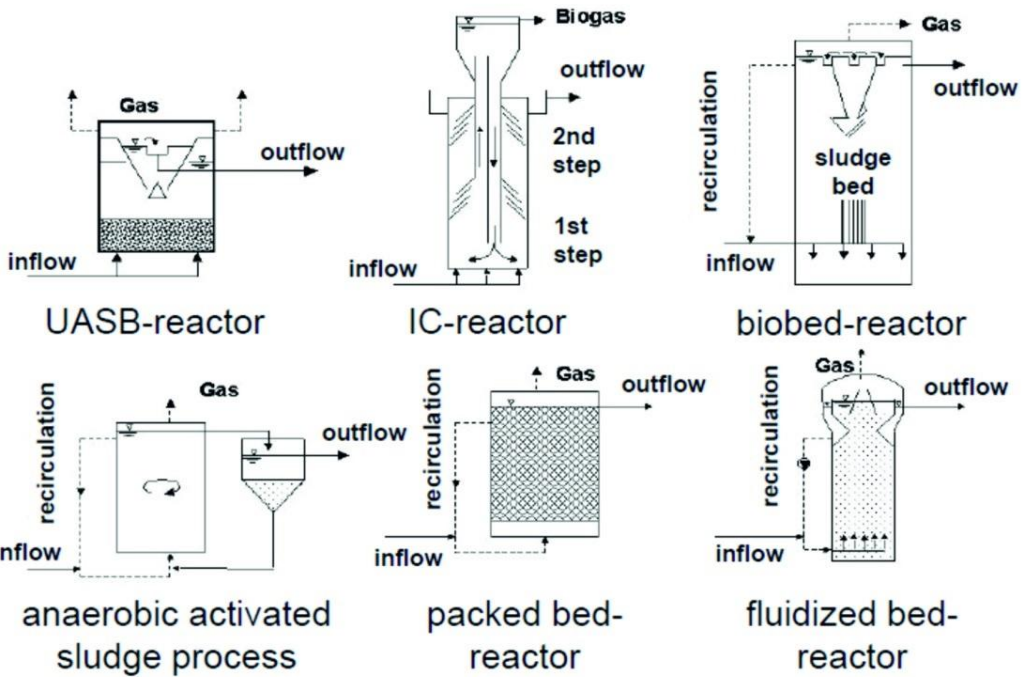






أنواع المفاعلات اللاهوائية التي تعمل بهذه الطريقة:

UASB-reactor  
 IC-reactor and EGSB-reactor  
 Bio bed-reactor  
 anaerobic activated sludge process  
 packed bed reactor  
 fluidized bed reactor  
 Up flow septic tank /Baffled reactor (USBR)

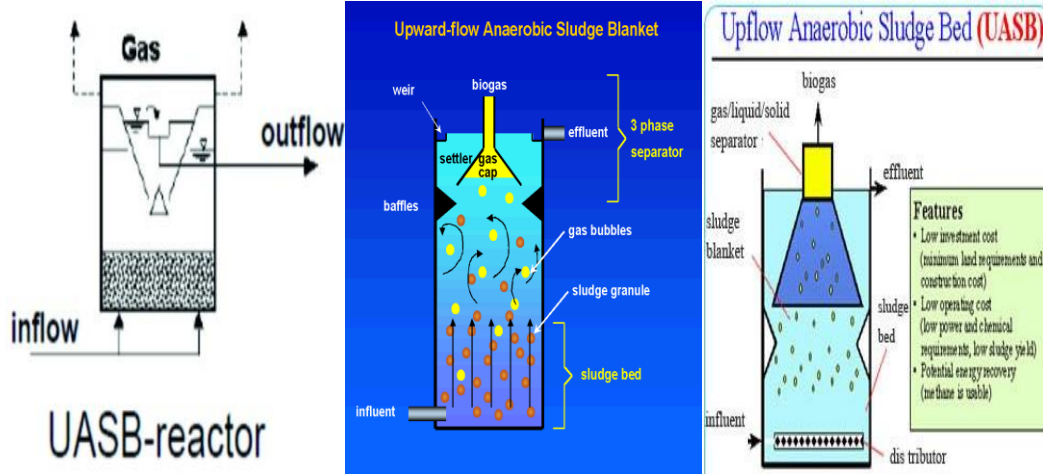




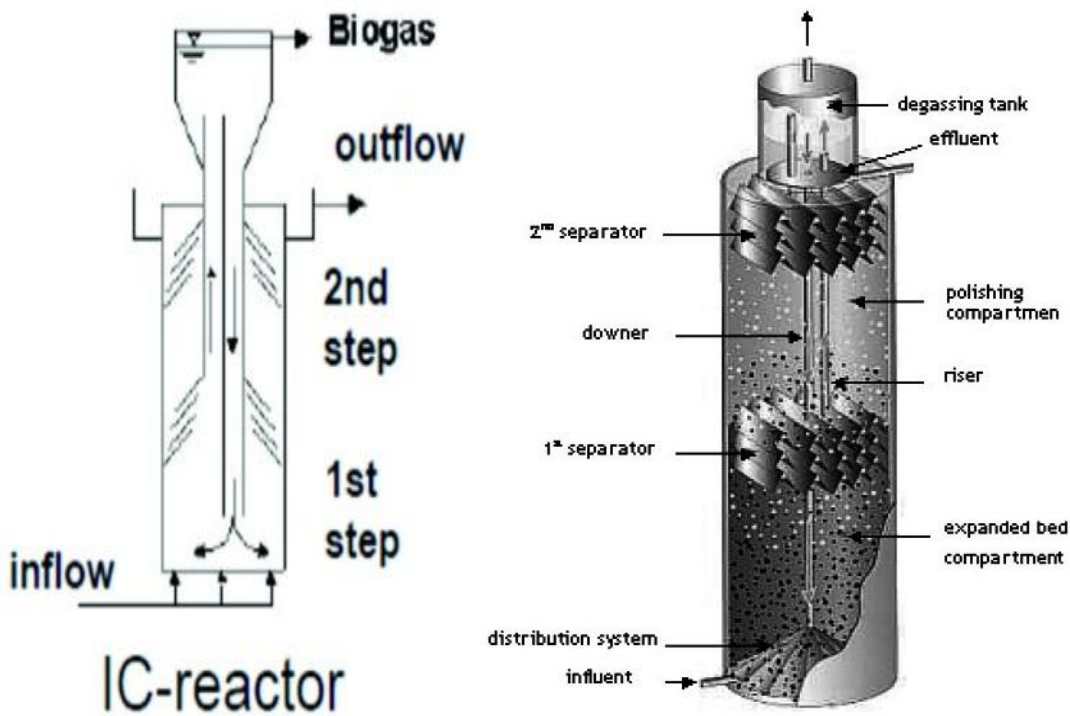
### 1- UASB-reactor

#### Up flow Anaerobic Sludge Blanket “ UASB-Reactor

وهو اكثر المفاعلات اللاهوائية استخداما و قد أثبتت نتائج إيجابية وكفاءات عالية حتى لمعالجة مياه الصرف ذات التركيزات العضوية المنخفضة و مياه الصرف الأدمى.



### 2- IC-reactor (Internal Circulation)

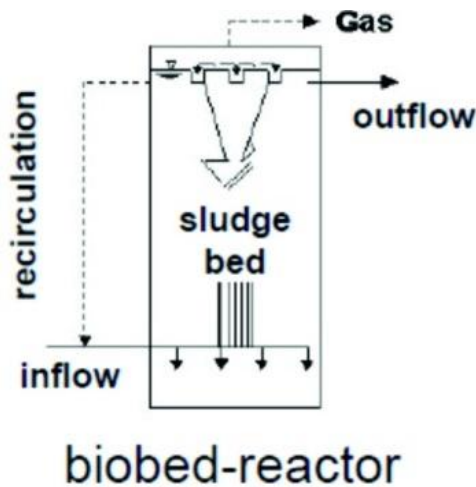
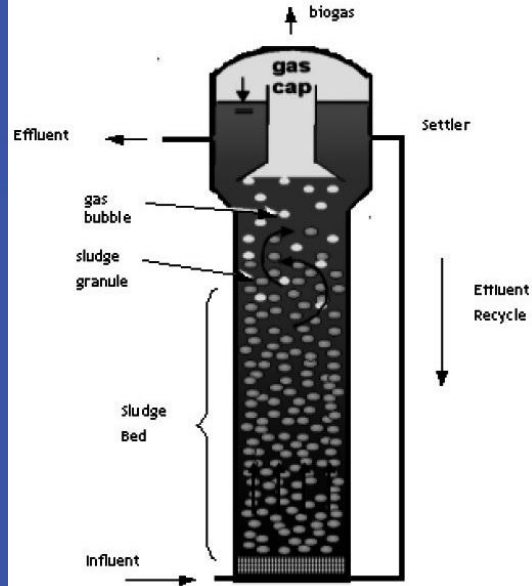
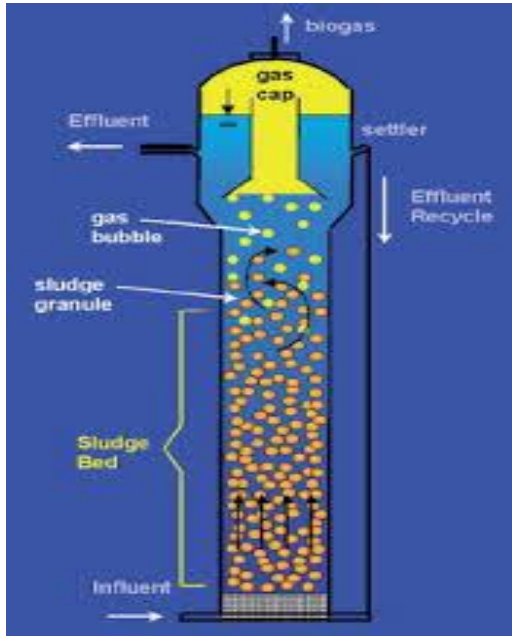


التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والأساليب المتطورة  
Pollution control across bio/plasma reactors



### 3- Bio bed-reactor (EGSB technology)

The Biobed EGSB technology (Expanded Granular Sludge Bed) is an extremely compact, high performance anaerobic treatment process for industrial effluents using granular sludge.



- ultra high organic loading capacity (15 - 30kg COD/m<sup>3</sup>/day)
- low surface area requirements
- energy source from biogas production
- economical operation
- extremely small footprint
- patented triple-baffle internal settler
- highly settleable granular biomass
- no odor or noise emission
- proven reliability



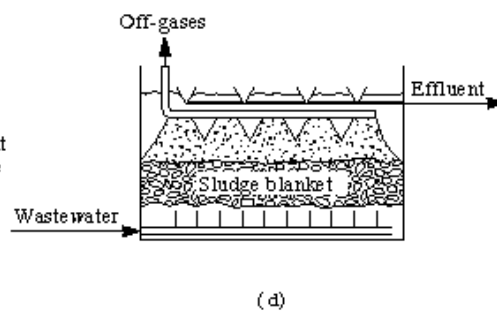
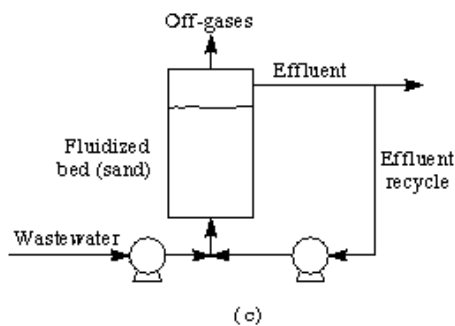
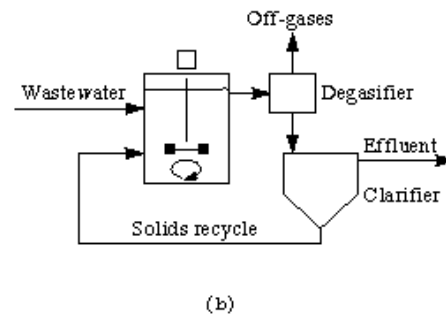
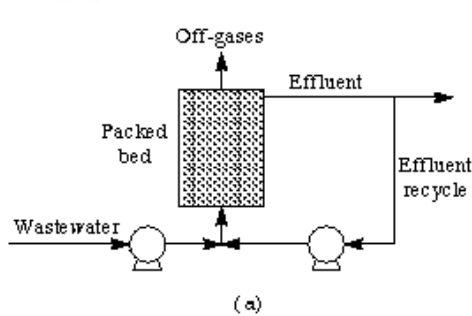
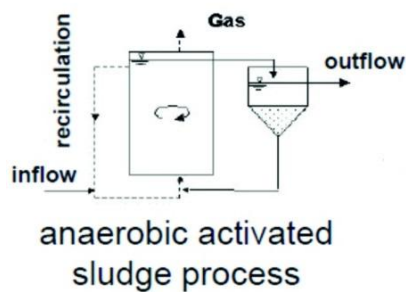




The EGSB reactor and the IC reactor can achieve respectively up to 25 and 35 kg COD/m<sup>3</sup>/day.

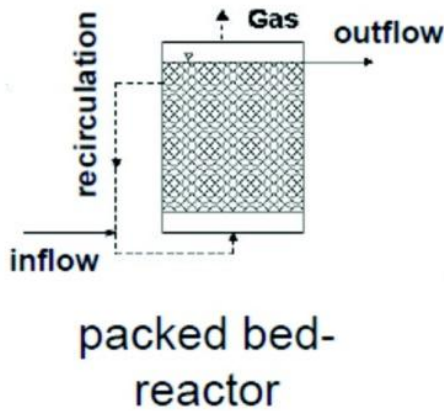
However the IC presents other advantages over the ESGB reactor. It uses an internal circulation based on airlift principle, generated by the biogas that is produced inside the reactor. This internal mixing energy provides a more intimate contact biomass wastewater resulting in higher organic loading rate achievable. Furthermore the IC reactor uses two sets of the 3-phase separator modules, and therefore produces a higher quality effluent compared to other anaerobic processes reducing the cost of potential polishing step.

#### 4- anaerobic activated sludge process





## 5- Packed Bed Reactor



Continuous packed bed reactors are the most widely used reactors for immobilized enzymes and immobilized microbial cells. In these systems, it is necessary to consider the pressure drop across the packed bed or column, and the effect of the column dimensions on the reaction rate. There are three substrate flow possibilities in a packed bed and they are illustrated below:

1. Downward flow method
2. Upward flow method
3. Recycling method

The recycling method is advantageous when the linear velocity of the substrate solution affects the reaction flow rate. This is because the recycling method allows the substrate solution to be passed through the column at a desired velocity.

For industrial applications, upward flow is generally preferred over downward flow because it does not compress the beds in enzyme columns as downward flow does. When gas is produced during an enzyme reaction, upward flow is preferred.

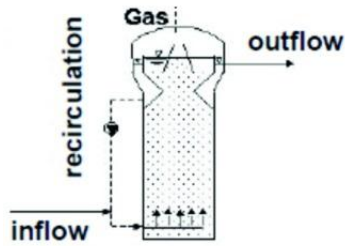
A continuous packed bed reactor has the following advantages over a batch packed bed reactor:

1. Easy, automatic control and operation
2. Reduction of labor costs
3. Stabilization of operating conditions
4. Easy quality control of products





## 6- fluidized bed reactor



fluidized bed-  
reactor

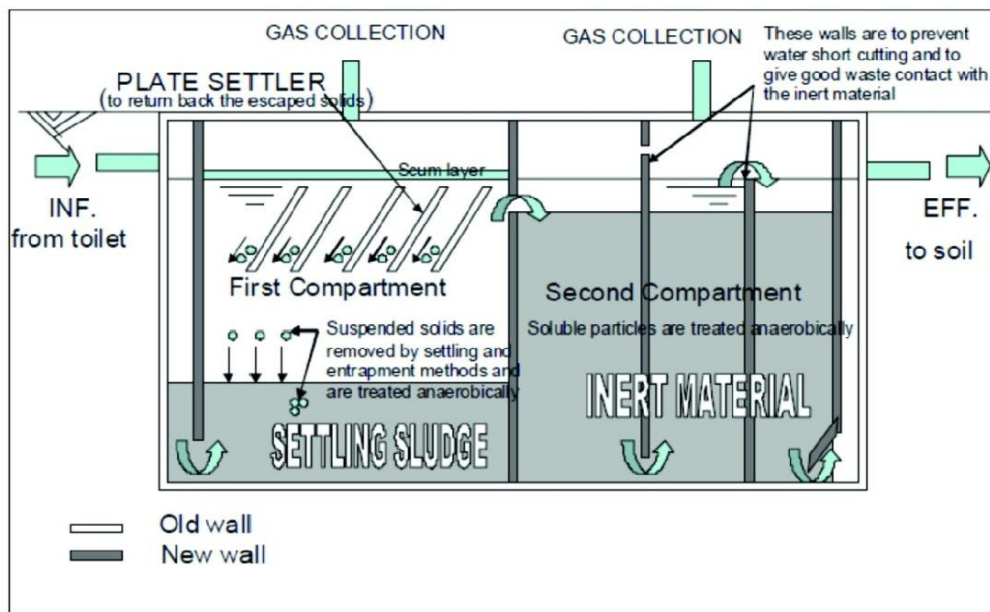
## 7- Up flow septic tank /Baffled reactor (USBR)

في هذا المفاعل تم عمل تعديلات بسيطة على الخزانات المحكمة السد (احواض التحليل) فتم بناء بعض الحوائط العرضية لتحسين كفاءته وبذلك قسم الخزان إلى جزئين هما :

- 1-خزان التحليل ذو التصريف الرأسي  
الجزء الأول من حوض التحليل المطور يكون بمثابة خزان لاهوائي حيث تستخدم الحمأة المتكونة من ترسيب المواد العالقة كوسط لحجز البكتريا اللاهوائية والمواد العضوية اللازمة لعمليات الهضم
- 2-خزان المرشح اللاهوائي ذو الحواجز والذي تم ملئه بكسر الطوب  
الجزء الثاني من الحوض المطور يقوم بإزالة المواد العضوية الذائبة المتبقية من الجزء الأول من خلال تكون البكتريا اللاهوائية على سطح الوسط الترشيحي بها ( كالطوب أو الزلط ) ،وقد تم تسمية هذا الخزان المطور أو المعدل بـ:

### Up flow septic tank /Baffled reactor (USBR)

وقد تم الحصول منه علي نتائج جيدة جدا في إزالة الملوثات وكذلك اثبت الخزان كفاءته في عدم تأثره بوجود أحمال هيدروليكية عالية مفاجئة **Hydraulic Shock Loads**



خزان التحليل المطور USBR







في الشكل الموضح نحصل على مياه معالجة ثنائياً وباستخدام مرشح رملي بسيط تصبح هذه المياه صالحة للاستخدام في الزراعة أو حتى في التخلص منها في التربة بطريقة آمنة وذلك بتكلفة بسيطة. يمكن بناء هذا الخزان كما هو موضح بالرسم عند مخرج الماسورة المجمعة للصرف الصحي من حمامات المنازل. بالرغم من وجود العديد من أنظمة المعالجة اللاهوائية ذات المرحلتين فإن نظام خزان التحليل المطور USBR يمتاز عن باقي الأنواع بما يلي :

\* إن هذا النظام يمكن تطبيقه على خزان قائم عكس باقي الأنظمة الأخرى التي تشترط بناء خزانات جديدة لها وهذا يقلل من تكلفة الإنشاء بشكل كبير.

\* مخرجات هذا النظام متطابق مع متطلبات قوانين البيئة العالمية.

\* فاقد الضغط (head loss) خلال هذا النظام منخفضة جداً مما يوفر من أعمال الرفع المطلوبة عكس الأنظمة الأخرى التي تمتاز إما بارتفاع فواقد الضغط بها أو باحتياجها إلى أعماق حفر كبيرة لترتيب وحداتها باتجاه رأسي كما في UASB Reactor وخزان Hybrid Anaerobic Reactor .

\* خلال تجربة هذا النظام وجد انه يمكنه تحمل الزيادات المفاجئة في التصريفات والأحمال العضوية مما يجعله مناسب للاستخدام لخدمة منزل واحد أو لخدمة قرى صغيرة أو متوسطة الحجم.

\* وجود الخزان اللاهوائي ذو القواطع بالجزء الثاني من الخزان حسن بدرجة كبيرة من عملية خلط المياه ومنع حدوث اختصار للمسار مع إعطائه مرونة عالية للنظام لتقبل الأحمال الزائدة الفجائية.

\* شكل هذا الخزان يعطي له المرونة في استخدامه في أكثر من مكان. يمكن استخدام هذا النظام في الأماكن الآتية:

- 1- كتعديل لخزان تحليل قائم وان كان يشترط في هذا الخزان القائم ان يكون بحالة جيدة وان يكون معزول من الداخل جيداً.
- 2- يستخدم بدلاً من خزان التحليل التقليدي في الخزانات المترلية التي تنشأ في المستقبل.
- 3- يستخدم كمحطة معالجة صغيرة للقرى الصغيرة والمتوسطة الحجم وذلك عن طريق بناء مجموعة من هذه الخزانات بجوار بعضها البعض.
- 4- يمكن استخدام العديد من هذه الخزانات موزعة على مستوى القرية بحيث الخزان Small bore الواحد يخدم مجموعة منازل ويتم استخدام مواسير الصرف الصغيرة لتجميع الصرف الخارج المعالج من هذه الخزانات وتوصيلها إلى محطة رفع sewer التي تقوم برفعها- وذلك بعد إضافة الكلور لها - إلى أقرب مصرف.

خلال حوالي 10 شهور من ملاحظة وأخذ عينات من الصرف الداخل والخارج في احدى قرى التجربة وجدت ان متوسطات كفاءة إزالة الملوثات (USBR) لخزان التحليل المطور المختلفة هي كالتالي:

متوسط معدل إزالة الأوكسجين الكيماوي المستهلك هي 83 % ، متوسط معدل إزالة الأوكسجين الحيوي الممتص هي 89 % و متوسط معدل إزالة المواد العالقة هي 94% وقد لوحظ تأثر كفاءة الخزان نسبياً في فصل الشتاء (ديسمبر -فبراير) نظراً لانخفاض درجة الحرارة خصوصاً خلال الليل.

ترتيبات محطة المعالجة المنفذة بالنظام USBR :

بالنسبة لترتيبات محطات المعالجة المنفذة بهذا النظام فأنها عادة تكون بسيطة ولا تحتاج إلى ترتيبات معقدة التي تحتاجها محطة المعالجة التقليدية ولذلك فأنها تناسب التجمعات السكنية الصغيرة المنعزلة ، فعلى سبيل المثال هذا النظام لا يحتاج إلى ما يلي:





رصف طرق داخلية ، بوابات كبيرة، أسوار عالية ، مساحات كبيرة لأحواض تجفيف الحمأة ، أحواض تركيز الحمأة، مولدات، استخدام شرانح البولي إيثيلين لعزل الأحواض كما هو الحال ببعض برك الأكسدة الطبيعية، دراسات بيئية متقدمة وذلك لعدم وجود احتمال تلامس بين مياه الصرف بهذا الطريقة والبيئة المحيطة، معدات ومهمات ميكانيكية مستوردة أو محلية، أنواع وأشكال مختلفة من الطلمبات كما هو الحال في محطات المعالجة الميكانيكية، مهارة في التشغيل والصيانة ، قطع غيار.

تجدد الإشارة إلى إن كفاءة هذا النظام تعتمد أساساً على عملية التفريغ الدوري للحمأة المتجمعة في الجزء الأول من الخزان بحيث يجب الإ يزيد ارتفاع طبقة الحمأة عن 50 % إلى 60% من ارتفاع المياه بها، من المتوقع أن تكون عملية التفريغ على فترات متباعدة بحيث يكون هناك من 5 أعوام بين كل عمليتين تفريغ، يجب ترك حوالي 20% من حجم الجزء الأول من الخزان به حمأة بعد التفريغ حتى لا يحدث انخفاض في كفاءة النظام.

المقارنة الفنية والاقتصادية بين نظام المعالجة بخزان التحليل المطور USBR وبين باقي أنظمة المعالجة الأخرى:

تم التركيز على 5 أنواع من المعالجة حيث ان 4 أنظمة منها تمثل نظم المعالجة الميكانيكية وهى طرق المعالجة بالحمأة النشطة والمرشحات الزلطية وقنوات الأكسدة والبحيرات المتهواة ونظام واحد يمثل طرق المعالجة الطبيعية وهى بحيرات الأكسدة الطبيعية ومن أنظمة المعالجة اللاهوائية تم اختيار نظام USBR خزان التحليل المطور

حيث تم حساب تكلفة بناءه من واقع البيانات الفعلية لأعمال منفذة وقد تم فرض تكلفة الصيانة والتشغيل نظرياً طبقاً لفرض إنفاقها على فني واحد وبعض المهمات والمواد التي تحتاجها المحطة بالإضافة إلى تكلفة محلول الكلور (هيبوكلوريد الصوديوم) المستخدم في تعقيم مياه السيب الخارجة وفي هذه المقارنة تم حساب تكلفة الإنشاء والتركيبات وتكلفة التشغيل والصيانة للمتر المكعب من المياه المعالجة لمحطات ذات سعة متوسطة تتراوح بين 200 إلى 1000 متر مكعب / يوم وهى السعة المناسبة لقرية تعدادها يتراوح بين 2000 إلى 10000 فرد.

تم مقارنة كفاءة إزالة المواد العضوية والبكتريا والمساحات التي يشغلها كل نظام من أنظمة المعالجة وتكلفة تنفيذ كل نظام .

التعقيد في التشغيل	المضايقات (حشرات وروائح)	كفاءة المحطة % (كفاءة الإزالة)		نوع محطة المعالجة
		البكتيريا الممرضة	BOD <sub>5</sub>	
عالي	قليل	90-60	95-75	الحمأة المنشطة Activated sludge
عالي	قليل	90-60	95-75	خنادق الأكسدة Oxidation ditches
متوسط	قليل الى متوسط	90-60	85-65	المرشحات البيولوجية Trickling Filters Or Biological Filters
متوسط	قليل	90-60	95-80	البحيرات المتهواة (برك التثبيت المتهواة) Aerobic Ponds
قليل	متوسط الى عالي	99.9-99	95-80	بحيرات الأكسدة (برك الأكسدة الطبيعية) Oxidation Ponds
قليل	قليل	-	90-85	خزان التحليل المطور USBR



## النتائج والتوصيات

- \* جميع نتائج تركيز الملوثات بالسبب الخارج من الخزان USBR تؤكد نجاح استخدام هذه التكنولوجيا في المستقبل .
- \* من خلال عمل مقارنة فنية واقتصادية بين خزان التحليل المطور و أنظمة المعالجة الأخرى لوحظ تفوق نظام خزان التحليل المطور فنياً عن باقي أنظمة المعالجة .
- \* انه من أفضل الأنظمة للاستخدام في القرى ذات تعداد السكان الصغيرة والمتوسطة.
- \* في حالة الحاجة إلى استخدام المياه المعالجة في ري مناطق خضراء وسط منطقة سكنية فيفضل إن يتم عمل تطهير للمياه المعالجة بطرق عديدة منها الأشعة فوق بنفسجية **Ultra Violet Lamp** أو الكلور السائل واستخدام المياه المعقمة الناتجة بعد عمل معالجة ثلاثية للمياه المعالجة باستخدام مرشح رملي بسيط في زراعة المساحات الخضراء للمناطق المخدومة كالحدايق المحيطة بالمنازل وكذلك إمكانية استخدام المياه في زراعة الأشجار الخشبية وبذلك يتم توفير كميات كبيرة من المياه المحلاة المكلفة .
- \* في حالة تعذر توفير طريقة للتعقيم فإنه يمكن استخدام المياه الناتجة من الخزان في الزراعة مباشرة بطريقة الري تحت السطحي والتي ستعمل على تقليل التبخر ومنع التلامس المباشر مع الناس.

## المميزات

- \*كفاءة عالية في إزالة الملوثات.
- \* لا تحتاج إلى معدات ميكانيكية وبالتالي فهي ذات تكلفة بناء وتشغيل وصيانة منخفضة.
- \*معدلات التحميل العضوي اعلي بكثير من أنظمة المعالجة الطبيعية مما يجعلها تحتاج إلى مساحات ارض اقل بكثير من طرق المعالجة الطبيعية.
- \*الحماة الناتجة من المعالجة اللاهوائية قليلة جدا مقارنة بطرق المعالجة الهوائية وهذا يؤدي إلى توفير في مساحات الأرض اللازمة لمعالجة الحماة بالإضافة إلى توفير في تكاليف إنشاء وحدات معالجة الحماة.
- \* الغاز المنطلق ناتج عمليات الهضم يعتبر مصدر جيد للطاقة يمكن استخدامه عند توفر كمية مناسبة منه كغاز يستخدم في الطهي أو في توليد الكهرباء.
- \* لا تحتاج إلى عمالة مدربة.
- العيوب :
- \* تأثرها بانخفاض درجة الحرارة إلى ما هو أقل من 14 درجة مئوية ولذلك فإنها توضع داخل مباني مغلقة في الدول الباردة.
- \* انطلاق كميات كبيرة من الغاز بدون استغلاله قد يؤدي إلى مخاطر الاشتعال في حالة وجود نار بجانبه لذا يجب حرق هذا الغاز بتركيب شعلة عند مخرج الخزان في حالة عدم الرغبة في الاستفادة من هذا الغاز.







## الباب الثاني

### التحكم في تلوث مياه الشرب عبر التقنيات المتطورة

#### الفصل الاول

نظرة مختصرة الى معالجة المياه

حقائق علمية حول المياه

دورة الماء على سطح الأرض

مصادر المياه وخصائصها واستعمالاتها

#### الفصل الثاني

اسباب تلوث المياه الجوفية

#### الفصل الثالث

اسس المعالجة التقليدية للمياه

#### الفصل الرابع

اسس المعالجة المتقدمة للمياه

#### الفصل الخامس

طرق معالجة مياه الشرب بالمحطات

محطات تنقية مياه الشرب السطحية (الانهار والبحيرات)

محطات تحلية مياه الشرب المالحة (البحار والمحيطات والمياه الجوفية المالحة)





## الفصل الاول - نظرة مختصرة الى معالجة المياه

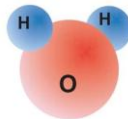
المياه هي أساس الحياة... سبحانه الذي قال في محكم التنزيل "وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ" (الأنبياء 30) الماء هو ذلك المركب الكيميائي السائل الشفاف الذي يتكون من ذرتين هيدروجين وذرة أكسجين ومن عدد قليل من الأيونات الموجبة والسالبة لتكوين جزيء الماء ورمزه الكيميائي (H<sub>2</sub>O).

بدون الماء لا يكون للحياة وجود , فهو مصدر الشرب للإنسان والحيوان ومصدر للزراعة وهو اساسي للصناعة وبذلك فحياتنا على الكرة الارضية مرتبطة بالمياه .

يحتل الماء 71% من مساحة الكرة الأرضية ويتواجد الماء بالاشكال التالية : المحيطات، الأنهار، البحار، المياه الجوفية، مياه الأمطار، الثلوج كما يتواجد في الخلية الحية بنسبة 50-60%، وفي عالم النبات والحيوان أيضاً ولا يتوقف الأمر عند هذا الحد وإنما يمتد وجود الماء إلى العالم الخارجي (خارج نطاق الكرة الأرضية) في الغلاف الجوي حيث يكون على صورة بخار ماء.

ومياه الشرب **Drinking Water** هي المياه الطبيعية التي تتوافر فيها المعايير الفيزيائية والكيميائية والجراثومية لمنظمة الصحة العالمية سواء أكان ذلك من مصدرها الطبيعي كالنبع أم بعد إجراء عمليات التنقية عليها .

الماء النظيف و الصافي لا لون له و لا مذاق و لا رائحة و يتحول الى مادة صلبة عند درجة حرارة صفر مئوية و يتحول الى بخار عند درجة حرارة 100 مئوية و تعتبر المياه مذيباً " جيداً جداً" و تعتبر أكثر المواد وجوداً على الأرض وأكثرها غرابة ، حيث لا تستطيع مادة على سطح الأرض أن تحل محل الماء أو تقوم بدوره كما لا توجد أي مادة معروفة حتى الآن لها خصائص مشابهة للماء .



ترتكز حياة الإنسان والحيوان والنبات وكافة الكائنات الحية على المياه الذي يتجدد باستمرار خلال فترات محددة من الزمن بفضل الدورة الهيدرولوجية .

### الدورة الهيدرولوجية Hydrological Cycle

دورة المياه في الطبيعة والتي تعرف أيضاً باسم الدورة الهيدرولوجية تصف الحركة الدائمة للمياه على وفوق وتحت سطح الأرض وتقوم الشمس باشعاع الطاقة الشمسية **Solar energy** على المحيطات واليابسة، ويتبخر الماء إلى بخار **Evaporation** ويتحول الجليد والثلج مباشرة إلى بخار ماء من خلال عملية التسامي **Sublimation** ، وتشمل عملية التبخر على تبخر المياه من النبات والتربة **Evapotranspiration**، وتقوم التيارات الهوائية المتصاعدة **Advection** بحمل بخار الماء إلى الغلاف الجوي حيث يتكاثف إلى سحب **Clouds** بفعل درجات الحرارة الباردة، كما تعمل التيارات الهوائية على تحريك السحب حول الكرة الأرضية حيث تنمو جزيئات السحاب وتتصادم مع بعضها وتتساقط على الأرض على هيئة هطول مطري **Precipitation** ، بعض الهطول المطري ينزل على الأرض على هيئة ثلوج والتي يمكن أن تتراكم لتكون قمم جليدية وثلجات تقوم بتخزين المياه لآلاف السنين، كما يمكن للركام الثلجي أن يذوب وينساب على سطح الأرض على هيئة ثلوج ذائبة، كما يعود معظم الهطول المطري مرة أخرى إلى المحيطات أو ينساب على اليابسة على هيئة جريان سطحي ويلتحق جزء من هذا الجريان السطحي بالأنهار من خلال الوديان وأحواض التصريف الموجودة بالطبيعة وقد تنساب المجارى المائية إلى المحيطات، ويتخزن هذا الجريان السطحي على هيئة مياه عذبة في البحيرات ، وجدير بالذكر أنه ليس كل الجريان السطحي يصب في الأنهار بل يصل الكثير منه إلى داخل الأرض عن طريق التسرب

### Infiltration





أو يتسرب عميقاً إلى باطن الأرض ليغذى المياه الجوفية والتي تقوم بتخزين كميات هائلة من المياه العذبة لفترات طويلة من الزمن، ويظل بعض من هذا التسرب على مقربة من سطح الأرض ويمكن أن يتسرب راجعاً إلى المياه السطحية (والمحيطات) على هيئة تفرغ للمياه الجوفية ، كما تخرج بعض المياه الجوفية على هيئة ينابيع من المياه العذبة من خلال فتحات طبيعية في سطح الأرض، وبمرور الزمن تعود المياه مرة أخرى إلى المحيط حيث بدأت دورة المياه الرئيسية.

إذاً الماء اسم يطلق على الحالة السائلة لمركب الهيدروجين والأكسجين . ففي عام 1781 استطاع العالم الكيميائي البريطاني هنري كافنديش **Cavendish Henry** تخليق الماء بحرق الهيدروجين في الهواء محدثاً فرقة ثم أتى الكيميائي الفرنسي أنطوان لافوازييه **Lavoisier Antoine** وأثبت أن الماء ليس عنصراً بل مركباً من الهيدروجين والأكسجين ثم اكتشف العالمان الفرنسي جوزيف لويس والألماني الكسندر فون همبولت أن الماء يتكون من حجمين من الهيدروجين وحجم من الأكسجين كما هما في التركيبة (H<sub>2</sub>O) السائدة حالياً، أي أن الماء يتكون من "جزيئات" يحتوي كل جزيء على ثلاثة ذرات عبارة عن 2 ذرة هيدروجين وذرة أكسجين ، وقطرة الماء الواحدة تحتوي على الملايين من هذه الجزيئات .

لقد كان الاهتمام محصور في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط الى ان أنشئت عام 1807م محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو الأستكلندية حيث تعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب خاصة ثم حدث تطور سريع في مجال تقنيات المعالجة حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول بالمياه إلى درجة عالية من النقاء بحيث تكون مأمونة من النواحي الكيميائية والحيوية .

لقد وجد بالماء نسبة متدنية جداً من الماء الثقيل **heavy water** أو ما يسمى ب (اكسيد الديتيريم **deuterium oxide D2O** والديتيريم هو نظير الهيدروجين الذي وزنه الجزيئي 2 . كما به آثار قليلة من أكسيد التريتيوم **T2O tritium oxide** والتريتيوم نظير للهيدروجين وزنه الجزيئي 3 . فالهيدروجين، هو أخف عناصر الكون، وأكثرها وجوداً به، حيث تصل نسبته إلى أكثر من 90%، وهو غاز قابل للاشتعال ، و الأكسجين غاز نشط يساعد على الاشتعال ، ويكوّن حوالي 21% من الهواء الجوي، وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية، ويدخل في التركيب العضوي لجميع الأحياء مع الهيدروجين والكربون، وعلى الرغم من أن الهيدروجين غاز مشتعل ، والأكسجين غاز يساعد على الاشتعال إلا أنه عند اتحاد ذرتي هيدروجين مع ذرة أكسجين، ينتج الماء الذي يطفئ النار ، ورغم أن الماء مكون من ذرات اكسجين إلا أنه ليس الأكسجين الذي تحتاجه الكائنات المائية الحية كالسمك والنباتات البحرية . لأنها تعيش على الأكسجين الذائب كغاز في الماء. والمياه الجارية في الأنهار والمحيطات والمجاري المائية بها نسبة أعلى من الأكسجين عما في المياه الراكدة بالبرك والمستنقعات التي تعيش بها أحياء مائية تستهلك الأكسجين بها .

أن مياه الأمطار ليست أنقى أنواع المياه العذبة فهي تحتوي على بعض المعادن المذابة الملوثة وجسيمات من التراب وغازات مذابة كثنائي أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الكبريت كما في الأمطار الحمضية **acid rain** والجليد أثناء تكوينه يمتص من الجو غاز ثاني أكسيد الكربون وغيره من الغازات الموجودة به ومواد عضوية وغير عضوية ، والمياه في انسيابها فوق قشرة الأرض تتفاعل مع المعادن في التربة والصخور وتذوب بالمياه السطحية والجوفية كبريتات وكلوريدات وبيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم واكاسيد الكالسيوم والماغنسيوم ، والمياه السطحية قد تتلوث بمياه المجاري والنفايات الصناعية ، وقد تتسرب مياه النفايات والمجاري للمياه الجوفية أو الآبار الضحلة بما فيها فضلات الإنسان والحيوانات مكونة مواد نيتروجينية وكلوريداتية ، ومعظم المياه الطبيعية للشرب من الآبار العميقة والتي بها مادة الفلوريد بكميات متفاوتة والتي تقلل تسوس الأسنان "حديثاً تم اكتشاف انها مضرّة بالجسم" كما ان مياه البحار والمحيطات يتركز بها ملح الطعام "كلوريد الصوديوم".

وحسب الدراسات العلمية الخاصة بالتوازن المائي على سطح الأرض تبين ان الموارد المائية تفوق بصفة عامة الطلب على المدى المنظور .







### حقائق علمية حول المياه:

- \* يحتاج الانسان "يومياً" الى 2 لتر من الماء ولا يستطيع البقاء حياً أكثر من عدة أيام من دون ماء.
- \* يشكل الماء 55-70 % تقريباً من جسد الإنسان.
- \* حوالي نصف الكائنات الحية و النباتات تعيش ضمن المياه.
- \* قطرة مياه المطر ليست على شكل دمعاً وإنما هي على شكل شظيرة .
- \* حوالي 70% من الأرض مغطاة بالمياه.
- \* أغلب الطعام مكون من المياه فمثلاً" تشكل المياه 95% من الطماطم و 91% من السبانخ و 90% من الحليب و 85% من التفاح و 80% من البطاطا و 61% من لحم البقر.
- \* تشكل المياه العذبة حوالي 3.5% من مجموع المياه الموجودة في الأرض.
- \* يشكل الجليد حوالي 30 % من المياه العذبة بالعالم.
- \* حوالي 65 % من المياه العذبة موجودة في باطن الأرض على شكل مياه جوفية.
- \* حالما يتبخر جزيء الماء فإنه يقضي حوالي عشرة أيام في الهواء قبل أن يعود مجدداً للأرض مع المطر
- \* يشكل الماء حوالي 83 % من دم الانسان .
- \* استخدام دوش الحمام لمدة خمس دقائق يؤدي الى استهلاك 35 ليتر ماء وسطياً".
- \* تستهلك المراحيض 40 % تقريباً من المياه العذبة المنزلية.
- \* تسرب لتر واحد من الزيت (Oil) يلوث حوالي 2000 متر مكعب من المياه .
- \* إنتاج واحد لتر من البنزين يحتاج 10 لتر من المياه.
- \* كل واحد كيلوجرام بطاطا يحتاج 1000 لتر ماء ري.
- \* إنتاج واحد كيلوجرام من الورق يحتاج 324 لتر ماء.
- \* إنتاج واحد كيلوجرام من الفولاذ يحتاج 94 لتر ماء.
- \* يشكل ماء البحار والمحيطات حوالي 97% من حجم الماء الموجود على سطح الأرض، إلا أن هذا الماء مالح ولا يصلح للاستخدام الآدمي ، من شرب، أو زراعة، ونحو ذلك، نتيجة ذوبان العديد من الأملاح فيه، أما كمية الماء العذب الصالحة للاستهلاك الآدمي فهي 3% (مخزون الماء العذب في العالم )، ويتضمن هذا الماء، ماء البحيرات ، والأنهار، والجبال القطبية والمياه الجوفية الموجودة في أقل من كيلومتر عمقاً ، ويدخل في هذا، حساب كمية الماء العذب الموجود على هيئة بخار ماء في الغلاف الجوي، الذي سوف يتحول في النهاية إلى أمطار، والرطوبة الموجودة في تربة الأرض السطحية، حيث تمثل الجبال القطبية غالبية الماء العذب الموجود على سطح الكرة الأرضية، حيث تصل نسبتها إلى حوالي 2.2% وبذلك فهي تمثل حوالي ثلاثة أرباع مخزون الماء العذب في العالم.
- \* المياه الجوفية Underground water تصل نسبتها إلى حوالي 0.6% من كمية الماء الموجود في الأرض، وهي إما أن تكون قريبة من سطح الأرض فتكون عذبة، وإما أن تكون على أعماق سحيقة وهي التي بها نسبة عالية من الأملاح التي ذابت فيها أثناء رحلتها الطويلة إلى باطن الأرض.

### دورة الماء على سطح الأرض:

يتميز الماء الموجود فوق الأرض، بالحركة الدائمة والدوران المستمر، فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر (Evaporation)، حيث يُكوّن السحاب، الذي تدفّعه الرياح إلى مناطق الأرض المختلفة، ثم يتكثف ويهطل أمطاراً على الأرض، ومنها يرجع إلى المحيطات مرة أخرى. وتبلغ كمية المياه المتبخرة من الأرض، بفعل حرارة الشمس لتكوّن السحاب، حوالي 500 ألف كيلو متر مكعب. ومعظم هذا السحاب المتكوّن، ينشأ من المحيطات عن طريق عملية البخر، كما أن هناك كمية قليلة من السحاب، الذي يتكوّن من خلال عملية البخر من الرطوبة الموجودة في سطح التربة وعملية النتج (Transpiration) من أوراق النبات حيث تعرف هاتان العمليتان معاً باسم "البخر - النتج" (Evapotranspiration) ثم يتكثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض، وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى، في المحيطات و البحار، ويتبقى جزء قليل يسقط على اليابس، وبمقارنة كمية ماء الأمطار المتساقطة على اليابس، بالماء الذي تبخر منها عن طريق البخر والنتج، تعد كمية الأمطار أكثر بكثير من تلك التي تصاعدت من اليابسة. إلا أن هذه الزيادة ترجع مرة أخرى إلى المحيطات والبحار، عن طريق ظاهرة الجريان السطحي لمياه الأمطار (Runoff) من خلال المياه الجوفية والأنهار الجارية. ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط.





ونتيجة لهذه الدورة فإن كمية الماء العذب الموجود على سطح الأرض هي الكمية نفسها منذ قديم الأزل وهي الكمية نفسها التي سوف تظل فوق سطح الأرض وهذه الكمية يعاد استخدامها مرة بعد مرة.

### مصادر المياه وخصائصها واستعمالاتها :

تقسم المياه حسب مصدرها إلى :

أ - مياه الأمطار: **Rainwater** تعد مياه الأمطار مصدر تغذية المياه السطحية والجوفية معاً. وتكون نقية عند بدء سقوطها في طبقات الجو العليا إلا أنها بمجرد ملامستها للسطح المستقبل لها تفقد هذه الصفة لتلوثها بما قد يكون عليه من ملوثات. ويمكن استعمال مياه الأمطار في حال توافرها وذلك بعد دراسة معدلات سقوطها ومدى ملاءمتها للاحتياجات المائية المطلوبة على أن تجمع بطريقة صحية لا تسبب تلوثها .

ب - المياه السطحية: **Surface water** تعد المياه السطحية (أنهار، بحيرات، بحار) المصدر الأساسي لتأمين الاحتياجات المائية سواء أكانت بشرية أم صناعية؛ إلا أنها ملوثة لتعرضها للعوامل البيئية المختلفة ويمكن أن تتغذى الأنهار من مياه الينابيع أو من ذوبان الثلوج أو من بحيرات أما البحيرات فهي إما بركانية وإما جليدية وإما اصطناعية تتشكل من إقامة السدود على الأنهار. أما مياه البحار فهي مالحة، ولا يمكن استعمالها مباشرة إلا أنه نتيجة التطور التكنولوجي السريع في السنوات الأخيرة فقد انتشرت وعلى نحو واسع محطات إزالة ملوحة المياه ، وأصبح بالإمكان استثمار مياه البحار في تأمين الاحتياجات المائية للشرب والصناعة والزراعة .

ج - المياه الجوفية: **Groundwater** وهي المياه الموجودة تحت سطح الأرض والتي تسربت خلال طبقاتها ، وتوجد على أعماق مختلفة حيث يتوقف ذلك على التركيب الجيولوجي لطبقات الأرض وقد عدت المياه الجوفية مصدراً مهماً للمياه عبر العصور سواء للاستهلاك البشري أم في استخدامها للري وتتميز المياه الجوفية بأنها أكثر صفاء من المياه السطحية، ولا تحتوي على مواد عالقة ولا تتأثر بالعوامل الجوية إلا أن تراكيز الأملاح فيها قد يكون عالياً مما يسببها بعض الطعم واللون والقساوة الأمر الذي يستدعي أحياناً إجراء معالجة لتخفيف تركيز هذه الأملاح . يمكن استثمار المياه الجوفية بوساطة الآبار والينابيع. وقد تكون الآبار سطحية أو عميقة أو ارتوازية حيث يكون الضغط على سطح المياه الجوفية أعلى من الضغط الجوي بحيث يرتفع الماء في البئر تلقائياً .

### استعمالات المياه

أ - الاستعمالات المنزلية: وتشمل كل ما يستهلكه الإنسان في الأغراض المنزلية ، مثل الشرب والطهي والغسيل والتنظيف والاستحمام. كذلك المياه المستهلكة في التدفئة والتكييف ورش الحدائق الخاصة بالبيوت .  
ب - الاستعمالات الصناعية: وتشمل المياه المستعملة في المعامل والمصانع على اختلاف أنواعها؛ كذلك المياه المستخدمة في التبريد ومعامل المياه الغازية وغيرها من الأغراض الصناعية .  
ج - الاستعمالات العامة: وتشمل المياه المستخدمة في المباني العامة (مدارس، مستشفيات ومصحات، فنادق...) ورش الشوارع وسقاية الحدائق العامة ومكافحة الحريق .

### خواص المياه

أ - الخواص الفيزيائية وتشمل درجة الحرارة، اللون، الطعم، الرائحة، العكارة. وحسب معايير منظمة الصحة العالمية فإن درجة حرارة مياه الشرب تختلف باختلاف فصول السنة، ويراوح لونها من (5- 20) درجة لون. ويجب أن تكون عديمة الطعم والرائحة، أما العكارة فتراوح من (2- 5) وحدة عكارة **Turbidity unit**

ب - الخواص الكيميائية وتشمل درجة القلوية أو الرقم الهيدروجيني الـ **pH**؛ وهو الذي يحدد فيما إذا كانت المياه حمضية أو قلوية، ويفضل أن يكون في مياه الشرب بحدود (7)؛ على الرغم من أنه ليس لدرجة القلوية أثر ضار بالصحة .





- القساوة أو عسر المياه **hardness**، وتحدد بتركيز أملاح الكالسيوم والمغنزيوم وخاصة كربونات الكالسيوم والمغنزيوم، وتعَد المياه العسرة غير صالحة للشرب، وحسب معايير منظمة الصحة العالمية يفضل ألا تزيد على (100) ملجم/لتر .

- المركبات الأوتية (النيتروجينية)، مثل النشادر والنترت والنترات ويجب ألا تحوي مياه الشرب على أي أثر للنشادر والنترت في حين يسمح بوجود النترات بتركيز 10-15 ملجم/لتر.

- أملاح المعادن المنحلة في المياه، وهي محدودة التأثير الفيزيولوجي إلا أنه يفضل ألا يزيد تركيزها في مياه الشرب على (1000) ملجم/لتر .

- المواد السامة، مثل الرصاص والزرنيخ والسيانيد والكاميوم والزنبق وغيرها، ويجب ألا يزيد تركيزها في مياه الشرب على (0.05) ملجم/لتر عدا الزنبق الذي لا يزيد تركيزه على (0.001) ملجم/لتر لسميته الشديدة .

ج - الخواص الجرثومية: تحوي المياه الملوثة العديد من الجراثيم والفيروسات الضارة التي تسبب كثيراً من الأمراض كالحمى التيفية والكوليرا والزحار والتهاب السحايا وشلل الأطفال وغيرها. ويمكن الكشف عن تلوث المياه بمثل هذه الجراثيم بواسطة بكتريا القولون، وأهمها الإشريكية القولونية **E.Coli**. ويجب ألا يزيد عددها على 100/1 مل، ويفضل غيابها نهائياً .







## الفصل الثاني – اسباب تلوث المياه الجوفية

أهم ملوثات المياه الجوفية :

تتجمع المياه الجوفية تحت قشرة الأرض الخارجية حيث تعتبر هذه المياه من أهم المصادر المائية التي توليها الدول ابلغ الاهتمام للمحافظة عليها ومنع التلوث البيئي من الإلحاق بها، فالتلوث البيئي والاستخدام العشوائي للمياه الجوفية يهددان ثروات المياه الجوفية في العالم ، وقد أوصى برنامج الأمم المتحدة بإنشاء إدارة لمصادر المياه الجوفية تهدف إلى تعاون إقليمي ودولي، ولقد حذرت تقارير برنامج الأمم المتحدة للبيئة من احتمال تضائل المياه الجوفية بسبب التلوث والنضوب، وتدعو التقارير إلى التشدد في مراقبة وسائل التخلص من نفايات البيئة ومياه المجاري والى اتخاذ الإجراءات التي تحد من تلوث الأرض بالمواد الكيميائية الضارة، مع السيطرة على كل ما يهدد المياه الجوفية. وتشير دراسات برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى مياه الجوفية تمثل حوالي 22% من حياة اليابسة ، وان الماء العذب المنساب عبر الأنهار يتجمع ويبقى لفترات طويلة كمياه جوفية تحت الطبقة الصخرية للأرض، وتختلف مناسيب هذه المياه وفقاً لتغيرات الطقس وكمية الأمطار حيث تزداد في الشتاء وتنقص في أواخر الصيف بسبب كثرة التبخر وحيث أن المياه الجوفية تمثل مصدراً مهماً من مصادر المياه الصالحة للشرب والرى، فإن الإسراف في استخدامها وتلوثها بالمواد الضارة يشكل تهديداً مستمراً لهذا المصدر المهم للماء العذب، ومن المشكلات التي تهدد المياه الجوفية انهيار الأراضي وتسرب المياه المالحة إلى الآبار الساحلية كما تتعرض المياه الجوفية إلى التلوث بسبب مخلفات ونفايات المستشفيات و المصانع والأنابيب النفطية والمناجم والمواد المشعة، بالإضافة إلى التلوث الناتجة من الزراعة بسبب استخدام الأسمدة الصناعية والمبيدات الحشرية وروث الحيوانات.

### أولاً تسرب المخلفات الطبية السائلة للمياه الجوفية:

تحتوي مياه الصرف الصحي للمستشفيات والمرافق الصحية وبعض المؤسسات على مركبات معدية وخطيرة ناتجة من العناية بالمرضى بالإضافة للمخلفات البشرية اليومية للمرضى والعاملين . حيث ان مصادر المخلفات الطبية السائلة هي :  
المستشفيات العامة والتعليمية والمراكز الطبية التخصصية.  
معامل التحاليل الطبية العامة والخاصة.  
مختبرات الأبحاث ومعامل الدراسات في الكليات الطبية والتقنية.  
العيادات الخارجية ومصحات الإيواء الخاصة.  
مراكز خدمات الكلى الاصطناعية.  
مراكز وعيادات الأسنان.  
مصارف الدم ومراكز التبرع بالدم.  
المختبرات البيطرية وأبحاث عن الحيوانات.  
مراكز العناية بالعجزة والمسنين.

### اشكال وأنواع المخلفات الطبية السائلة:

#### 1- ميكروبات الأمراض المعوية

تحتوي مياه الصرف الصحي للمستشفيات على كميات كبيرة من ميكروبات الأمراض المعوية من بكتيريا وفيروسات وديدان والتي تنتقل بسهولة خلال الماء ، تتلوث مياه الصرف الصحي من أقسام الأمراض السارية والمعدية من مرضى التهابات المعوية أو خلال الأوبئة.



## 2- سوائل كيميائية خطيرة

كميات هذا النوع من المخلفات متنوعة ومختلفة ناتجة من عملية التعقيم والتنظيف اليومية للأجهزة والمعدات والأسطح والأرضية ، كميات كبيرة من المذيبات من أحماض وقلويات عضوية وغير عضوية يتم تصريفها للمجاري العامة من معامل التحاليل ومعامل الباثولوجية بدون معالجة.

## 3- المخلفات الصيدلانية

كميات قليلة من الأدوية يتم تصريفها للمجاري العامة من الصيدلية ومن الأقسام الطبية المختلفة، هذه الأدوية قد تحتوي على المضادات الحيوية وأدوية سامة لعلاج الأورام ( cytotoxic drug ) وبعض الأنواع الأخرى.

## 4- مخلفات سائلة مشعة

كميات صغيرة من المخلفات السائلة المشعة تذهب لمياه الصرف الصحي من أقسام علاج الأورام وهي خطيرة للغاية.

## 5- مخلفات بقايا المعادن الثقيلة

كميات من المعادن الثقيلة ذات السمية العالية يتم تصريفها مثل الزئبق والفضة والرصاص من مراكز خدمات الأسنان ومن أقسام التصوير بالأشعة وكذلك من الأقسام الفنية المساعدة بالمستشفيات كقسم الحركة والميكانيكية ( Pruss et al., 1999 ).

## تحليل الفرق بين مياه الصرف الصحي للمستشفيات ومياه الصرف الصحي للمدينة:

هناك اختلاف كبير بين مياه الصرف الصحي للمستشفيات ومياه الصرف الصحي للأنواع الأخرى ( مياه الصرف الصحي للمنازل والمصانع والمزارع ) حيث تمتاز مياه الصرف بالمستشفيات بتنوعها واحتواها على الأتي:

1- وجود بكتيريا لها المقدرة على مقاومة عدد كبير من المضادات الحيوية .

2- تركيز البكتيريا في مياه الصرف الصحي للمستشفى أكثر من مياه الصرف الصحي للمدينة.

3- وجود ملوثات المياه الفيروسيّة مثل الفيروسات المعوية بكميات كبيرة بمقارنة بمياه الصرف الصحي للمدينة مع وجود الفيروسات الأخرى مثل adenovirus وفيروسات الدم مثل فيروس تليف الكبد وفيروس الإيدز الموجود بكميات كبيرة في سوائل جسم المرضى المصابين من الأقسام الطبية والمعامل والتي تذهب مباشرة لشبكة الصرف الصحي بالمستشفى، حيث ان بعض الدراسات أثبتت وجود أجزاء من فيروس HIV في مياه مجاري المستشفيات بكميات أكبر من مياه الصرف الأخرى ( Lue-Hing, et al, 1999 ).

4- وجود كميات أكبر من المعادن الثقيلة من الزئبق والفضة وكميات من مركبات الكيماوية المسببة للهلوسة والهرمونات البيئية.

5- وجود كميات كبيرة من المضادات الحيوية بالمقارنة بمياه الصرف الصحي للمدينة.





## أهم وأخطر ملوثات المستشفيات السائلة بمياه الصرف الصحي:

هناك عدة ملوثات خطيرة ناتجة من المخلفات الطبية السائلة بعد العناية بالمرضى سببت في خطورة مياه الصرف الصحي للمستشفيات بالمقارنة مع مياه الصرف الصحي للمدينة أو مياه الصرف الصحي الصناعي أو الزراعي ، وصعوبة هذا النوع من المياه ترجع في عدم إمكانية التخلص من تلك الملوثات بواسطة محطات معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها والاستفادة منها وهي كالتالي:

### 1- الفورمولدهيد

ويعتبر من أكثر الملوثات لمياه الصرف الصحي خطورة، كميته كبيرة بحكم استخداماته الكثيرة في معامل الباثولوجية وأقسام الجراحة لحفظ العينات واستخداماته الأخرى في تعقيم الأجهزة والأدوات الطبية.

### 2- كيماويات تحضير وإظهار الصور

كل المستشفيات الكبرى وعيادات الأسنان تضم قسم الأشعة والذي يستعمل عدة محاليل كيماوية لتثبيت وإظهار الصور مثل :

Fixer	Developer	Stop solution
Hydroquinone%10-5	Glutaraldehyde %45	Acetic acid
Potassium hydroxide %5-1		
Silver %1		

منها معدن الفضة السام الملوث لمياه الصرف الصحي الناتج من عمليات أظهار أفلام X-ray ، حالياً في المستشفيات الحديثة يتم معالجة سوائل التحميض للحصول على الفضة ومع هذا لا زال كميات من هذه السوائل الشديدة السمية تذهب للصرف الصحي ، وتوجد أيضاً مركبات سامة أخرى بأقسام الأشعة مثل **Selenium ، Chromium** وتعتبر أيضاً من المخلفات ذات الخطورة العالية للبيئة المحيطة في حالة وصولها لمياه الصرف الصحي .

### 3- المذيبات ( solvents )

وأنواعها المستعملة في المستشفيات ( Kummerer K et al., 1998 ) ومعامل التحاليل متعددة ومختلفة التركيب والقوة من ضمنها:

مركبات تسبب الهلوسة Halogenated Compounds	مركبات لا تسبب الهلوسة Non-halogenated Compounds
Methylene chloride	Xylene, Acetone
Methylene chloride	Ethanol, Isopropanol
Trichloro ethylene	Methanol, Toluene, Ethyl acetate

ويعتبر **Xylene ، Methanol ، Acetone** من أكثر استخدامات في المستشفيات والمعامل وهذه المذيبات عادة ما تتبخر أو يتم تصريفها إلى المجاري، وتشير دراسة ألمانية تمت لعدد من المستشفيات حيث أخذت عينات من مياه الصرف الصحي قبل اختلاطها بالشبكة العامة فوجدت كميات كبيرة من المركبات الهلوجينية المسببة للهلوسة بنسب **0.13 - 0.49** ملجم/لتر (Gartiser et al., 1996) وفي دراسة أخرى بمستشفى تعليمي فرنسي كانت الكمية تتراوح من **0.38 - 1.24** ملجم/لتر ( Emmanuel E, et al., 2001 ) دراسة حديثة أخرى أثبتت إن وجود كميات كبيرة من الكيماويات المستخدمة في تحضير صور الأشعة في مياه الصرف الصحي للمستشفى ألماني كانت السبب وراء زيادة نسبة المركبات العضوية المسببة للهلوسة بمياه الصرف الصحي ( Sprehe M et al., 2001 ).





#### 4- الزئبق

تعتبر المخلفات الطبية المحتوية على الزئبق قليلة الكمية ولكنها شديدة السمية وتتراكم كمياتها في الأجسام فتسبب أضرار كبيرة للجهاز العصبي ، حتى الآن لا تستطيع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في التخلص منها، ويأتي التلوث بالزئبق من عدة مصادر طبية منها عيادات الأسنان وعمليات تعبئة أسنان المرضى بمادة الحشو أمغم (Amalgam) والتي تحتوي على 49 % زئبق وينتج كذلك من تكسر بعض الأجهزة الطبية المحتوية على هذه المادة، حالياً أصبح استخدام تلك الأجهزة يقل بسبب الوعي العالمي لمشاكل التلوث بالزئبق فتم استبدالها بأجهزة إلكترونية حساسة مثل الترمومتر وأجهزة قياس الضغط وغيرها. (Barron T, 2001).

#### 5- الهرمون الأنثوي البيئي (الاستروجين) Environmental sex hormone

وهي مركبات هرمونية بينية تتكون وتنشأ بسبب التلوث ببعض المركبات الصيدلانية الكيماوية عند تصريفها لمياه الصرف الصحي فتسبب في خلل بالجهاز التناسلي الذكري للأحياء البرية وكذلك الإنسان (et Tabak al, 1981, Shore L, et al, 1993),، إحدى الدراسات وجد أن الهرمون الشبيه للهرمون الأنثوي بتركيز 2 نانو جرام/لتر سبب في تغيير أجناس بعض الأسماك عندما تلوثت مياه الأنهار بمياه الصرف الصحي المحتوية على هذا الهرمون (Raloff J, 1998)، وبعض الدراسات عزي نقص معدلات جودة وزيادة تشوهات الحيوان المنوي لدى الرجال في السنوات الأخيرة لهذا الهرمون بالمقارنة مع العقود الماضية .

#### 6- المضادات الحيوية

تعتبر المضادات الحيوية من أكثر استخدامات المركبات الصيدلانية وتأتي تأثيراتها من ناحية التلوث البيئي في تعزيز وزيادة مقاومة البكتيريا للأدوية مما يؤدي إلى انتشار بعض الأوبئة التي يصعب التحكم بها فكمية المضادات التي وجدت بمياه الصرف الصحي ببعض المستشفيات الأوروبية تصل إلى ( 50 µg/L ) (Kummerer K, 2001) ودراسة أخرى وجدت كمية ( 13 µg/L ) من مضاد التيتراسيكلين بعد انتهاء معالجة تلك المياه في محطات المعالجة (and Hueck-van, 1984 Van Der). بكتيريا Klebsiellae المعزولة من مياه الصرف الصحي للمستشفى كانت مقاومة لمضاد الحيوي امبيسلين بنسبة 90 % وبنسبة 6 % كانت مقاومة لمجموعة من المضادات الحيوية الأخرى في نفس الوقت (Stelzer W, 1985 et al.).

#### 7- الأدوية المستعملة لعلاج الأورام والخلايا السرطانية

تعتبر الأدوية المستعملة لعلاج الأورام والخلايا السرطانية من أخطر الملوثات لمياه الصرف الصحي لما لهذه الأدوية من مقدرة في أحداث طفرات وتشوهات وسرطان بالخلايا الحية وهذا النوع من المركبات الكيماوية يستخدم فقط بالمستشفيات، وينتج من أعطى المريض جرعات ولعدة شهور فيخرج من جسم المريض ولعدة أيام مع البول والبراز المحتويات على كميات كبيرة منه، وينتج كذلك عند خلط الدواء وما ينتج عن ذلك من كميات إضافية يتم التخلص منها وما ينتج عند غسل الأدوات المستعملة والتي تكون ملوثة بهذه المواد ، أثبتت دراسة بكندا وجود نوعان من الأدوية السرطانية Naproxen ,Ibuprofen في مياه الصرف الصحي للمستشفى ( et al Rogers, 1986 ) بالإضافة إلي اكتشافها أيضا في محطات معالجة المياه الملوثة ، بالتأكيد توجد حاجة للاستفادة من مياه الصرف الصحي للمستشفيات ومنع تسربها للمياه الجوفية ولكن من الأوليات عدم تعريض البيئة والأفراد لمخاطر هذه المياه حتى بعد معالجتها وذلك لوجود مسببات المرض التي قد لا تستطيع محطات المعالجة التخلص منها ، فيجب قبل المعالجة الحد والتقليل والتخلص من الملوثات قبل تصريفها للشبكة المياه الصرف الصحي العامة.





### مواصفات المياه الملوثة الناتجة من المستشفيات:

تتنوع مواصفات المياه الملوثة الناتجة عن المستشفيات وكلها تعتبر ملوثة و لا يجوز صرفها لشبكة الصرف العام أو إعادة استخدامها لأعمال الري .  
فيما يلي بعض المواصفات العامة للمياه الملوثة الناتجة عن عدد من المستشفيات.

#### مستشفى (1)

الخصائص	موقع رقم ( 1 )	موقع رقم ( 2 )	موقع رقم ( 3 )
pH	6.6 – 7.6	6.8 - 8.1	6.1 – 8.05
E. C $\mu$ hos/cm	995 – 1970	1050 – 2470	1340 – 2300
Temp °C	12 – 20	12 – 20	12 – 20
BOD5 mg/l	125 – 430	150 – 375	150 – 410
COD mg/l	250 – 630	300 – 1200	480 – 1650
T.S mg/l	1120 – 2360	1230 – 2510	1600 – 2580
S.S mg/l	36 – 140	60 – 180	85 – 250
PO <sub>4</sub> mg/l	3.5 – 16	3.51 – 15	3.5 – 13.3
NO <sub>3</sub> mg/l	0.31 – 2.1	0.4 – 3.9	0.21 – 2.35

#### مستشفى (2)

الخصائص	موقع رقم ( 1 )	موقع رقم ( 2 )	موقع رقم ( 3 )
pH	6.2 – 8.0	6.5 - 8.13	6.37 – 7.7
E. C $\mu$ hos/cm	1300 – 1780	950 – 2300	1100 – 2800
Temp °C	12 – 20	12 – 20	12 – 20
BOD5 mg/l	190 – 430	210 – 375	190 – 340
COD mg/l	210 – 500	330 – 1100	300-1350
T.S mg/l	1200 – 2430	1340 – 2730	1400 – 2615
S.S mg/l	160 – 215	190 – 320	130 – 300
PO <sub>4</sub> mg/l	8.0 – 14	7.08 – 16	4.3 – 13.0
NO <sub>3</sub> mg/l	0.21 – 2.3	0.35 – 3.2	0.16 – 1.7

#### مستشفى (3)

الخصائص	موقع رقم ( 1 )	موقع رقم ( 2 )	موقع رقم ( 3 )
pH	6.4 – 7.53	7.3 - 8.2	6.1 – 7.73
E. C $\mu$ hos/cm	350 – 730	530 – 1125	510 – 1880
Temp °C	12 – 20	12 – 20	12 – 20
BOD5 mg/l	190 – 430	210 – 460	210 – 390
COD mg/l	280 – 820	320 – 1250	318 – 1600
T.S mg/l	730 – 1500	890 – 1800	840 – 2120
S.S mg/l	169 – 198	310 – 680	210 – 630
PO <sub>4</sub> mg/l	3.5 – 15	4.7 – 12	3.35 – 9.4
NO <sub>3</sub> mg/l	0.36 – 1.64	0.3 – 0.83	0.2 – 0.66

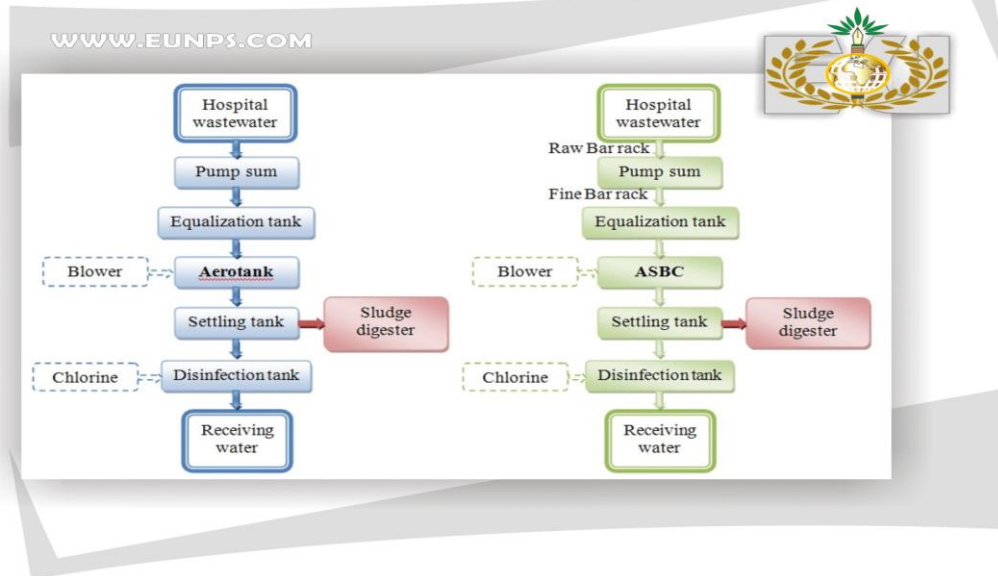
موقع رقم ( 1 ) : يتضمن مياه الفضلات للمستشفى غير الممزوجة بفضلات المختبر  
موقع رقم ( 2 ) : يتضمن مياه الفضلات للمستشفى الممزوجة بفضلات المختبر ( الكلية )  
موقع رقم ( 3 ) : يتضمن مياه الفضلات الخارجة من المختبرات فقط .







المراحل العامة لمعالجة المياه الملوثة الناتجة من المستشفيات وهي تعتمد على إنشاء محطات معالجة خاصة لمياه المستشفيات الملوثة بحيث تعتمد هذه المحطات على المعالجة البيولوجية بالحماة المنشطة ذات التهوية المطولة و التي تتناسب مع الإمكانيات المتاحة محلياً إذ تمتاز هذه الوحدات بسهولة التشغيل والصيانة فضلاً عن إمكانية تحمل الصدمات .



التوصيات والإجراءات التي يجب العمل بها للحد من تلوث مياه الصرف الصحي بالمستشفيات:

- 1- يجب تعقيم كل سوائل جسم المرضى الناتجة من العناية بهم قبل صرفها إلى مجاري المستشفى مثل الدم بواسطة الحرارة الجافة أو البخار أو تعقيمها بواسطة الكيماويات أقل خطورة.
- 2- يتم التخلص من المخلفات الصيدلانية عن طريق المحارق ذات درجات الحرارة العالية والابتعاد عن تصريفها بالمجاري المستشفى حتى لو كانت بكميات بسيطة.
- 3- في بعض الحالات يمكن تصريف بعض الأدوية السائلة والمحتوية على الفيتامينات أو أدوية الإسهال وبعض السوائل التغذية الوريدية وقطرات العين، على شرط أن تكون كمية ضئيلة جداً مع جريان الماء بكميات كبيرة للتخفيف.
- 4- يمنع منع باتاً تصريف الأدوية المستخدمة لعلاج الأورام والتي لها المقدرة الكبيرة في إحداث طفرات وتشوهات وسرطانات للأحياء البرية من حيوانات ونباتات وحتى الإنسان. والمعروف على هذا النوع الصعوبة الكبيرة في التخلص منه بواسطة محطات معالجة مياه المجاري.
- 5- يمكن التخلص من الأدوية السامة المستعملة لعلاج الأورام و صرفها للمجاري المستشفى فقط بعد معالجتها بمواد كيميائية لتكسيرها وأبطال مفعولها وتحويلها إلى سائل غير خطرة. هناك عدد كبير من المواد الكيميائية تستعمل لأبطال مفعول أدوية الأورام السامة وتحويلها إلى صور أبسط وأقل خطورة كلاً على حسب النوع ، من ضمن هذه المواد Potassium permanganate, Sulfuric acid.







6- عدم تصريف مخلفات السوائل المشعة بالمجاري ويجب تجميعها وتخزينها في علب خاصة حسب كمياتها وميزاتها الكيماوية والإشعاعية وطرق التعامل معها، بعض المواد المشعة تمتاز بعمر نصف قصير يمكن تخزينها ثم تصريف للمجاري العامة بعد التأكد من أنها مفعولها المشع.

7- ضرورة معالجة ومعادلة المذيبات من أحماض وقلويات في معامل الباثولوجية في أنية خاصة ثم تصريف مع كميات كبيرة من المياه إلى المجاري العامة. في معامل الباثولوجي تثبت أحواض خاصة تحت أحواض الغسيل تحتوي على مركبات ( Limestone Sumps ) لها المقدرة على معالجة الأحماض إلى مركبات غير ضارة للشبكة الصرف الصحي وغير ضارة لمحطات المعالجة.

8- في أقسام الأشعة من الضروري استخدام أجهزة جديدة لإظهار الأفلام يستخدم بها مواد كيماوية أقل وكميات أصغر لتقليل المنبعث منها لمياه الصرف الصحي مع الأخذ في الاعتبار معالجة تلك السوائل قبل تصريفها.

9- عدم استعمال أو التقليل من استخدام المطهرات المحتوية على مركبات الفينول السامة أو استبداله بمطهرات أقل خطورة مثل مطهر **Guaternary amine disinfectants** والذي أثبت عدم أضراره لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي مع انه يعتبر من الكيماويات الخطيرة .

10- في حالة استخدام مطهرات الفينول يجب استخدام أقل التراكيز المسموح بها ويتم تحضير الكميات التي تستعمل فقط، الاتجاه الخاطئ السائد في إن المطهر الأكثر تركيز أكثر قوة.

11- تخزين المركبات الكيماوية الخطرة في علب ثنائية مزدوجة للتقليل من حوادث تسرب السوائل على الأرضية ومنها لمياه الصرف الصحي.

12- على الأطباء التقليل في وصفاتهم العلاجية من أعطى المرضى أدوية تحتوي على المعادن الثقيلة، مثل المراهم المستعملة لعلاج الطفح الجلدي الناتج عن الحفاضات لدى الأطفال أو مثل محلول نترات الفضة المستعمل في علاج الحروق (كمية تتعدى 5ppm) تعامل كمخلفات كيماوية خطيرة ويتم التخلص منها على هذا الأساس).

13- لتقليل من حوادث التلوث البيئي الدواني على الصيدلية بالمستشفيات الاهتمام بطرق ومكان تخزين الأدوية مع مراعاة الأدوية المنتهية الصلاحية وطرق التخلص السليم منها وعدم تصريف الأدوية إلى مياه الصرف الصحي وخاصة المحتوية على الفضة ، الكاديوم، الكروم، النحاس، الرصاص، الزنق، السيلينيوم والزنك.

14- في عيادات الأسنان ولتقليل من تلوث مياه الصرف الصحي بالزنق والمعادن الثقيلة الأخرى من الضرورة استخدام جهاز لفصل حشو الأسنان ( Amalgam Separators ) من مياه الناتجة عن تنظيف الفم قبل تصريفها للشبكة العامة.

15- دائماً وللمحد من التلوث يفضل استعمال طرق الفيزيائية مثل التعقيم بالبخار بدلا من الطرق التنظيف الكيماوية باستخدام المطهرات وغيرها.

16- على العاملات بمغسلة المستشفى التأكد من خلو الغسيل من الملوثات الخطيرة مثل رقع استخدمت لتنظيف المواد الكيماوية والمحاليل بالأقسام.



17- يفضل استعمال المصفيات الخاصة للمعادن والكيماويات السامة من سوائل الناتجة من التحاليل والتجارب والعناية بالمرضى مثل :

- أ- فلتر يستخدم لتنقية الفضة من سوائل الناتجة من عمليات أظهار الصور.
- ب- فلتر كيماوي خاص لحجز جزيئات المواد الكيماوية المشعة.
- ت- مصفي خاص لمعالجة الكحول الملوث الناتج من عمليات الصبغ في معامل الباثولوجية.
- ث- جهاز يستخدم لحجز المواد الكيماوية الفلورسكية السامة من السوائل قبل تصريفها للمجاري.
- ج- جهاز يستعمل لتنقية ومعالجة المذيبات الضارة من السوائل لإعادة استخدامها مجدد بدل عن تصريفه للشبكة العامة.
- ح- جهاز لتنقية الفورمالين من سوائل الناتجة من المعمل

18- على العاملين بالصحة وخاصة بمعامل التحاليل الطبية الإلمام الكامل بنوع الكيماويات التي يتعاملون معها من حيث خطورتها وطرق التعامل والتخلص السليم منها وهناك عدة نصائح بهذا الشأن :

- أ- التقليل من كمية الأصباغ للشرايح الميكروبية فقطرة صغيرة تفي بالغرض ويتم تصريفها مع جريان الماء.
- ب- بعض الأصباغ الخطيرة يفضل جمعها في أنية خاصة ويتم التخلص منها بعيدا عن مياه الصرف الصحي.

19- بالنسبة للمخلفات السائلة غير المشعة، فهي تحتاج إلى محطات معالجة تجعلها ضمن المواصفات القياسية لشبكة الصرف العام أما المواد المشعة والنفايات المسرطنة، فإنه يجب التخلص منها بطريقة آمنة تحددتها هيئة الطاقة الذرية.

### ثانياً تسرب المخلفات الطبية الصلبة وملحقاتها السائلة للمياه الجوفية:

حيث ان المخلفات الطبية الصلبة وملحقاتها السائلة تتمثل في المواد الكيماوية - المواد المشعة - الأدوات الجراحية - الألبسة - المفروشات - الشاش - العبوات والأجهزة البلاستيكية - مخلفات المريض .

### التصنيف العلمي لمخلفات المستشفيات الصلبة وملحقاتها السائلة

#### 1- مخلفات معدية

وهي النفايات الناتجة عن ممارسة الأعمال الطبية التي تلوث بالسوائل الحيوية للمرضى، ونواتج العمليات الجراحية ومخلفات الجسم. وهذه النفايات تقسم إلى قسمين:

- أ- معدية حادة: وهي الأدوات الجراحية التي تستعمل مرة واحدة "شفرات"، إبر خياطة، رؤوس إبر".
- ب- معدية غير حادة: وتشمل الدماء والمصول لإجراء التحاليل المخبرية، والألبسة والمفروشات والشاش المستخدم في العمليات الجراحية، إضافة إلى العبوات البلاستيكية الفارغة والأجهزة البلاستيكية التي تستعمل مرة واحدة "عبوات الدم والسيرومات والمصول".

#### 2- النفايات الخطرة

ويقصد بها المواد الكيماوية المستخدمة في الإجراءات الطبية وبقايا عبوات الأدوية المسرطنة التي تؤثر على الـ DNA، والمواد المشعة التي تستخدم بالحقن الوريدي أو بالزرع الموضعي، إضافة إلى مخلفات المريض العضوية "براز، بول" الذي يعالج بالمواد المشعة.



السياسة العالمية المتبعة في التعامل والتخلص من النفايات الطبية الصلبة وملحقاتها السائلة  
هذه السياسة تعتمد على اربعة مراحل هي :

- 1- الفرز : إذ يجب فرز النفايات بمكان جمعها، فتوضع النفايات المعدية الحادة في صناديق خاصة تدعى صناديق السلامة، أما النفايات المعدية غير الحادة، فتجمع في أكياس تأخذ لوناً خاصاً وتكتب عليه عبارة "نفايات طبية خطيرة".
- 2- النقل : تنقل النفايات حسب نوعها ضمن عربات خاصة.
- 3- التخزين : يجب أن يكون هناك مكان خاص سهل التنظيف والتعقيم لتخزين تلك النفايات ريثما تأتي أليات خاصة وتنقلها.
- 4- التخلص منها : ويتم عن طريق الحرق أو الطمر ضمن أماكن خاصة وبمواصفات خاصة.

#### أهمية فصل وفرز المخلفات الطبية الصلبة والسائلة

عملية فصل المخلفات الطبية الصلبة ليست صعبة ولكن الصعب هو تجميع النفايات السائلة و التخلص منها بالطرق السليمة ، فبعض الدول ينص قانونها على جمع النفايات السائلة ثم التخلص منها ، وطريقة الجمع لها مخاطرها لان النفايات السائلة هي مواد ملوثة، وتحتوي على كواشف متنوعة فعندما تجمع فإن احتمال تفاعل هذه الكواشف مع بعضها كبير كما ان عملية فصل النفايات السائلة سواء كانت دماء المرضى أو بولهم عملية صعبة كما ان عملية طرحها دون معالجة في مياه الصرف الصحي تعتبر خطر داهم ، إضافة إلى ما قد يسببه الدم الملوث الحامل للأمراض والجراثيم خلال عبوره في مجاري الصرف الصحي العامة، وخاصة إذا ما حدث كسر مقصود أو غير مقصود في شبكة الصرف أو ان شبكة الصرف هي خزان ارضي "بئر سوداء" فسوف يصل الماء الملوث للمياه الجوفية و إلى المزروعات عندها لن يصبح وباء الكوليرا بعيداً ولن نكون بمنأى عن جميع أنواع الديدان والحميات. و أما بحالة الدم الحامل للجراثيم والفيروسات و أثناء سيره في شبكة الصرف الصحي العام تتراكم عليه وتتجمع معه فطريات فتتضاعف عملية الجرثمة و تتطور الحالة السمية قبل أن تصل هذه المواد إلى محطة المعالجة أو الى مكب النفايات فتحرق هناك وتتسمم المنطقة المحيطة بالمكب.

ان أهم ما يجب فعله لتجنب الأثر الحيوي و منع التلوث هو التعقيم المناسب واستخدام أدوات السلامة (القفاذات والكمادات) و التعامل العلمي والعمل الجيد مع أنسجة المريض وعينات الاختبار المخبرية كذلك الإحاطة بالنفايات العامة والطبية للمريض حيث أن النفايات الطبية مصدر خطر بيئي كبير داخل المستشفى وخارجه. البارفين و الفورمول و الأيتنول هذه جميعها مواد تستخدم في المستشفيات بكثرة وتذهب بالصرف الصحي للمستشفى و هي مواد مسرطنة ومخرشة لشبكية العين والرنة، بالدرجة الأولى تؤدي العاملات في المستشفى وثانياً تؤدي عند وصولها لشبكة الصرف العام والمياه الجوفية في جميع الاحوال.







انواع المطهرات الكيميائية في المستشفيات

ت	الاسم التجاري	الاسم العلمي
1	هيبتين Hibitane	كلوروهكسدين Chlorohexidine
2	سافلون Savlon	كلوروهكسدين : سترمايد Chlorohexidine: Cetrimide
3	بايوتيك Biotick	ستيل ثلاثي المثلث امونيوم كلورايد Cetyl Tri methyl Ammonium Chloride
4	سبتسين Septicin	بنز الكونيوم Benzalkonium Chloride
5	فورمالديهايد Formadehyde	فورمالديهايد Formadehyde
6	الفينولات Phenoles وتشمل: -ديتول Detol -سبتول Septol	كلوروكسيلينول Chloroxylenol كلوروكسيلينول Chloroxylenol
7	محلول اليود Iodine-Solution	Povidine-Iodine
8	الكحول الايثيلي Ethylalcohol	الكحول الايثيلي Ethylalcohol

خطوات التعامل السليم مع المخلفات الطبية الصلبة وملحقاتها السائلة:

#### الخطوة الأولى:

تطبيق نظام التصنيف للمخلفات الطبية والغير طبية (system of segregation) بحيث يتم تقسم النفايات كآلاتي:

- 1- تجميع النفايات العامة مثل بقايا الطعام ، الأوراق، علب البلاستيك، علب المشروبات الغازية، مناديل ورقية أو أي شيء مماثل غير ملوث بمخلفات المرضى ، تجمع وتوضع في أكياس خاصة بها.
- 2- تجميع النفايات الطبية أو مخلفات المرضى الناتجة من العناية بهم من الأقسام المختلفة كحجرات الإيواء ، صالات العمليات وحجرات الإنعاش وأقسام المستشفى التخصصية ومعامل التحاليل بكافة أنواعها ، توضع في أكياس خاصة بها ويتم تجميعها والتعامل معها بحذر شديد.
- 3- تجميع المواد والمخلفات الحادة كالإبر والحقن والمشارط والزجاج المكسور في الحالتين ملوث وغير ملوث.

#### الخطوة الثانية:

استخدام الأكياس المخصصة لكل نوع من النفايات كآلاتي:

- أكياس باللون الأحمر الفاقع ( توجد عليها العلامة الدولية للمخلفات البيولوجية الخطرة) توضع بها المخلفات الطبية للمرضى.

- 1- أكياس باللون الأسود للمخلفات العامة مثل مخلفات المكاتب وحجرات الأطباء وطاقم التمريض من أوراق وعلب ومخلفات المطعم من بقايا الأطعمة وغيرها.





- 2- إلزام العاملات بوضع أكياس بالوزن المناسب في سلات القمامة داخل الأقسام مع الأخذ في الاعتبار حجم السلة مع حجم النفايات، ويراعى عدم تعبئة السلات أكثر من اللازم وأن تكون بغطاء وبعيدة عن سرير المريض.
- 3- يجب أن تكون هناك سلتان في كل حجرة للمرضى أحدها بكيس احمر وهي لنفايات المريض المعدية والأخرى بكيس أسود لبقايا الغداء أو الورق أو علب البلاستيك.
- 4- يجب عدم نقل أكياس المخلفات باليد عبر الممرات حتى لا تتمزق، تنقل عادة بعربات صغيرة إلى مكان التجميع المؤقت.

#### الخطوة الثالثة:

ضرورة استعمال حاويات أو حافظات صغيرة من البلاستيك المقوى عليها إشارة المخلفات البيولوجية الخطرة لجمع بقايا الإبر والحقن بعد استخدامها مباشرة وعدم رميها نهائياً بأكياس القمامة ويتم التخلص منها بعد تعقيمها بواسطة المحارق، ويجب أن لا تعبأ تلك الحافظات أكثر من ثلاثة أرباعها.

#### الخطوة الرابعة:

استخدام طرق بديلة للتخلص من بعض النفايات الطبية بدل الحرق مثل التعقيم البخاري والمعالجة الكيماوية قبل وضعها مع النفايات الأخرى (حالياً أفران البلازما تفي بالغرض).

#### الخطوة الخامسة:

استخدام عربات تجميع القمامة المؤقتة (لحين قدوم سيارة نقل القمامة) لكل نوع على حدة بحيث يراعى الآتي :

- 1- عدم تجميع النفايات من قبل العاملات ووضعها في الممرات والردهات أمام المارة أو الزوار لحين نقلها خارج المرفق الصحي.
- 2- عدم تخزين النفايات في مساحات مفتوحة معرضة للأمطار والحيوانات والطيور والحشرات والقوارض الناقلة للأمراض ويفضل مكان مغلق مع وجود تهوية ممتازة.
- 3- سهولة وصول عاملات وعمال النظافة بالمرفق الصحي وعربات نقل النفايات إلى الخارج.
- 4- صعوبة وصول المارة وزوار المرفق الصحي لمكان التجميع المؤقت للنفايات.
- 5- استخدام عربات بلونين ( الأصفر للنفايات الطبية والرمادي للمخلفات الأخرى) في مخزن التجميع المؤقت وتوضع في أماكن بعيدة عن بعضها حتى لا يحدث خلط، وأن تكون غير منفضة للسوائل حتى لا تلوث الأرضية بالميكروبات المعدية وتنقلها الأقدام بدورها إلى داخل المرفق الصحي.
- 6- وجود مصدر للمياه لتنظيف الأرضية وتصريف جيد لها.
- 7- إبعاد مراكز تجميع النفايات المؤقتة عن مخازن الأغذية والمطعم والمطبخ.
- 8- الحث على ارتداء القفازات والمعاطف الواقية للعاملين بنقل النفايات الطبية تحسباً لأي وخزٍ بالإبر أو تسرب لبعض السوائل الملوثة.



9- ضرورة وجود وقت ثابت لنقل القمامة من المرفق الصحي، على الأقل مرة واحدة يوميا ويفضل جمع القمامة في كل وردية عمل.

10- يفضل جمع الأكياس السوداء للقمامة العادية في وقت يختلف عن وقت جمع الأكياس الحمراء للمخلفات الطبية حتى لا يحدث خلط بينهم.

11- يراعى عدم امتلاء أكياس القمامة أكثر من ثلاثة أرباع الكيس حتى يسهل إغلاقها والتعامل معها وحتى لا تتمزق بسبب الامتلاء الكامل.

12- يفضل بعد امتلاء الأكياس الحمراء بالمخلفات الطبية أن توضع علامات مختصرة عليها تخص القسم الذي جمعها والمسئول عن تلك المناوبة وتاريخ تجميعها ، هذه المعلومات تفيد في التعرف على تلك المخلفات وكمياتها ويوم تجميعها لتحديد كمية المخلفات لكل قسم ومعرفة كيفية التعرف عليه في حالة تم العبث بتلك المخلفات.

#### الخطوة السادسة :

وهي تخص معال التحاليل

1- ضرورة التخلص من أطباق المزارع البكتيرية بواسطة التعقيم البخاري قبل رمي تلك الأطباق في أكياس المخلفات الطبية لزيادة التأكد من القضاء على الميكروبات.

2- إجراء المعالجة الأولية لبعض المخلفات السائلة ( المذيبات والأصباغ كما في معامل الباثولوجي) قبل تصريفها بشبكات المجاري العامة تفاديا للأضرار التي قد تسببها للشبكة والبيئة.

#### الخطوة السابعة:

وهي لمصارف الدم

وضع وحدات دم المتبرعين الغير صالحة للاستخدام (بسبب انتهاء صلاحيتها أو احتواها على ميكروبات الدم المعدية) في أكياس حمراء (سميكة وغير منفذة للسوائل) ويتم التخلص منها بواسطة المحارق فقط وليس بالطرق الأخرى.

#### الخطوة الثامنة:

وهي للصيدلية ومخزن الأدوية

الأدوية منتهية الصلاحية أو سينة التخزين تعاد للمصدر أو الشركة الموردة حتى يتم التخلص منها بمعرفتهم ولا يتم التخلص منها بالمكبات العامة مع القمامة الأخرى.

#### الخطوة التاسعة:

وهي لأقسام الإيواء

يجب وضع علامات على كل عينة يتم إرسالها من الأقسام ألي مختبر التحاليل تبين من أين أخذت ومدى خطورتها وهل المريض مصاب بمرض معدي حتى يتم التعامل معها بشكل سليم على حسب خطورتها كذلك التخلص منها بالشكل السليم.

#### الخطوة العاشرة

ضرورة استحداث وظيفة مراقب المخلفات الطبية (Waste Management Officer) بالمستشفيات والمراكز الصحية الكبرى بحيث يكون مسؤولا عن تطبيق الخطوات السابقة ومتابعا لطرق جمع ونقل والتخلص من النفايات، حيث يتبع مدير المستشفى مباشرة وله اتصال مباشر مع رؤساء الأقسام ورئيسة التمريض ومدير الموظفين والمطبخ والقسم المالي وقسم الخدمات والحركة ويمكن له الاستعانة باستشارات فنية طبية من أخصائيي الميكروبات، والكيموايات والأدوية والأشعة، ويشرف مباشرة على عاملات وعمال النظافة وجمع القمامة مع وضع لوائح صارمة واتخاذ إجراءات تأديبية .







## اسباب تلوث مياه البحار والمحيطات والأنهار

تعتبر مشكلة تلوث مياه المحيطات والبحار من اخطر مشكلات البيئة على الصعيد العالمي، وترجع أسباب هذا التلوث إلى إلقاء نفايات السفن من مواد بترولية ومواد كيميائية أخرى في المحيطات والبحار، بالإضافة إلى تلوث المياه بمخلفات المصانع التي تحتوي على المركبات العضوية والمعادن الثقيلة السامة، وتمثل هذه الملوثات ابلغ الخطر على الأحياء المائية، حيث تؤدي إلى تدهور نموها وتكاثرها، وينعكس اثر هذا التلوث على الإنسان والحيوان التي تتغذى على الكائنات المائية الملوثة، ونذكر على سبيل المثال لا الحصر خطورة تراكم عنصر الرصاص في أنسجة الأحياء المائية مما يؤدي إلى القضاء عليها وانخفاض حجم الثروة المائية، بالإضافة إلى تعرض الإنسان الذي يتغذى على الأسماك الملوثة للإصابة بالأمراض ومن أسباب تلوث البحار ارتفاع نسبة المواد الزيتية الصادرة من محركات السفن، والتي تعرق نمو النباتات البحرية التي تعتبر من أهم المصادر الغذائية للأحياء المائية، وتجدر الإشارة إلى أن هذه النباتات تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية التي تزايد كميتها على الأرض وامتدت إلى أعماق البحار بسبب نقصان سمك طبقة الأوزون ، ولعل من أسباب تلوث البحار أيضا الحروب وما سببته من هلاك للكائنات الحية وتدمير للبيئة

لقد اهتم مؤتمر قمة الأرض الذي عقد في مدينة ريودي جانيرو في البرازيل من 3-11 يونيو عام 1992م ( وما لحقه من مؤتمرات الى يومنا هذا ) بدراسة ومعالجة العديد من مشكلات البيئة من بينها مشكلة تلوث البحار، حيث وقعت اتفاقية صيانة وحماية التنوع الإحيائي واستمرار تطويرها .





## الفصل الثالث - اسس المعالجة التقليدية للمياه

أول معالجة للمياه كانت عملية الترشيح ثم ظهر التطهير باستخدام الكلور وذلك للقضاء على بعض الكائنات الدقيقة من بكتريا وفيروسات مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا وحمى التيفويد ثم ظهرت عملية التيسير لإزالة عسر الماء ثم عملية الترويب لإزالة العكر .

### المعالجة التقليدية للمياه السطحية :

تحتوي المياه السطحية ( المياه الجارية على السطح ) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها ، وهي بذلك تعد مياه يسرة ( غير عسرة ) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكر وتغيرا في اللون والرائحة ، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير ، تتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، كما تحتوي على بعض الكائنات الحية الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا ، ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقى معلقة في الماء ولا تترسب ، إضافة إلى ذلك فإن خواصها السطحية والكيميائية باستخدام عمليات الترويب الطريقة الرئيسية لمعالجة المياه السطحية ، حيث تستخدم بعض المواد الكيميائية لتقوم بإحلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب ، ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب ، ومن المكروبات المشهورة كبريتات الألمونيوم وكلوريد الحديد ، وهناك بعض المكروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنطونيات والسليكا المنشطة، ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه ، حيث تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق إرسال تلك المياه إلى المستهلك .

### المعالجة التقليدية للمياه الجوفية:

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم ، إلا أن بعض مياه الآبار وخصوصا العميقة منها والنقية جدا والتي تفي بجميع مواصفات المياه قد تحتاج إلى عمليات معالجة متقدمة وباهظة التكاليف تتمثل في إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها إلى شبكة التوزيع ، وإضافة لعملية التطهير فإن غالبية أنواع المياه الجوفية (الأقل نقاوة) تحتاج إلى معالجة فيزيائية وكيميائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنغنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام ، عملية التهوية والتي تقوم بإزالة جزء من الحديد والمنغنيز عن طريق الأكسدة ، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات المعالجة الأخرى ، أما إزالة معادن الحديد والمنغنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية باستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم .

والغالب عند معالجة المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب ، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في الماء ، ويأتي الاهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى ، بالإضافة إلى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه.



## أ - التيسير ( إزالة العسر ) بالترسيب

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر من المياه ( water softening ) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ ( هيدروكسيد الكالسيوم ) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها

رواسب من كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم ، وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان الى إضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم ) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر ، وتشمل عملية التيسير على

حوض صغير الحجم نسبيا تتم فيه إضافة المواد الكيميائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطا سريعا لتوزيعها في الماء بانتظام ، ثم ينقل الماء الى حوض كبير الحجم ليبقى فيه زمنا كافيا لإكمال التفاعلات الكيميائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطا بطيئا يكفي فقط لتجميع والتصادق حبيبات الرواسب وتهينتها للترسيب في المرحلة التالية.

## ب - الترسيب

تستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيميائية مثل التيسير والترويب ، وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها .

تتكون المرسبات غالبا من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميمها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ، حيث تؤخذ في الاعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الحوض ومن الملامح الرئيسية لحوض الترسيب احتوانه على نظام لجمع الرواسب ( الحمأة ) وجرفها إلى قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها بواسطة مضخات خاصة .

## ج - الموازنة ( إعادة الكربنة )

نظرا لأن المياه الناتجة من عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم ، وحيث أن جزءا من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد أو الحد من كفاءة المرشحات الشبكات . لذلك فإن عملية التيسير لضمان عدم حدوث تلك الأضرار ، ومن عمليات الموازنة الأكثر استخداما في التطبيق التقليدية هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم الى صورة البيكربونات الذائبة .

## د - الترشيح

هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة ( العكارة ) . وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل وهذه العملية تحدث بصورة طبيعية في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار الى باطن الأرض . لذلك تكون نسبة العكر قليلة جدا أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية ( الأنهار والبحيرات وأحواض تجمع مياه الأمطار ) التي تحتوي على نسب عالية من العكر .

تستخدم عملية الترشيح أيضا في إزالة الرواسب المتبقية بعد عمليات الترسيب في عمليات المعالجة الكيميائية مثل الترسيب والترويب .





تعد إزالة المواد العالقة ( العكارة ) من مياه الشرب ضرورية لحماية الصحة العامة من ناحية وللمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة التوزيع من الناحية الأخرى . فقد تعمل هذه المواد على حماية الأحياء الدقيقة من أثر المادة المطهرة ، كما أنها قد تتفاعل كيميائياً مع المادة المطهرة مما يقلل من نسبة فاعليتها على الأحياء الدقيقة ، وقد تترسب المواد العالقة في بعض أجزاء شبكة التوزيع مما قد يتسبب في نمو البكتريا وتغير رائحة المياه وطعمها ولونها.

تتم عملية الترشيح داخل المرشح الذي يتكون من ثلاث أجزاء رئيسية وهي :

صندوق المرشح والتصريف السفلي ووسط الترشيح ، يمثل صندوق المرشح البناء الذي يحوي وسط الترشيح ونظام التصريف السفلي ، ويبنى صندوق المرشح في العادة من الخرسانة المسلحة ، كما توجد في قاعة - الذي يتكون من أنابيب وقنوات مثقبة - طبقة من الحصى المدرج لمنع خروج حبيبات الرمل من خلال الثقوب ، والغرض من نظام التصريف السفلي تجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل عند إجراء عملية الغسيل للمرشح ، أما وسط الترشيح فهو عبارة عن طبقة من رمل السيليكون ، وحديثاً يمكن الاستفادة من الفحم المجروش ورمل الجارنت . عند مرور المياه خلال وسط الترشيح تلتصق المواد العالقة في جدران حبيبات الوسط ، ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط للمياه بحيث يصبح المرشح قليل الكفاءة وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الفجوات من الرواسب يتم في عملية الغسيل ضخ ماء نظيف بضغط عال من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي ينتج عنه تمدد الوسط وتحرك الحبيبات واصطدم بعضها مع البعض ، وبذلك يتم تنظيفها مما علق بها من رواسب . وتندفع هذه الرواسب مع مياه الغسيل التي تتجمع في قنوات خاصة موضوعة في أعلى صندوق المرشح ، وتنقل الى المكان الذي يتم فيه معالجة مخلفات المحطة وتستمر عملية الغسيل هذه لفترة قصيرة من الزمن ( 5 - 10 دقائق ) بعدها يكون المرشح جاهزاً للعمل .





## الفصل الرابع - اسس المعالجة المتقدمة للمياه (التعقيم والتطهير)

### التعقيم

هو عملية يتم فيها قتل جميع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض أو التي تعمل كوسيط لنقل الأمراض .  
(التعقيم مرتبط بموت جميع الكائنات الحية الدقيقة في المياه).

### التطهير (أو التعقيم الجزئي)

هو عملية يتم فيها قتل أغلب الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض أو التي تعمل كوسيط لنقل الأمراض .  
(التطهير ليس مرتبط بموت جميع الكائنات الحية الدقيقة في المياه).

ان عملية تطهير المياه هي المرحلة الاولى لتعقيم المياه ، فعملية التطهير يتم فيها قتل الأحياء الدقيقة والفيروسات الممرضة أو تعطيل آلية عملها أو إزالتها، وهي عملية خاصة بمياه الشرب إذ أنها لا تقتل جميع الأحياء المتواجدة في المياه ، وتتطلب تمديدات المياه العامة الحفاظ على مستوى جزئي من التعقيم في كامل نظام التوزيع ، والذي يُتوقع أن تبقى المياه فيه لعدة أيام قبل أن استهلاكها ، وبعد إدخال أي مادة كيميائية معقمة ، تُخزن المياه في خزانات خاصة مؤقتة وتُعرف بخزان التطهير للسماح للمادة الكيميائية المضافة إتمام عملية التعقيم.

### طرق تطهير المياه

تصنف عمليات التعقيم وفق اسلوبين- :

طرق كيميائية : أهمها الكلور والأوزون وثاني أكسيد الكلور والكلورامين والديتول.  
وطرق فيزيائية : أهمها الحرارة والأشعة فوق البنفسجية.

### آلية عمل التطهير

للتطهير آليتان وهما- :

تدمير البنية الخلوية.

التداخل مع الأنشطة الأيضية وصنع البروتين.

وفي مجال تطهير المياه يتم عادة الجمع بين الآليتين

### العوامل المؤثرة على عملية تطهير المياه

نوع الكائنات الدقيقة : فبعض الأحياء الدقيقة أكثر تحملا لمواد التطهير من غيرها.

نوع المعقم : إذ تتمايز المعقمات عن بعضها في قوة تأثيرها وفعاليتها.

تركيز المعقم : كلما زاد التركيز ازدادت فعالية العملية ( لكل مادة حد أعلى).

زمن العملية : تتمايز المواد المطهرة في سرعة تفاعلاتها عن بعضها البعض.

نوعية المياه : ترتبط جودة عملية التطهير بجودة ونوعية المياه من حيث:

أ - محتوى العكارة : إذ يحمي وجود معلقات دقيقة الكائنات الحية الدقيقة ويعرقل عمل المادة المطهرة.

ب- محتوى المواد العضوية الطبيعية NOM فوجودها يعني استهلاك أكبر للمواد المعقمة، كما يؤدي أيضا لإنتاج مخلفات تطهير DBP .

ج- درجة الحموضة : تؤثر درجة الحموضة المياه (pH) على عمل المادة المطهرة، كما هو حال شاردة

الهيپوكلوريت التي تطلق الكلور الفعال في الوسط الحمضي والأكسجين الفعال في الوسط القلوي

د- درجة الحرارة ومدى تجانسها في كامل خزان التطهير.





### تقنين تطهير المياه

قننت منظمات عالمية تطهير المياه لضمان عدم زيادة أو نقصان الجرعة وأشهرها:

الوكالة الأميركية لحماية البيئة EPA

منظمة الصحة العالمية WHO

المنظمة الدولية للمقاييس ISO

وتنص أغلب اللوائح على وجوب وصول معدلات التطهير المياه إلى ما يعادل 99.99 %

### مراحل تطهير المياه

المرحلة الأساسية : وتطبق بجمع عمليات الترشيح مع الأكسدة الكيميائية.

المرحلة الثانوية : والهدف منها المحافظة على خلو المياه من العوامل الممرضة في تمديدات نظام التوزيع حتى الاستهلاك.

### المواد المستخدمة في تطهير المياه

تنوزع تقنيات التعقيم ما بين المعالجات الكيميائية والتقنيات الفيزيائية.

### اولا تعقيم المياه بالمواد الكيميائية :

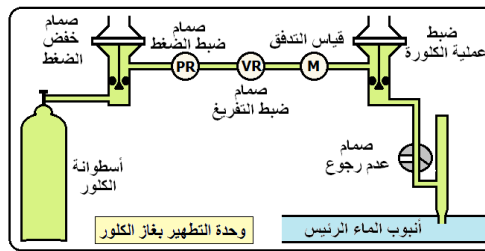
ومن أشهر المعقمات

#### أ- الكلورين أو غاز الكلور أو الكلور $Cl_2$

وهو غاز سام أصفر مخضر، فعال جدا في إبادة العوامل الممرضة تقريبا ، ويلاءم المرحلتين، وتصل جرعته المميتة حتى 0.1 % من حجم الهواء، ما يستوجب الحرص الشديد أثناء تطبيقه.

#### ب هيبوكلوريد الصوديوم -ClO (أيضاً هيبو كلوريد الكالسيوم)

وهو يسبب التآكل السريع ما يستوجب عزله عن المعدات التي قد تتضرر من التماس معه، ولا يجوز خزن هيبو كلوريد الصوديوم لأكثر من شهر كونه منتجا سائلا ، في حين يمكننا خزن هيبو كلوريد الكالسيوم لكونه مسحوقا جافا لما يقارب العام بشروط الخزن النظامية بعيدا عن الضوء والرطوبة ، وللهيبو كلوريد عموما رائحة نفاذة يجب عزله عن المواد العضوية مثل الخشب والقماش والمنتجات النفطية، كون تفاعله معها ناشر للحرارة ما قد يؤدي لنشوب الحرائق، كما أنها تمتص الرطوبة بسهولة مما يؤدي لانطلاق غاز الكلور منها، ما يستوجب إفراغ حاوياتها بصورة كاملة .



#### ج- الكلورامين Chloramines أو كلور الأمونيوم $Cl_2NH$

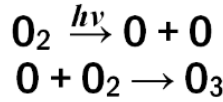
وهو مادة معقمة تعطي مخلفات تطهير أقل من نظيراتها من الكيماويات الأخرى، ويتم صنعها في مكان استهلاكها لتصل فعاليتها حتى 99% خلال دقائق معدودة (أي أن زمن التعقيم قصير بالنسبة لنظيراتها من المشتقات الكلورية)، ومن عيوبها أنها معقم ضعيف وأقل فعالية بكثير تجاه الفيروسات والطفيليات من الكلور الحر، لهذا السبب يعتبر مادة مناسبة للاستخدام كمطهر لمنع إعادة النمو الثانوية البكتيرية في نظام توزيع المياه، ومن مشاكلها أنها تعطي بظروف معينة ثلاثي كلوريد النيتروجين وهو مادة سامة وقاتلة للإنسان، ويضفي على الماء طعم ورائحة كريهة.



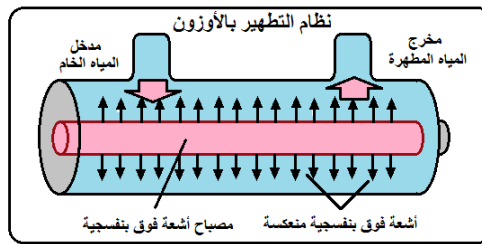


#### د- الأوزون

هو غاز يتميز بسرعة فعاليته ، ويستخدم على نطاق واسع كوسيلة تعقيم أساسية في الكثير من محطات المعالجة وهو لا ينتج مواد عضوية مهلجنة مباشرة (من مشتقات مخلفات التعقيم) إلا اذا تواجدت أيونات البروميد ، ويعيبه ثباته الضعيف ما يستوجب توليده حال استخدامه وفق التفاعل التالي :

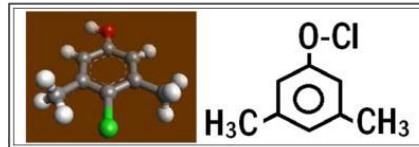


كما أنه يستلزم في هذه الحالة وجود معقم ثانوي (كالكلور)، لأن الأوزون لا يمنع عملية إعادة تكاثر البكتيريا ولا يحافظ على المياه معقمة لفترة طويلة مثل الكلور.



#### هـ - الديتول

الديتول هو واحد من أهم المركبات الكيميائية المتميزة والمعقمة وهو مركب عطري مشتق كلوري للفينول، ويسمى الديتول بحسب نظام IUPAC بـ ثنائي ميثيل الفينول.



مكونات الديتول:

4.8% من المادة الفعالة (C8H9OCl) ، بالإضافة إلى زيت الصنوبر، والغول الايزوبروبيلي ، وزيت صابون الخروع ، والكراميل والماء.

فعاليته:

يعتبر مطهر جيد للجروح فهو لطيف على البشرة، ويقوم بقتل البكتريا ويحمي الجسم من الجراثيم التي من الممكن أن تسبب العدوى أو الأمراض، وسبب فعاليته الهائلة في إبادة الجراثيم بما يحتويه من مكونات مضادة للجراثيم، فهو فعال جدا ضد البكتريا (الموجبة والسالبة) والفطريات والخمائر والعفن، ولديه القدرة على إبادة 98% من الميكروبات في 15 ثانية.

ويتميز الديتول بقلّة سمّيته وأمان استعماله، وتمتد فعاليته لكامل مجال الحموضة pH: 4-9 ، وعلاوة عن انحلاله بالماء، نجده ذوابا في الأغوال مثل الإيثانول و 2 بروبانول وزيت الصنوبر.





## ثانياً التعقيم بالوسائل الفيزيائية:

### 1- الغلي

وهو أحد أشهر عمليات التعقيم ، ولكنه مكلف.

### 2- التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (UV) هو من العمليات الحديثة حالياً والتي تدمر بشكل فعال البكتيريا والفيروسات عن طريق تغيير الحمض النووي فيها فتمنعها من التكاثر، ولكنها تستوجب معقم ثانوي لمنع إعادة نمو الكائنات الحية الدقيقة.

ومن الأسباب التي تجعلها مرغوبة كمعقم أولي:

\*سهولة تطبيقها وسرعتها ، وسهولة أعمال الصيانة الخاصة بها.

\*لا تعطي مخلفات سامة.

\*تستخدم فقط لأنظمة المياه الجوفية الخالية من الأحياء ولكنها لا تتناسب المياه عالية نسب العكارة العالية أو الملونة ، أو المياه التي بها مواد عضوية قابلة للذوبان لأنها تستخدم الأشعة لتتحلل فتصبح بالتالي غذاء سهلاً للبكتيريا فتحد من أداء التعقيم.

## مشاكل زيادة أو نقص التعقيم

### 1- مشاكل زيادة جرعة المعقم

عند زيادة جرعة المعقم، يتم ملاحظة رائحة وطعم الكلور، وفي هذه الحالة يتم تعريض المياه للهواء لمدة 5 دقائق لتتبخر المواد الزائدة ومن ثم يتم غلي الماء لمدة دقيقة واحدة. ومن الضروري عدم استنشاق المياه أو الغازات المنبعثة والقيام بعملية التهوية اللازمة حيث تسبب زيادة جرعة التعقيم على المدى الطويل أمراض الربو وقد يسبب مشاكل سرطانية.

### 2- مشاكل قلة جرعة المعقم

تُشخص هذه الحالة عند إصابة الإنسان بالمرض ويتم التشخيص من قبل طبيب مختص ما يستوجب التطبيق الفوري لنظم تعقيم المياه ، واستخدام الكلور السائل (الكلور المنزلي) لحين تطبيق الطرق النظامية في التعقيم والتطهير، بمزج المياه والكلور بالكميات اللازمة وتركها من 2 إلى 3 ساعات في خزان مغلق نظيف لمنع تلوثها من جديد، ومن الضروري غلي الماء لمدة دقيقة إذا لم يكن عكراً أو لمدة خمس دقائق إن كانت فيه عكارة، فمن الضروري التنويه إلى أن المعقمات لا تعمل بشكلٍ كافٍ في المياه العكرة لأن الكلور سيتفاعل مع المعلقات وليس مع الأحياء الدقيقة، وتتم إعادة الجرعة عند إضافة مياه جديدة أو عند مرور أسبوع.





## الفصل الخامس - طرق معالجة مياه الشرب بالمحطات

أصبحت قضية معالجة مياه الشرب وتحسين جودتها تحظى باهتمام متزايد على المستوى العالمي، ولاسيما مع إدراك العلاقة الوثيقة بين تلوث المياه والإصابة بالعديد من الأمراض الخطيرة، مثل الكوليرا والتيفود، ولهذا اهتمت معظم البلدان بوضع معايير صحية لمواصفات مياه الشرب الصالحة للاستهلاك الآدمي، بما يكفل الحفاظ على صحة الإنسان، كما أصدرت منظمة الصحة العالمية العديد من المنشورات التي تحتوي على مواصفات ومعايير المياه الصالحة للشرب، وللوصول إلى هذه المعايير والمواصفات القياسية، يتم معالجة مياه الشرب وتنقيتها من خلال العديد من الوسائل التقليدية والحديثة.

وتختلف عمليات معالجة مياه الشرب باختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها ومواصفات الموضوعة لها وتجدر الإشارة إلى أن التغيير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضاً في كثير من الأحيان إلى تغيير عمليات المعالجة المطلوبة، حيث إن المواصفات يجب تحديثها دوماً نتيجة التغيير المستمر في تركيز بعض محتويات المياه، والتطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات المعالجة، واكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية، أو كانت موجودة ولكن لم يتم الانتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق، أو اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلاً في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية.

### محطات تنقية مياه الشرب السطحية (الأنهار والبحيرات)

#### 1- أحواض الترسيب الطبيعية:

أحواض الترسيب بمعناها الكامل هو الترسيب بدون استعمال مواد كيميائية ويتوقف الترسيب الطبيعي على قابلية تحرك المواد العالقة إلى أسفل بسرعة كما يتوقف على حجمها وقلتها ونوعها وشكلها ودرجة إنسياب الماء ودرجة الحرارة وترسب المواد العالقة والأنهار طبيعياً، وقد وجد أن هذه الطريقة (الترسيب الطبيعي) تأخذ مساحات كبيرة نظراً لمعدلاتها البطيئة وعادة يكون المتخلف من المواد العالقة 50% بعد أكثر من 8 ساعات ترسيب وتشمل على عدة أنواع منها المستطيل ذات الميول ومنها الدائري ويعمل على الترسيب بكفاءة أعلى ومنها ذو الزحافة للتنظيف الميكانيكي.

وتنقسم أحواض الترسيب إلى نوعين رئيسيين بالنسبة لاتجاه سير المياه في الحوض وبالنسبة لمسقطها الأفقي:

#### أ- أحواض الترسيب المستطيلة ذات التصرف الأفقي:

وهذه الأحواض تعتبر من أحسن الأحواض للترسيب الطبيعي وفيها تسير المياه أفقياً بسرعة لا تصل إلى الحد الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض.

#### ب - أحواض الترسيب الدائرية ذات التصرف القطري:

وفي هذه الأحواض تدخل المياه من انبوب حتى محور الحوض لتنتهي في بئر تخرج منه المياه لتسير في اتجاه قطري حتى هدار المخرج الممتد على طول محيط الحوض.







## 2- الترسيب باستخدام المواد الكيميائية

لما كانت سرعة ترسيب الحبيبات الدقيقة في الماء تأخذ وقتاً طويلاً جداً حتى ترسب إلى قاع حوض الترسيب الطبيعي كما أن كفاءة أحواض الترسيب الطبيعي لا تتعدى % 80 من كمية المياه العالقة لذلك نلجأ إلى إضافة المواد الكيماوية إلى المياه بغرض تجميع الحبيبات الصغيرة في حبيبات أكبر حجماً أو من ثم أسهل ترسيباً ، ولقد وجد أنه عند إضافة بعض المواد الكيماوية إلى الماء تتكون ندف هلامية الشكل ولزجة وتأخذ في الهبوط إلى أسفل وفي أثناء هبوطها تجذب إلى سطحها المواد العالقة الدقيقة فتعطي معها مما يعطي نتائج جيدة لعملية الترسيب بعد فترة وجيزة . وهذه العملية تعرف بالترسيب أو التجلط كما تعرف المواد الكيماوية بالمرويات أو المجلطات وأهم الكيماويات المستعملة لهذا الغرض هي:

أ - كبريتات الألومنيوم المائية (الشبة).

ب - كبريتات الحديدوز.

ج - كبريتات الحديدك.

د - كلوريد الحديدك.

إلا أن كبريتات الألومنيوم هي أكثر هذه المواد استعمالاً إذ أنها أرخص هذه المواد وأكثرها تواجداً وانتشاراً في الطبيعة ، وتتفاعل الشبة مع المواد العالقة لينتج أيروكسيد الألومنيوم الجيلاتيني القوام والهلامي الشكل الذي يقوم بتجميع المواد العالقة في المياه حيث يكبر حجمها ويسهل ترسيبها.

## 3- أحواض المزج

عند استخدام المواد الكيماوية المجلطة لتحسين خواص أحواض الترسيب يجب أن يتبعها أحواض المزج السريع ومنه يتم مزج الماء مع المادة الكيماوية المجلطة سواء كانت على هيئة محلول أو بودرة وهناك طرق كثيرة لعملية المزج منها أن يوضع المحلول في الماء.

مع وجود حواجز في القناة لتغيير اتجاه سير المياه والمساعدة على خلطها كما يمكن إجراء عملية الخلط في أحواض خاصة أو عمل اختناق في مواسير المياه وتحقق المادة في نقطة الاختناق.

## 4- أحواض الترويب

بعد إذابة وخلط المادة المروية بالمياه العكرة يلزم تحريك الماء حركة بطيئة في أحواض الترويب لغرض تجميع ذرات المواد العالقة بالالتصاق ليسهل ترسيبها وبما أن هذه الذرات تحمل شحنات كهربائية أما موجبة وأما سالبة فلذلك تتجاذب الشحنات غير المتجانسة وتزيد قوة الشحنة وكذلك تزيد قوة جاذبيتها للذرات الصغيرة فتكون كتلا متعادلة الشحنات فيسهل ترميمها . ولتجنب تفكك هذه الكتل يتحتم أن تكون حركة الترويب بطيئة نوعاً وتتراوح سرعة طرف أذرع قلابات الترويب بين 5 ، 7 أمتار في الدقيقة وتتراوح مدة الترويب بين 15 ، 25 دقيقة تخرج المياه بعد ذلك صالحة للترسيب السريع ، وتوجد أحياناً أحواض الترويب في مدخل أحواض الترويق (الترسيب) أو الترسيب منفصلة عنها أو توضع بداخلها إذا كانت مستديرة والغرض من ذلك هو تفادي تكسير الندف وبحيث ألا تزيد سرعة الماء وبه الندف المار إلى أحواض الترسيب عن 0.10 متر في الثانية حتى لا يتفكك هذا الندف قبل ترسيبها ، ويجب أن يصمم حجمه بحيث يعتبر مدة البقاء 30 دقيقة ، ويمتاز حوض الترويق عن الأحواض سالفة الذكر بأنه مزود بجهاز ميكانيكي لتنظيفه بواسطة مجموعة من الأمشاط الحديدية أو المصنوعة من المطاط ومحملة على أذرع متصلة بجهاز يدور حول محور رأسي بواسطة محرك كهربائي مركب فوق الكوبرى ويعرف بالزحافة ، وتتراوح مدة مكث الماء في مثل هذه الأحواض بين 20 ، 30 دقيقة تليها أحواض ترسيب عادية أما عمليات المياه الحديثة فيكتفى بالأحواض الميكانيكية فتمر منها المياه مباشرة إلى المرشحات وفي هذه الحالة تكون مدة مكث المياه من 4 إلى 5 ساعات.

## 5- أحواض ترويق مع الترويب أو المروق:

وهي عبارة عن أحواض ترويق يضاف إلى كل منها حوض للترويب بغرفة واحدة أو أكثر فتدخل المياه في أحواض الترويب أولاً ، وهي السابق شرحها تم تخرج منها إلى أحواض الترويق لترسيب المياه ويضع حوض الترويب أحياناً في وسط حوض الترويق إذا كان الأخير دائرياً والمياه بعد مرورها بالخلط حيث يضاف إليها الشبة تدخل في أسفل منتصف الحوض صاعدة إلى حوض الترويب المعدني الموجود في وسط حوض الترويق وبه زحافة مثبت بها أمشاط لكسح الرواسب وأذرع رأسية تتحرك مع الزحافة حركة بطيئة وبأعلى الحوض كوبرى معلق به أذرع رأسية تلف باستمرار في اتجاه عكسي للزحافة لغرض الترويب ويديرها محرك كهربائي خاص بها.



## 6- أحواض ترويق سريعة :

وهي عبارة عن أحواض ترسيب ميكانيكية بها غرفة في وسطها لخلط الكيماويات مع الماء وإثارة الرواسب بصفة مستمرة وتكوين طبقة منها كالمصيدة الشبكة ويمر خلالها الماء فيتحرك رواسبه ويخرج صاعداً إلى الهدار بأعلى الحوض ثم إلى ماسورة المخرج ويسمى هذا النوع بالأحواض ذات الرواسب المثارة.

## محطات تحلية مياه الشرب المالحة (البحار والمحيطات والمياه الجوفية المالحة)

التحلية **Desalination** هي تحويل المياه المالحة إلى مياه نقية فهي عملية فصل تستعمل لخفض نسبة الأملاح الذائبة في المياه المالحة إلى مستوى تصبح معه هذه المياه قابلة للاستعمال و الشرب في المناطق الجغرافية التي تفتقر إلى المصادر الطبيعية للمياه النقية و الصالحة للشرب مثل الأنهار , الينابيع و السيول, تعتمد المجتمعات الموجودة على أنظمة تحلية المياه لأنها مصدر موثوق لا ينضب للمياه و لا سيما مع بداية العام 1950 ميلادية الذي شهد انطلاقاً أنظمة التحلية بأسعار اقتصادية و تقنيات مبسطة تعمل في شتى الظروف البيئية ، وقد تم تحديد الأملاح الذائبة في المياه المحلاة بنسبة 500 جزء بالمليون لتكون النسبة المسموح بها دولياً للمياه لجميع الاستعمالات المنزلية، الصناعية والزراعية.

حوالي 97% من الماء الموجود على الأرض في المحيطات المالحة ، والملح الموجود في ماء البحر والمياه المالحة عموماً هو ملح المائدة المعروف ، ويستطيع الإنسان أن يشرب بأمان الماء الذي يحتوي على أقل من 0.5 كجم من الملح في كل 100 كجم من الماء (100 لتر تقريباً)، حيث يحتوي ماء البحر على سبعة أضعاف هذه الكمية من الملح ، ولا شك بأن الشخص الذي يشرب ماء البحر فقط سيموت؛ إذ إن الجفاف سيصيب خلايا جسمه أثناء محاولتها التخلص من كمية الملح الزائد، وكذلك فإن الناس لا يمكنهم استعمال ماء البحر في الزراعة أو الصناعة، لأن هذا الماء يقتل معظم المحاصيل، ويسبب صداً الآلات والمعدات سريعاً.

وعرف الناس طرائق عديدة لتحلية ماء البحر، وتعطي عملية تحلية ماء البحر الأمل في حل مشكلات شحّ الماء العذب في المناطق الساحلية القريبة من البحر، ولا تحل تحلية ماء البحر كل المشكلات المائية، وحتى لو احتوت المحيطات على ماء عذب فستظل هناك مشكلات أخرى مثل تلوث المياه والسيطرة على مياه الفيضانات وكذلك عمليات توزيع المياه

## كيفية اختيار الطريقة المناسبة للتحلية

أولاً : نوعية مياه البحر (تركيز الأملاح الذائبة الكلية)

مثلاً كمية الاملاح ما بين 38000 الى 43000 جزء من المليون في مياه البحر الأحمر وكمية الاملاح في المياه الجوفية المالحة تكون أقل .

ثانياً : درجة حرارة مياه البحر والعوامل الطبيعية المؤثرة فيه

يجب مراعاة ذلك عند تصميم المحطات حيث أن المحطة تعطي الإنتاج المطلوب عند درجة حرارة مختارة للتصميم بحيث لو زادت او انخفضت درجة الحرارة عن المعدل المطلوب فذلك يؤثر على كمية المنتج بالزيادة او النقصان اما العوامل الطبيعية المؤثرة فتشمل المد والجزر وعمق البحر .

ثالثاً : تكلفة وحدة المنتج من ماء وكهرباء :

وذلك بمتابعة أحدث التطورات العالمية في مجال التحلية وتوليد الطاقة للوصول إلى أفضل الطرق من الناحية الاقتصادية من حيث التكلفة الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة .





## استعمالات مياه التحلية:

تستعمل مياه التحلية لعدة غايات حياتية نوجزها بالتالي:

### 1- مياه الشرب :

حيث يتم الاعتماد شبه الكلي عليها في البلاد التي تفتقر إلى مصادر طبيعية أو التي تعاني من نسب تلوث عالية في مياه مصادرها الطبيعية , كما تعتمد على هذه المنظومات المجمعات السياحية و الفنادق و عدد كبير عالميا من شركات تعبئة مياه الشرب .

### 2- الصناعات :

حيث تتطلب بعض الصناعات مياه صافية و نقية **Pure Water** مثل صناعة المكونات الالكترونية,الأطعمة و المواد الغذائية , الأدوية و المستحضرات الطبية وغيرها.

### 3- الزراعة :

في إطار التطور في المجال الزراعي يتم الاعتماد على أنظمة التناضح العكسي لتوفير مياه خالية من الملوثات و التي تسهم في التحكم بالأوبئة الزراعية حيث أفيد عن ارتفاع كمية إنتاج الخيار لدى احد المزارعين في الولايات المتحدة من 4000 ذبابة يوميا إلى 7000 ذبابة.

## طرق تحلية المياه (انواع محطات التحلية)

### أولاً طرق التحلية الحرارية (التقطير **Desalination by Distillation**)

**التقطير Distillation** طريقة قديمة شائعة لتحويل الماء المالح إلى ماء عذب.. وتستخدم معظم السفن التي تجوب المحيطات هذه الطريقة للحصول على ماء الشرب ، تبخر حرارة الشمس ملايين الأطنان المترية من الماء من سطح المحيطات يومياً ويتبخّر الماء ثم يتكثف، ثم يهطل عائداً إلى الأرض على هيئة ماء عذب ، لقد قلّد الناس الطبيعة منذ قرون عديدة واستخدموا حرارة الشمس في تقطير ماء البحر واستعمل يوليوس قيصر قبل ألفي عام عملية التقطير بوساطة حرارة الشمس في مصر للحصول على ماء الشرب اللازم لجنوده ولا يزال سكان غوام **Guam** وجزر غالاباغوس **Galapagos Islands** وأماكن أخرى يستخدمون حرارة الشمس في عملية تقطير ماء البحر.

الفكرة الأساسية لعمليات التقطير تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب و الري . توفر الطرق الحرارية لتحلية المياه حوالي 11.4 مليون متر مكعب اي ما يزيد عن 2500 مليون جالون من الماء العذب يوميا يتم انتاجها من اكثر من 2700 وحدة تحلية منتشرة في انحاء مختلفة من العالم، ويمثل هذا القدر من الماء ما يقرب من 60% من مجموع الطاقة الانتاجية لجميع طرق التحلية في العالم كما يمثل هذا العدد من الوحدات حوالي 25% من مجموع وحدات التحلية المنتشرة في العالم .

وتعتمد الطرق الحرارية لتحلية المياه على المبدأ الذي تقوم عليه دورة المياه الطبيعية،فالماء موجود في الحالة السائلة بالمسطحات المائية التي تمثل حوالي ثلاثة ارباع مسطح الكرة الأرضية، وبفعل الحرارة الصادرة من الشمس يتحول فيزيائيا الى الحالة الغازية ، فيحمل الهواء المحيط بهذه المسطحات بخار الماء الى المرتفعات التي تنخفض فيها درجات الحرارة حيث تتوافر الظروف الملائمة لتكثف بخار الماء وتكون السحب المحملة بقطرات الماء التي تتساقط مرة أخرى على شكل الأمطار .

المتر المكعب من المياه = 1000 لتر = 220 جالون  
لتر ماء = كيلوجرام ماء تقريبا







وفي جميع الطرق الحرارية تتم دورة التبخير التي تسمح بفصل بخار الماء عن الماء المالح واعادة تكثيف البخار بشكل اقتصادي يسمح بإنتاج كميات كبيرة من الماء العذب داخل حيز محدود ومعزول بأحكام يسمح بالتحكم الدقيق في ضغط ودرجة حرارة الماء المالح المراد تبخيره حيث يظل الماء باستمرار في حالة غليان، وهي الحالة التي يمكن عندها تحويل أكبر قدر ممكن من الماء فيزيائياً من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية.

وتتم المحافظة على حالة الغليان الدائمة للماء المراد تبخيره عن طريق خفض الضغط داخل الحيز الموجود فيه الماء إلى الحد الذي يتناسب مع درجة حرارته. فمن المعروف مثلاً ان الماء يغلي عند درجة حرارة 100م تقريبا ، عندما يكون تحت ضغط مساو للضغط الجوي القياسي فمن المعلوم ان درجة الغليان تتغير بالضغط فتزداد بزيادة الضغط وتنقص بنقصانه.

وتبدأ دورة تبخير الماء المالح أي الغليان بعد تسخينه، والوصول به إلى درجة الحرارة المرغوبة ثم يسمح له بالدخول إلى وعاء محكم حيث يحفظ الضغط بداخله عند المستوى الذي يسمح للماء المالح بالغليان وتبخر جزء منه ونظراً لأن تحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية يحتاج إلى طاقة حرارية فإن البخار المنطلق يستمد هذه الطاقة من الماء المالح نفسه مما يعني انه بانطلاق البخار فإن الماء المالح يفقد جزءاً من طاقته الحرارية ، وتبدأ درجة حرارته في الانخفاض ولكي يستمر في الغليان فإن الماء المالح ينتقل إلى وعاء ثانٍ محكم حيث يحفظ الضغط بداخله عند مستوى أقل من سابقه ويسمح للماء المالح الذي فقد جزءاً من حرارته بالاستمرار في الغليان ثم يستمر تتابع الغليان وانطلاق بخار الماء باستمرار تدفق الماء المالح في أوعية متتالية يتعاقب فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة في نفس اتجاه تدفق الماء حتى يصل إلى أقل درجة حرارة ممكنة عملياً ولكي تتم دورة التكثيف فإن البخار المنطلق يمرر على اسطح مبردة تقل درجة حرارتها عن درجة حرارة البخار المتكثف بعدة درجات ويمكن لهذه الأملاح ان تبدأ في الترسب على شكل قشور إذا ما تم تسخين الماء المالح إلى درجات حرارة معينة تتوقف على مستوى تركيز هذه الأملاح وعلى الرقم الهيدروجيني (pH) للماء المالح.

ونظراً لأن ترسب هذه الأملاح وتكون القشور داخل معدات محطات التحلية هو أمر غير مرغوب فيه، بل يجب تجنبه لما له من آثار ضارة. لذلك فإن هناك حدوداً صارمة لأعلى درجات حرارة يمكن عندها تشغيل وحدات التحلية التي تعمل بالطرق الحرارية، كما يلزم معالجة الماء المالح كيميائياً قبل إدخاله إلى وحدات التحلية، لضمان منع ترسب الأملاح وتكون القشور، وإيضاً للتخلص من الأكسجين الذائب في الماء مما يساعد على خفض معدلات التآكل داخل الوحدات .

## طرق التقطير

في بعض المراجع تذكر تبخير وهو نفس الطريقة باختلاف الاسم علماً ان التبخير هو مرحلة من التقطير.

### 1- التقطير العادي

يتم غلي الماء المالح في خزان ماء بدون ضغط ويصعد بخار الماء إلى أعلى الخزان ويخرج عبر مسار موصل إلى المكثف الذي يقوم بتكثيف بخار الماء الذي تتحول إلى قطرات ماء يتم تجميعها في خزان الماء المقطر وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

### 2- التقطير أو التبخير الوميضي متعدد المراحل (التقطير السريع متعدد الأطوار)

تستعمل معظم معامل تحلية الماء الحديثة طريقة تُسمى التَّقْطِير السَّرِيع مُتَعَدِّدِ الأَطْوَار، وهذا أسلوب قديم يقوم على الغلي والتكثيف وحسب طريقة التَّقْطِير السَّرِيع يُسحب ماء البحر المسخَّن إلى حجرة كبيرة ذات ضغط منخفض ويؤدِّي الضَّغْط المنخفض إلى تحوُّل قسم من الماء إلى بخار بسرعة ثمَّ يتكثَّف البخار إلى ماء خالٍ من الملح ويمرر ماء البحر خلال حجيرات تقطير متعددة كلِّ منها ذات ضغط أقلَّ من سابقتها وتعد طريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل (Multistage Flash Evaporation- MSF) هي أكثر



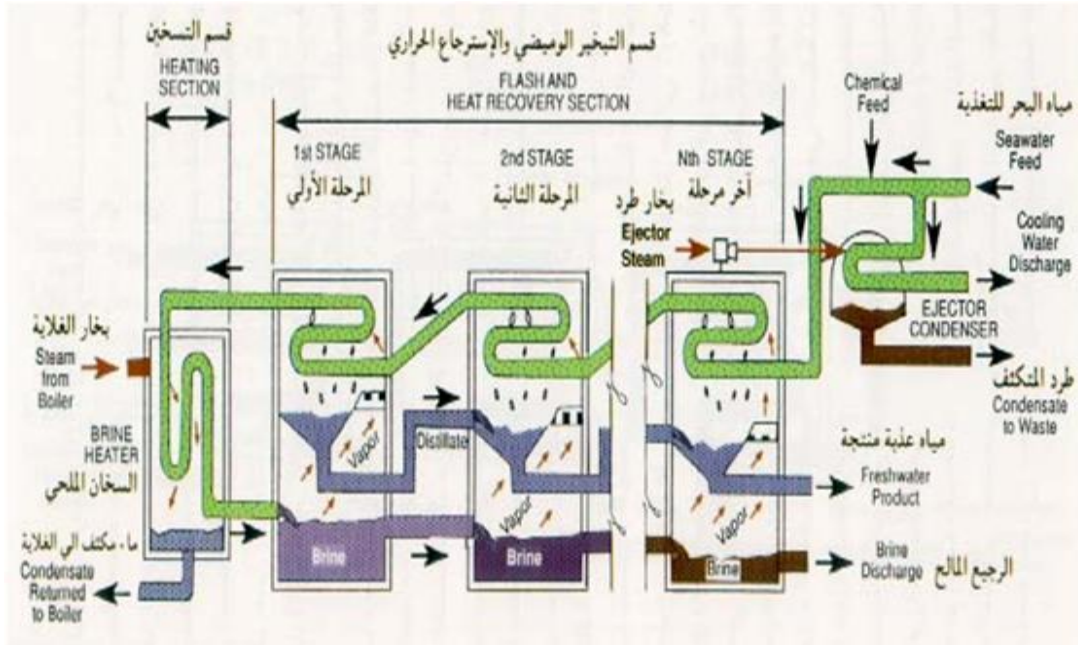


الطرق الحرارية انتشارا حيث يصل معدل الانتاج اليومي للماء العذب من هذه الطريقة وحدها الى حوالي 5 ملايين متر مكعب أي حوالي 86% من مجموع الطاقة الانتاجية لطرق التحلية الحرارية، أما قياسا بمجموع

الطاقة الانتاجية الكلية لجميع طرق التحلية المستخدمة عالميا فهي تمثل أكثر من 48%، كما يصل عدد وحدات التحلية بطريقة التبخير الومضي متعدد المراحل الى أكثر من 1200 وحدة منتشرة في العالم تتركز معظم قدراتها الانتاجية في دول الخليج العربي، حيث تصل إلى حوالي 80% من القدرة الانتاجية العالمية ، كما تمثل هذه الطريقة المصدر الوحيد تقريبا للماء العذب في دولة الكويت، حيث يتم انتاج أكثر من 95% من احتياجاتها المائية باستخدام هذه التقنية .

ويرجع السبب الرئيسي في اتساع وانتشار هذه التقنية أكثر من غيرها الى قدرتها على الارتباط بمحطات القوى الكهربائية والى اقتصاديات الساعات الانتاجية العملاقة حيث يمكن بناء وحدات بساعات تصل الى حوالي 60 الف متر مكعب يوميا (13 مليون جالون يوميا)

نحن نعلم أن درجة غليان السوائل تتناسب طردياً مع الضغط الواقع عليها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب حيث تبدأ وحدة التحلية بطريقة التبخير الومضي متعدد المراحل بوعاء التسخين وتنتهي بأوعية الطرد الحراري وبين وعاء التسخين وأوعية الطرد الحراري يوجد قسم الاسترجاع الحراري ، الذي يتكون من عدد من أوعية التبخير، يتوالى فيها انخفاض الضغط ودرجة الحرارة وينساب فيها الماء المالح المعرض للغليان في اتجاه أوعية الطرد الحراري. ويحتوي وعاء التسخين على حزمة أنابيب تبادل حراري ، يتدفق بداخلها الماء المالح المراد تسخينه ويتكثف على سطوحها الخارجية بخار يستمد من مصدر خارجي (مثل غلاية بخارية ذات ضغط منخفض او بخار مستقطع من توربين بخاري لإنتاج الكهرباء). وعندما يتكثف البخار تنتقل الحرارة الكامنة فيه الى الماء المالح فترتفع درجة حرارته الى المستوى المطلوب المعروف بدرجة الحرارة العليا للمحلول الملحي.



صورة توضح عملية التبخير الومضي متعدد المراحل







أما في قسم الطرد الحراري فيستخدم ماء البحر البارد في تصريف الطاقة الحرارية الفائضة الى خارج الوحدة ويتكون قسم الطرد الحراري عادة من وعاءين أو ثلاثة تتدفق فيها مياه البحر الباردة داخل انابيب التبادل الحراري بدءا بالوعاء الأخير الذي يحتفظ بداخله بأقل ضغط مطلق وأقل درجة حرارة وبتكثيف البخار المنطلق الناتج عن غليان الماء المالح داخل هذه الأوعية على السطوح الخارجية لأنابيب التبادل الحراري ترتفع درجة حرارة مياه البحر الباردة عبر قسم الطرد الحراري بمقدار 7 الى 8 درجات. وعند خروج مياه البحر من قسم الطرد الحراري ينتهي حوالي 70% منه في قناة الصرف التي تعود به الى البحر مرة أخرى.

أما ما تبقى من مياه البحر ، أي حوالي 30% فيتم معالجتها كيميائيا قبل استخدامها كمياه تغذية يتم خلطها بالماء المالح الموجود في الوعاء الأخير في قسم الطرد الحراري. أما في القسم الأوسط وهو قسم التبخير والاسترجاع الحراري فيجري الماء المالح في مستويين وفي اتجاهين متعاكسين . ففي المستوى العلوي يتدفق الماء المالح داخل انابيب التبادل الحراري في اتجاه وعاء التسخين حيث يعمل كماء تبريد لإحداث تكثيف البخار المنطلق داخل اوعية التبخير وبالتالي فهو يكتسب الحرارة الكامنة التي يفقدها البخار نتيجة تكثفه فترتفع درجة حرارته، وتستمر درجة الحرارة في الارتفاع كلما انتقل الماء من المبادل الحراري لوعاء الى المبادل الحراري بالوعاء الذي يليه حتى يصل الى مدخل المبادل الحراري لوعاء التسخين. وفي المستوى السفلي لأوعية التبخير يسري الماء المالح بعد خروجه من المبادل الحراري لوعاء التسخين عند أعلى درجة حرارة ابتداء من الوعاء الأول في اتجاه قسم الطرد المركزي .

وبسريان الماء المالح في المستوى السفلي داخل حيز اوعية التبخير وتحت الظروف الملائمة من الضغط ودرجة الحرارة يظل الماء في حالة غليان ويحدث التبخير الوميضي وينطلق البخار ويسري الماء من وعاء الى الذي يليه حيث يقل الضغط المطلق بالقدر الذي يتناسب مع الانخفاض الذي يحدث في درجة الحرارة بفعل فتحات التحكم في سريان الماء بين الأوعية وكلما انطلق البخار ازداد تركيز الاملاح في الماء المالح المعرض للتبخير في اتجاه السريان حتى يصل الى اعلى تركيز له في آخر وعاء للتبخير بقسم الطرد الحراري وهناك يتم التخلص من جزء صغير (حوالي 15%) من هذا الماء المالح عالي التركيز ثم تضاف مياه التغذية لتعيد درجة تركيز الاملاح الى المستوى المطلوب (130% الى 150% نسبة الى تركيز الاملاح الذائبة في مياه البحر العادية) قبل اعادة ضخ الماء المالح الى المستوى العلوي لأوعية قسم الاسترجاع الحراري باستخدام مضخة تدوير الماء المالح ولتبدأ دورة جديدة أما بخار الماء المتكثف الذي اصبح ماء خالصا خاليا من أية املاح تقريبا (مجموعة الاملاح الذائبة اقل من 30 ميلي جرام/لتر) فيتم تجميعه في حوض خاص حيث يسري عبر الأوعية وتتزايد كميته كلما تجمع المزيد في الاتجاه الذي ينخفض فيه الضغط ودرجة الحرارة حتى يتم سحبه من آخر وعاء بقسم الطرد الحراري باستخدام مضخة الماء المقطر الى خارج الوحدة ومن ثم تتم معالجته ليصبح ماء صالحا للشرب ويكون الماء في المراحل النهائية من هذه الطريقة نقياً إلى درجة أنه يكون عديم المذاق ، الأمر الذي يوجب إضافة قليل من الملح إليه لإعطائه المذاق الطبيعي.

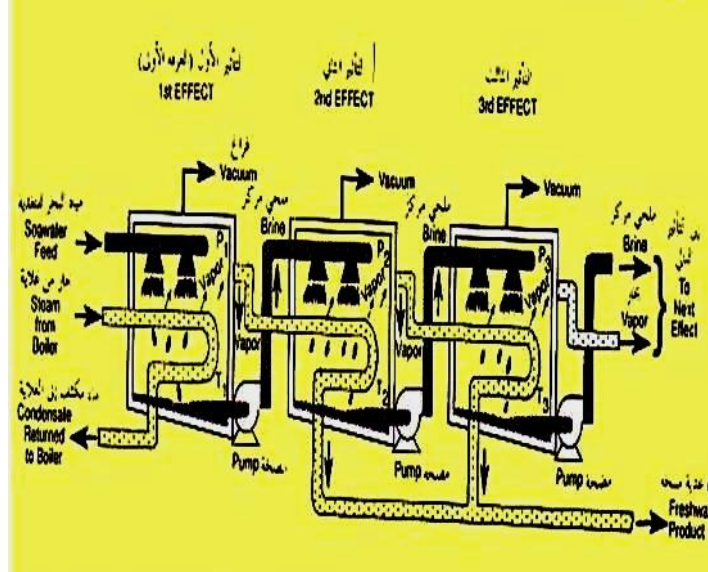
### 3- التقطير متعدد التأثير متعدد المراحل

على الرغم من انها أقدم كثيرا من طريقة التبخير الوميضي متعدد المراحل، وانها استخدمت منذ زمن طويل في صناعات مثل انتاج السكر والملح، الا انها اقل انتشارا بكثير، فمجموع الانتاج اليومي لهذه الطريقة لا يزيد عن 820 الف متر مكعب يوميا من الماء العذب (أي حوالي 180 مليون جالون يوميا) اي ما يعادل 4% فقط من جملة الانتاج العالمي من جميع طرق التحلية ويبلغ عدد وحدات تحلية المياه التي تعمل بطريقة التبخير متعدد المؤثرات المنتشرة في العالم حوالي 660 وحدة تتراوح ساعاتها الانتاجية اليومية ما بين 500 و16000 متر مكعب (أي ما بين 110 آلاف الى 5.3 ملايين جالون يوميا). وكما يتبين من اسم الطريقة فان وحدة التبخير متعدد المؤثرات تتكون من عدد من الأوعية (المبخرات) يسمى كل منها تأثيرا، وتنتهي بوعاء الطرد الحراري ويقوم فيها التأثير الأول مقام وعاء التسخين ففي الوعاء الاول يدخل ماء البحر الذي يمكن ان يكون قد سبق تسخينه تسخيناً مبدئياً في وعاء الطرد الحراري من خلال فوهات تعمل على نثر الماء وتوزيعه على سطوح حزمة انابيب التبادل الحراري فينسبب ماء البحر مكونا طبقات رقيقة يسهل فيها انتقال الحرارة ومن ثم تعجل بالغليان والتبخير في حين ينساب بخار التسخين المستمد من مصدر خارجي داخل انابيب التبادل الحراري فيتكثف داخلها وتنتقل الحرارة الكامنة فيه الى طبقات الماء المالح الرقيقة التي ينطلق منها بخار الماء.





والتأثيرات التالية تعمل بالطريقة نفسها وتؤدي نفس وظائف التأثير الأول ولكن باختلاف ان بخار التسخين المتكثف داخل أنابيب الانتقال الحراري هو البخار المنطلق نتيجة غليان الماء المالح بالتأثير السابق، وان الماء المالح المعرض للغليان والتبخير يتم ضخه من الماء المالح المتجمع في التأثير السابق. وهكذا يسخن الماء المالح المتجمع بعد الغليان والتبخير من كل تأثير الى فوهات التأثير الذي يليه ويتكثف البخار المنطلق من كل تأثير داخل انابيب المبادل الحراري بالتأثير الذي يليه في اتجاه يتناقص فيه الضغط المطلق داخل حيز التبخير في كل وعاء وتنخفض ايضا درجة الحرارة حتى يصل الضغط ودرجة الحرارة الى أقل مستوى ممكن عمليا يسمح باستخدام مياه البحر في تكثيف البخار المنطلق من التأثير الأخير داخل وعاء الطرد الحراري.



أي تقوم المقطرات المتعددة التأثيرات بالاستفادة من الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثف في المبخر الثاني وعليه ، تستخدم حرارة التكثف في غلي ماء البحر في المبخر الثاني ، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول ، وتصبح هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول. وبالمثل ، فإن المبخر الثالث يعمل كمكثف للمبخر الثاني وهكذا ويسمى كل مبخر في تلك السلسلة بالتأثير.

وبعكس التبخير الوميضي متعدد المراحل فهنا يتم جمع الماء العذب الناتج عن تكثف البخار داخل انابيب المبادل الحراري لكل تأثير مباشر خارج الوحدة بدون الدخول الى التأثير التالي وتوجد عدة تصاميم مختلفة للوحدات التي تعمل بهذه الطريقة الأفقية فهناك التصاميم التي تعتمد الأنابيب الرأسية ولكل من هذه التصاميم مزايا ومثالب تتعلق بكفاءة التبادل الحراري وقابلية ترسب الأملاح وتكون القشور.

#### 4- التقطير باستخدام الطاقة الشمسية Solar Desalination

وهي تعتبر محاكاة للدورة الطبيعية فالتسخين والتبخير يحدثان بفعل حرارة الشمس التي يتم تجميعها داخل بيت زجاجي مسطح يسمح بتعرض أكبر مساحة مائية (من مياه البحر) ممكنة لأشعة الشمس ويتكثف البخار المنطلق على الاسطح الزجاجية او بلاستيكية مائلة ( باردة ) التي تكون اقل درجة حرارة من البخار المنطلق حيث يلامس السطح السفلي من القبة أو لوح الزجاج ثم يتم تجميع الماء العذب الناتج من تكثف البخار في قنوات (انابيب) على جانبي البيت الزجاجي الذي هو في الحقيقة وحدة تقطير شمسية يعطي نمط التقطير هذا كميات قليلة من الماء العذب ففي يوم واحد وفي طقس مشمس يعطي مثل هذا الحوض خمسة لترات من الماء العذب من كل متر مربع من مساحة سطح الحوض ولا يعتبر التقطير باستخدام أشعة الشمس طريقة شائعة لأنه مكلف. وتنشأ التكلفة من كون هذه الطريقة تحتاج إلى مساحات هائلة من الأرض لإنتاج كميات كافية من الماء العذب والتقطير بالاعتماد على أشعة الشمس أقل كفاءة من العمل بأساليب التقطير الأخرى.



ومن محاسن نظام التقطير المستخدم للطاقة الشمسية ما يلي:

- \*نظام بسيط غير معقد ولا يحتاج لكثير من المعدات والتوصيلات .
- \*اضراره بسيطة ويمكن معالجتها وإصلاحها بسهولة دون الحاجة لخبرات ذات مستوى عالي .

من مساوئها:

- \*رغم أن الطاقة الشمسية لا محدودة ومستمرة ومتجددة غير أن تكلفة إنشاء الوحدة باهظة مما يعوق استخدام هذه الطريقة فهو يحتاج لمساحات هائلة من الارض فمثلا للحصول على الانتاج اليومي المماثل لوحدة تقطير ومبضي متعدد المراحل بسعة 6 ملايين جالون يوميا نحتاج الى مساحة ارض تصل الى حوالي 7 كيلومترات مربعة وهذا يدل على الارتفاع الهائل في التكلفة الرأسمالية.
- \*عدم الحصول على الطاقة الشمسية على مدار اليوم واعتماد هذه الطاقة على عوامل الطقس والمناخ السائد زيادة على ذلك أثر تغير الموسم عليها .
- \*الكميات التي يمكن الحصول عليها من الماء النقي نسبة لمساحة الارض اللازمة صغيرة.
- \*امكانية تعرضها لأضرار والتلف بفعل الظروف الجوية المحيطة.
- \*جهاز التقطير عبارة عن حوض محكم مصنوع من الفولاذ المجلفن .

#### 5- التقطير بطريقة البخار المضغوط:

المعمدة تجاريا هي طريقة التبخير بضغط البخار وهي من اكثر الطرق شيوعا في تحلية مياه البحر باستخدام وحدات ذات ساعات صغيرة او متوسطة وفي المناطق النائية وتبلغ السعة الانتاجية العالمية لتحلية المياه بطريقة التبخير بضغط البخار اكثر من 780 الف متر مكعب يوميا (اي أكثر من 170 مليون جالون يوميا) وهي تمثل أقل من 4% من السعة الانتاجية لجميع طرق التحلية المستخدمة بالعالم كما يبلغ عدد الوحدات المنتشرة التي تعمل بهذه الطريقة حوالي 830 وحدة تتراوح ساعاتها بين 500 الى 12000 متر مكعب يوميا 110 آلاف الى 5.2 مليون جالون يوميا .

يسخن ماء البحر مبدئيا في مبادل حراري أنبوبي مستخدما كلا من الماء الملح والماء المطرود والماء العذب الخارج من الوحدة ثم يغلى ماء البحر داخل أنابيب المقطر وتضغط الأبخرة ، ثم ترجع الى المقطر حيث تتكثف خارج الأنابيب مما يوفر الحرارة اللازمة لعملية الغليان وتبنى طريقة التبخير بضغط البخار على أساس ان بخار الماء اذا ما تم ضغطه ارتفعت درجة حرارته بقدر يتناسب مع مقدار الزيادة في الضغط. لذلك فان البخار المنضغط يمكن ان يستخدم في تسخين الماء المالح المراد تبخيره وتصبح الطاقة المستهلكة في عملية ضغط البخار هي مصدر الطاقة اللازمة لتسخين الماء المالح وانطلاق البخار.

حيث يمكن ان يتم ضغط البخار بإحدى الطريقتين :

ميكانيكيا: في حالة ضغط البخار ميكانيكيا يدار ضاغط البخار بالكهرباء.

حراريا : في حالة ضغط البخار حراريا فيتم ذلك باستخدام الحقن البخاري النافوري، الذي يستمد طاقته من بخار ذي ضغط متوسط او عالي نسبيا من مصدر خارجي .  
بينما تستخدم وحدات التقطير متعدد التأثير والتبخير الفجائي مصدر بخار خارجي للتسخين كمصدر أساسي للحرارة ، فإن التقطير بانضغاط البخار – والذي يختصر عادة إلى التقطير بالانضغاط ، يستخدم بخاره الخاص كمصدر حراري بعدما يضغط هذا البخار وفي هذه الطريقة ، يمكن الحصول على اقتصادية عالية للطاقة.

وفي طريقة التبخير بضغط البخار، غالبا ما تحتوي الوحدة على وعاء تبخير واحد ولكن احيانا تتعدد اوعية التبخير وهي تشبه اوعية التبخير في طريقة التبخير متعدد المؤثرات حيث يتم نثر وتوزيع الماء المالح من فوهات تسمح بتساقط الماء على شكل طبقات رقيقة تسهل انتقال الحرارة وتعجل بالغليان والتبخير ويعمل ضاغط البخار على سحب بخار الماء المنطلق من داخل الوعاء ثم ضغطه داخل انابيب التبادل الحراري ومن







ثم ترتفع درجة حرارته عدة درجات عن الماء المالح المناسب على سطوح انابيب التبادل الحراري فيتكثف البخار على هيئة ماء عذب يتم سحبه الى خارج الوحدة وتسحب الغازات غير القابلة للتكثيف من حيز البخار والتكثيف بوساطة مضخة سحب أو طارد بخاري (في حين تنتقل الحرارة الكامنة فيه الى الماء المالح فيغلي وينطلق البخار داخل الوعاء وهكذا تتواصل دورة التبخير ثم الضغط الذي يعقبه التكثيف ومع استمرار انطلاق البخار يزداد تركيز الاملاح في الماء المالح المعرض للغليان والتبخير. لذلك يلزم التخلص من جزء من الماء المالح المركز ثم اضافة ماء بحر جديد لإعادة توازن تركيز الاملاح ولتعويض كمية الماء المالح المنصرفة وكمية الماء العذب المنتجة. وعادة ما يستخدم مبادل حراري اضافي مساعد للاستفادة من الحرارة الموجودة في الماء المالح المنصرف والماء العذب المنتج في تسخين مبني لمياه البحر التعويضية القادمة للوحدة. ويعتبر الضاغط هو قلب وحدة التقطير. فإذا لم تضغط الأبخرة فإنه لا يمكنها التكثف على الأنابيب الحاملة لماء البحر المغلي لأن درجة حرارة تكثيف البخار النقي عند ضغط معين تقل عن درجة حرارة غليان الماء المالح عند هذا الضغط. فمثلا ، إذا كان ضغط البخار 1 ضغط جوي ، فإن بخار الماء يتكثف عند درجة 100 م ، ولكن ماء البحر بتركيز مضاعف يغلي عند حوالي 101 م . وحتى يتسنى للأبخرة التكثف عند درجة حرارة 101م، فإنه يلزم على الأقل لهذه الأبخرة أن تضغط الى ضغط 1.03 ضغط جوي.

### ثانياً طريقة التحلية باستخدام أغشية التناضح العكسي :

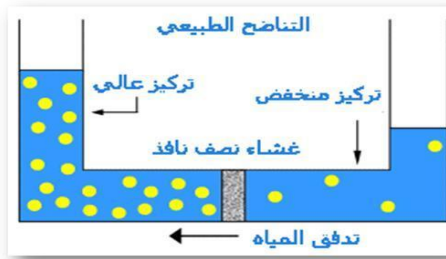
#### Reverse Osmosis Membranes

توفر طرق التحلية بالأغشية Membrane Desalting ما يقرب من 8.5 ملايين متر مكعب يوميا (حوالي 1860 مليون جالون يوميا) من الماء العذب يوميا، ويمثل هذا القدر حوالي 41% من مجموع الطاقة الانتاجية العالمية لتحلية المياه كما يمثل عدد وحدات التحلية التي تعمل بتقنيات الاغشية اكثر من 73% من عدد وحدات التحلية في العالم .

وتقوم طرق تحلية المياه بالأغشية على استخدام الخواص الطبيعية لأنواع مختلفة من الاغشية المصنعة بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون ايونات الاملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي مثل الحالة في اغشية التناضح العكسي، وهناك انواع اخرى من الاغشية غير منفذة للماء وموصلة للكهرباء، تسمح بالمرور الانتقائي لأيونات الاملاح الذائبة في الماء تحت تأثير الجهد الكهربائي مثل الحالة في الاغشية المستخدمة في الديليزة الكهربائية. وتتميز طرق التحلية بالأغشية عموما بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحلية الحرارية وذلك نظرا لعدم الحاجة الى احداث تغيير في الحالة الطبيعية للماء من حيث التحول من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وبالعكس .

### مفهوم التناضح العكسي :

التناضح أو الإسموزية Osmosis هو الإسم الذي يطلق على عملية انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلى المذاب، وهو في المعنى كلمة مشتقة من الإغريق OSMOS والتي تعني النبض، فهو قوة فيزيائية و نزعة طبيعية للمياه فعند وجود عيني ماء يفصل بينهما غشاء نصف نافذ Semi-permeable ومذاب بهما مادة ما وبتركيزين مختلفين احدي العينتين تركيزها مرتفع بالمادة الذائبة والاخر بتركيز منخفض، حيث تنتقل المياه من منطقة التركيز المرتفع الى منطقة التركيز المنخفض وتعمل المياه على اعادة التوازن على طرفي الغشاء، وتصبح المنطقتين على طرفي الغشاء ذات تركيز واحد بالنسبة للمادة الذائبة.



### مفهوم التناضح العكسي



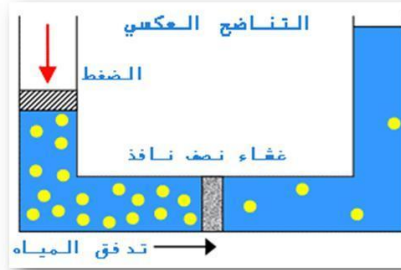




تعتمد طريقة التناضح العكسي على الخاصية الاسموزية، حيث تستخدم الضغوط المسلطة على اسطح الاغشية للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي للماء فإذا وضع غشاء شبه نفاذ بين محلولين متساويين في التركيز تحت درجة حرارة وضغط متساويين لا يحدث اي مرور للمياه عبر الغشاء نتيجة تساوي الجهد الكيميائي على جانبيه ، وإذا ما اضيف ملح قابل للذوبان لأحد المحلولين ينخفض الضغط ويحدث تدفق اسموزي للماء من الجانب الأقل ملوحة الى الجانب الأكثر ملوحة حتى يعود الجهد الكيميائي الى حالة التوازن السابقة ويحدث هذا التوازن عندما يصبح فرق الضغط في حجم السائل الأكثر ملوحة مساويا للضغط الاسموزي، وهي خاصية من خواص السوائل ليس لها علاقة بالغشاء.

وعند توجيه ضغط مساو للضغط الاسموزي على سطح المحلول الملحي يتم التوصل ايضا الى حالة التوازن ويتوقف سريان المياه من خلال الغشاء .

وإذا رفع الضغط الى اكثر من ذلك فان الجهد الكيميائي للسائل سيرتفع ويسبب تدفقا عكسيا للماء من المحلول الملحي باتجاه المحلول الاقل ملوحة وهو ما يعرف بالتناضح العكسي وفاعلية طريقة التناضح العكسي في التخلص من الاملاح ممتازة تصل الى اكثر من 99% وكذلك فان أغشية التناضح العكسي لها قدرة على التخلص من البكتيريا والجراثيم والعناصر الضارة الموجودة في المياه .



تستخدم تقنية التناضح العكسي في تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة وكذلك في تحلية مياه الصرف الصحي المعالج ثانيا او ثلاثيا ، حيث يمكن تقليل ملوحة هذه المياه وتخليصها من معظم انواع البكتيريا والفيروسات والمواد الضارة الأخرى ، كما تستخدم هذه التقنية في الصناعات الغذائية ومنتجات الألبان وتركيز عصير الفواكه وغيره.

وتقوم طرق تحلية المياه بالأغشية بتقنية التناضح العكسي على استخدام الخواص الطبيعية لأنواع مختلفة من

الاغشية المصنعة بعضها من بوليمرات شبه منفذة تسمح بمرور الماء فقط دون ايونات الاملاح الذائبة تحت تأثير ضغط هيدروليكي.

فيمكن تعريف عملية التناضح العكسي على أنها فصل الماء عن محلول ملحي مضغوط من خلال غشاء ولا يحتاج الأمر إلى تسخين أو تغيير في الشكل .

ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء ، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح وفي نفس الوقت فإن جزءا من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة ، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الاسموزي عبر الأغشية . وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين 20 إلى 70% من التغذية اعتمادا على كمية الاملاح الموجودة فيها .





تقنية التناضح العكسي تنتج حوالي 7.3 ملايين متر مكعب يوميا (1600 مليون جالون يوميا) من أكثر من 6700 وحدة منتشرة في أنحاء مختلفة من العالم. ويمثل هذا القدر من الماء العذب حوالي 36% من مجموع الانتاج العالمي لجميع طرق التحلية .

شروط استخدام تقنية التناضح العكسي في المعالجة :

1- اجراء معالجة للمياه قبل الشروع في عملية التناضح العكسي :

يوجد عدة أنواع للمعالجة المبدئية و التي تسبق تحلية المياه بالتناضح العكسي و اختيارها يعتمد في الأساس على :

- الإمكانيات

- الخبرة والقدرات الفنية لطاقم العمل

حيث يمكن التأكيد أنه كلما ازدادت جدارة تطبيقات الصيانة الوقائية يمكن الحصول على معالجة مبدئية كيميائية سليمة في حين أن عمليات الفلترة الرملية أو إزالة العسرة تتطلب قدر أقل من الصيانة اليومية. مياه التغذية يجب أن تحتوي على قدر قليل من الشوائب الصلبة Solids و الطمي Silt وذلك حفاظا على الأغشية من الانسداد و هذا يمكن إنجازه بإزالة هذه الشوائب أو تعليقها و التقاطها خلال مرورها بأحد مراحل المعالجة الأولية مثل التنقية الرملية أو بخراطيش الترسيب Sediment Cartridge مما يحمي الأغشية و يساهم في حسن أدائها لفترة زمنية طويلة.

عندما تمر المياه خلال أغشية التناضح العكسي ترتفع نسبة الايونات في مكونات الدفق المنبوذ Reject Flow وهذا يؤدي حتما إلى ارتفاع نسبة الأملاح الذائبة TDS ولا سيما الكالسيوم و المغنيسيوم و ترسيب جزء منها داخل الأغشية و على الرغم من إمكانية إزالة الكالسيوم و المغنيسيوم أو بإضافة مادة كيميائية لإبقائهما مسيلين إلا أن الكثير من خبراء معالجة المياه ينصح بضرورة استعمال وحدة إزالة عسرة Softener في خط المياه قبل دخولها الأغشية واستبدال أيوناتها بأيونات صوديوم .

أيضا الكلور يلزم إزالته كليا عند استعمال أغشية Thin Film أو تخفيض نسبته مع أغشية CTA و يتم ذلك باستعمال وحدة فلترة كربون و هذا ما يشجع عليه خبراء معالجة المياه, أما ضخ مادة صوديوم ميتايبايسولفايت فهي فعالة و لكنها تساهم في نمو البكتيريا التي تسد الأغشية أيضا و تقلل من أدائها.

2- توفير لوازم تعديل الـ PH :

يجب أن تكون المحطات الكبيرة مجهزة بشكل إلزامي بلوازم تعديل PH ما بين 5.5 و 6.5 و هذا يساعد في نظافة الأغشية و منع انسدادها .

3- توفير الضغط اللازم لتحقيق إزالة الشوارد :

يعتمد الضغط المطلوب لعملية التحلية على نسبة التركيز الملحي للمياه في خط النبذ Concentrate حيث أن الملوحة على خط النبذ قدرها 1100 ppm تتطلب ضغطا أكبر من 200 psi أما مياه البحر ذات الملوحة العالية ذات 33000 ppm أو 38000 p.p.m و أكثر فهي تتطلب ضغطا أكبر من 800 psi.

وحدة قياس الضغط هو psi (pound per square inch) باوند أو رطل لكل بوصة مربعة ، ويعرف الضغط بأنه القوة النوعية المؤثرة عمودياً على مساحة سطح.

وحدة قياس الضغط الأخرى (لا تتبع النظام الدولي للوحدات) هو bar وللتحويل من وحدة bar الى psi

14.7 × (14.7psi = 1.013 bar)





#### 4- مراقبة الكلور لحماية أغشية التناضح العكسي :

إن وجود الكلور قد يحط من أداء بعض مواد الأغشية و لذلك يتم اللجوء إلى إزالة الكلور في المياه الخام قبل دخولها إلى الأغشية.

عملية إزالة الكلور تتم بضح مادة صوديوم بايسولفايت  $\text{NaHSO}_3$  أو بواسطة فلتر امتصاص كربونية، حيث ان استخدام الاغشية في تحلية المياه يعتبر استثمارا مكلفا و يجب أن يتلائم مع اجراءات حمايتها و هذه التكلفة الإضافية تعتبر بسيطة مقارنة بالخسائر التي قد تلحق من جراء تجاهلها، وقد تحتوي المياه الخام على الكلور الحر **Free Chlorine** أو الكلور الكلي **Total Chlorine** و من الهام جدا تحديد نوع و شكل الكلور الموجود و اختيار الصنف الصحيح لجهاز مراقبة الكلور .

ومن الناحية التطبيقية يتم ضخ مياه التغذية في وعاء مغلق حيث يضغط على الغشاء ، وعندما يمر جزء من الماء عبر الغشاء تزداد محتويات الماء المتبقي من الملح ، وفي نفس الوقت فإن جزءا من مياه التغذية يتم التخلص منه دون أن يمر عبر الغشاء ، وبدون هذا التخلص فإن الازدياد المطرد لملوحة مياه التغذية يتسبب في مشاكل كثيرة ، مثل زيادة الملوحة والترسبات وزيادة الضغط الأسموزي عبر الأغشية . وتتراوح كمية المياه المتخلص منها بهذه الطريقة ما بين 20 إلى 70% من التغذية اعتمادا على كمية الأملاح الموجودة فيها.

#### مراحل المعالجة بتقنية التناضح العكسي:

(مراحل عمل منظومة تناضح عكسي صناعية **Industrial Reverse Osmosis System**)

تتألف المنظومة من مجموعة أنابيب تتحمل ضغوط عالية و تحتوي في داخلها على أغشية التناضح العكسي والتي تقوم بعملية فصل ايونات المياه نتيجة ضغط المياه بواسطة مضخة.

ينتج عن العملية تدفقين للمياه ، الأول و هو المياه المنتجة ذات الأملاح المنخفضة و التي لا تتجاوز 4% من أملاح مياه التغذية أما التدفق الثاني فهو ذو التركيز الملحي العالي و الذي يتم رميه عموما و أحيانا يعاد إدخاله إلى أول المنظومة و للمرور في مرحلة ثانية من الأغشية مما يسمح برفع كفاءة المنظومة و قدرتها على الإنتاج.

تتوفر وحدات التناضح العكسي بقياسات مختلفة، فمنها الصغير جدا للاستعمال المنزلي و التي يتراوح طاقة إنتاجها بين 100 و 300 لتر يوميا وصولا إلى الاستعمالات الضخمة لتغذية المصانع و القرى و المدن حيث تصل طاقة الإنتاج في بعضها إلى أكثر من مائة ألف متر مكعب يوميا.

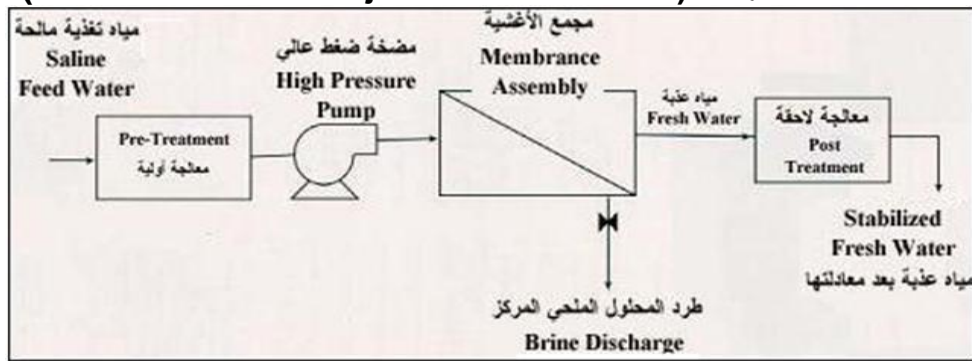
#### حيث تعتمد تقنية التناضح العكسي على أربعة مراحل أساسية من المعالجات هي:

1-مرحلة المعالجة الأولية **Pre-Treatment** .

2-مرحلة الضغط (مضخة ذات ضغط عال) .

3-مرحلة الفصل بواسطة الأغشية (مجمع أغشية) .

4-مرحلة المعالجة النهائية ( مرحلة التثبيت **Post-Treatment Or Adjustment**).







## 1-مرحلة المعالجة الأولية Pre-Treatment .

المعالجة الأولية مهمة لأن مياه التغذية يجب أن تمر عبر ممرات ضيقة أثناء العملية ، كذلك يجب إزالة العوالق ومنع ترسب الكائنات الحية ونموها على الأغشية ، حيث يتم معالجة دفق مياه التغذية لتصبح منسجمة مع الشروط الأساسية لعمل الأغشية و لتكون خالية من العوالق الصلبة عبر عدة خطوات منها :

الفلتر الرملية Multimedia Filter

وحدات خراطيش ميكرونية Cartridge Filters

ضبط الرقم الهيدروجيني Ph Adjustment

إضافة مواد كيميائية Chemicals Dosing لكبح أية تكلسات لاحقة من مواد مختلفة مثل كالسيوم سولفايت.

تهدف هذه المرحلة إلى تقليل إمكانية فساد أو تكلس أو انحلال أغشية التناضح Membranes خلال فترات التشغيل ، و يقوم غالب مصنعو الأغشية و من خلال نشرات علمية أو برامج حاسوبية بترشيح المصمم إلى مستلزمات المعالجة الأولية و تحديد أنواع المواد الكيميائية المطلوب استعمالها و كل ذلك بناء على تحاليل كيميائية تفصيلية لعينات من المياه الخام .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن المياه الجوفية Ground Water تتميز عادة بثبات في المكونات و الحرارة و وهذا يفيد في معالجة مبدئية اقل كلفة و تعقيدا من التي سوف تستعمل مع المياه السطحية Surface Water التي تشهد تغييرات واضحة مع تبدل الفصول المناخية و العوامل الطبيعية.

مؤشر كثافة الطمي Silt Density Index هو المنهج الذي سيحدد كمية الجسيمات في مياه التغذية Feed Water و بالتالي الوسائل التي يجب استخدامها في المعالجة المبدئية مثل الترويق Clarification و النصفية Filtration أو إضافة مواد تبلمر Polymer و لأن وحدة المعالجة اللاحقة سينتج عنها دفق يحتوي على تركيز لمحي عال يتم فصله بواسطة الأغشية فإن المواد المذابة للأملاح مثل :كالسيوم كربونيت CaCO3 و كالسيوم سولفايت CaSo4 و باريوم سولفايت BaSo4 و السيليكا SiO2 يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار.

حيث ان تصميم هذه المرحلة System Design يعتمد على الاجراءات التالية :

- إزالة الكالسيوم بواسطة وحدة التليين بالتبادل الايوني Softening Ion Exchange

- ضخ أو زرق مادة الحمض Acid

- ضخ أو زرق مادة مانعة للتكلس Antiscalant

- ضخ أو زرق مادتي الحمض و مانع التكلس معا

- تخفيض معدل الاسترداد Recovery

ان تصميم إمكانيات المعالجة المبدئية يتم بناء على المعطيات الخاصة بكل مشروع ، بإضافة مادة الحمض بدلا من مانع التكلس قد يكون خيارا ممتازا في حال الرغبة في التخلص أيضا من غاز سولفايد الهيدروجين و لكن قد يكون هذا الخيار نفسه سينا في تطبيق آخر بسبب تشكل ديوكسايد الكربون الذي يستوجب تركيب نظام إضافي للتخلص منه و يدعى Polishing Ion Exchange Unit .

## 2-مرحلة الضغط (مضخة ذات ضغط عال) .

يتم خلال هذه العملية أو المرحلة رفع الضغط على المياه المعالجة أوليا الى المستوى المناسب لنوع الأغشية ونسبة الأملاح المنحلة في المياه المطلوب معالجتها ، والمضخة ذات الضغط العالي تعمل على رفع الضغط الهيدروليكي لمياه التغذية الى الحد الكافي للتغلب على الضغط الاسموزي الطبيعي و بزيادة تكفي لإنتاج الكمية المطلوبة من المياه العذبة ، وبالتالي توفر هذه المضخة الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية و حجز الأملاح ، و تتناسب الضغوط المطلوبة تناسباً طردياً مع درجة ملوحة مياه التغذية. حيث تتراوح ما بين 17 إلى 27 باراً ( 250 – 400 رطل على البوصة المربعة ) في حالة المياه قليلة الملوحة التي تتراوح ملوحتها





بين 2000 - 10000 جزء في المليون، بينما تتراوح الضغوط المطلوبة بين 45 إلى 80 باراً ( 800 - 1180 رطل على البوصة المربعة ) لمياه البحار المالحة مثل مياه الخليج العربي والتي تصل فيها الملوحة إلى 45000 جزء في المليون.

### 3-مرحلة الفصل بواسطة الأغشية (مجمع أغشية).

ويتكون مجمع الأغشية من وعاء ضغط وغشاء يسمح بضغط الماء عليه كما يتحمل الغشاء فرق الضغط فيه والأغشية نصف المنفذة قابلة للتكسر وتختلف في مقدرتها على مرور الماء العذب وحجز الأملاح.

تقوم الأغشية في هذه المرحلة بالسماح للمياه العذبة أو النقية بالمرور خلال الثقوب الميكروية للغشاء ، بينما تمنع الأملاح الذائبة من المرور ، حيث يتم تحويلها الى خط الصرف ذو التركيز الملحي العالي ، بينما تتمكن نسبة قليلة من الأملاح من عبور الأغشية والسبب في ذلك يعود الى عدم كمال الأغشية النسيجية ليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح ولذلك توجد بعض الأملاح في المياه المنتجة.

تعمل هذه الأغشية على إزالة أكثر من 75 % من الأملاح إضافة الى معظم أنواع العضويات ، الدقائق virus ، والكثير من الملوثات الكيميائية ، وتتراوح قياسات المسامات في الأنواع المختلفة من الأغشية بين (10 انجستروم و 100 ميكرون او ميكرومتر )

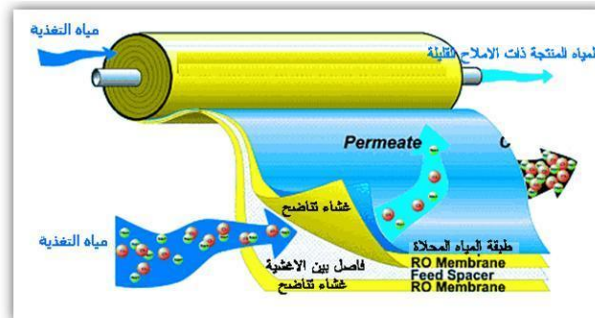
وتصنع أغشية التناضح العكسي من أنماط مختلفة ، وهناك اربعة أنواع من نظم اغشية المعروفة وهي الاغشية المسطحة والاعشية الأنبوبية والاعشية الشعيرية المجوفة والاعشية الحلزونية، ولكل من هذه الاغشية مقدرة معينة على انتاج المياه العذبة وإمرار الأملاح واحتجازها .

وهناك اثنان ناجحان تجاريا وهما اللوح الحلزوني والألياف ( الشعيرات الدقيقة المجوفة) ، ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتمادا على المصنع وملوحة الماء المراد تحليته.

مصنعي الأغشية في هذه المرحلة لهم تأثير أساسي في تحديد نوع الأغشية المستخدمة في المنظومة وعددها حيث ان معدل الجريان Flux Rate المثالي يقدر بنسبة 15 جالون بالقدم المربع / يوم وذلك للمياه السطحية Surface Water وهذه النسبة قد تتغير إلى مقادير أخرى إذا كانت مياه التغذية من مصادر مثل مياه جوفية أو مياه بحر أو مياه مبتدلة.

كما انه بعد حساب عدد الأغشية سيتم تحديد عدد الأنابيب الحاملة Vessels المطلوبة حيث تستخدم معظم المنظومات الصناعية أنابيب ضغطية Pressure Vessels تحتوي على 6 أغشية ولكن يمكن استعمال أنابيب ضغطية تحتوي ما بين 3 و 7 أغشية ، وايضا المساحة المخصصة لمنظومة التحلية تلعب أحيانا دورا في تحديد عدد الأنابيب المضغوطة .

والمهمة التالية تتمحور حول الترتيب الأنسب لهذه الأنابيب المضغوطة و ما بداخلها من أغشية، حيث يغلب ترتيب الشجرة في أكثر الأحيان ، وهذا يعني أن المرحلة الأولى تحتوي على العدد الأكبر ثم المرحلة الثانية أقل ثم المرحلة الثالثة إن وجدت أقل عددا من الأوليين ، حيث ان الهدف من هذا الترتيب هو التخفيف من إمكانية فشل الأغشية بعد فترات طويلة من التشغيل .





#### 4-مرحلة المعالجة النهائية ( مرحلة التثبيت ).

تهدف المعالجة النهائية المحافظة على خصائص الماء وإعداده للتوزيع وربما شملت هذه المعالجة إزالة الغازات مثل سلفايد الهيدروجين وتعديل درجة القلوية ، حيث يتم في هذه المرحلة ضبط حموضة المياه العذبة الناتجة من خلال عملية الضبط الكيميائية للرقم الهيدروجيني للمياه **PH Adjustment** برفعها من حوالي الرقم 5 الى 7.5 ، ويتم خلال هذه المرحلة أيضا إضافة الكلور للحفاظ على المياه معقمة من الدقائق الحية والبكتيريا التي قد تصلها خلال فترات التخزين والضخ عبر الشبكة.

إذا يتم في هذه المرحلة فحص المياه الناتجة من الأغشية **Permeate** وضبط رقمها الهيدروجيني الذي ينخفض عادة نتيجة الضغط الإسموزي و يتم رفعه إلى حيايدته مجددا أي 7.5 بإضافة مواد كيميائية مثل الصودا الكاوية أو غيرها.

كما يتم إضافة مادة الكلور بنسبة تتراوح بين 0.1 و 0.5 جزء بالمليون إلى دفق المياه المتجه إلى التخزين أو التوزيع عبر الشبكات و ذلك تحصينا للمياه من البكتيريا عند تعرضها للعوامل الطبيعية و حماية للمستخدمين .

#### أنواع أغشية التناضح العكسي :

هناك اربعة أنواع من نظم اغشية المعروفة وهي:

الاعشبية المسطحة - الاعشبية الأنبوبية - الاعشبية الشعرية المجوفة ( الشعيرات الدقيقة المجوفة) Hollow Fine Fiber - الاعشبية الحلزونية Spiral Wound .

أهمها الأغشية الحلزونية **Spiral Wound** و أغشية الأنسجة ذات التجويفات الدقيقة **Hollow Fine Fiber** ويستخدم هذين النوعين لتحلية كل من مياه الآبار ومياه البحر على الرغم من اختلاف تكوين الغشاء الإنشائي ووعاء الضغط اعتمادا على المصنع وملوحة الماء المراد تحليته .

وجميع هذه الأغشية تصنع من مادة **Cellulose Acetate , Aromatic Polyamides** أو كما هو الحال في هذه الأيام من مركبات **Film Polymer**. كما تعمل هذه الأغشية على إزالة أكثر من 75 % من الأملاح إضافة إلى معظم أنواع العضويات , الحميات , **Virus** الجراثيم و كثير من الملوثات الكيميائية.

تتراوح قياس مسامات الأنواع المختلفة من الأغشية بين أقل من 10 انجستروم الى 100 ميكرون.

#### أنواع ومميزات أغشية التناضح العكسي :

#### 1- سيلليوز أسيتات : CELLULOSE ACETATE

##### مميزاته:

- تحمل لمادة الكلور.
- غير مقاوم للبكتيريا.
- نسبة حموضة PH تتراوح بين 6 و 8 .
- معدل إنتاج مياه جيد .
- يجب استعماله مع مياه تحتوي على نسبة معينة من الكلور .
- من أكثر أنواع الأغشية انتشارا في الأسواق .

#### 2- سيلليوز تري أسيتات : CELLULOSE TRI-ACETATE

##### مميزاته:

- تحمل لمادة الكلور.
- يتحمل أنواع متعددة من البكتيريا.
- نسبة حموضة PH تتراوح بين 4 و 8 .
- معدل إنتاج مياه ممتاز .
- استعمال مياه تحتوي على كلور يطيل عمره .







### 3- ثين فيلم كومبوزاي: THIN FILM COMPOSITE:

**مميزاته:**

- حساس تجاه مادة الكلور مما يلزم إزالتها قبل وصول المياه إلى الأغشية .
- مقاوم للبكتيريا .
- نسبة حموضة PH تتراوح بين 3 و 11 .
- من أكثر أنواع الأغشية إنتاجا للمياه .
- خاصية رفض للأملاح عالية .
- سنوات خدمة طويلة في حال توفرت مواصفات التشغيل الصحيحة .

#### الميزات العامة لأغشية التناضح العكسي

- تتميز طرق التحلية بالأغشية عموما بانخفاض الطاقة المستخدمة مقارنة بطرق التحلية الحرارية وذلك نظرا لعدم الحاجة الى احداث تغيير في الحالة الطبيعية للماء من حيث التحول من الحالة السائلة الى الحالة البخارية وبالعكس .
- تتم تحلية الماء المالح بفصل المواد الصلبة الذائبة .
- تقلل من درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية للماء الخام بنسبة إزالة تصل إلى 99% تتخلص من المواد الحيوية والمواد الغروانية من الماء بنسبة إزالة تصل إلى 98% .
- إزالة الخلايا الميكروبية من بكتيريا وفيروسات وغيرها بنسبة إزالة كلية .
- إزالة معظم المواد الصلبة العضوية بنسبة إزالة قد تصل إلى 97%

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما:

- 1- تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة .
- 2- عملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة , وتستخدم الأغشية ذات الضغط المنخفض في تحلية مياه الآبار على نطاق واسع.

وتتصل وسائل استرجاع الطاقة بالتدفق المركز لدى خروجه من وعاء الضغط . ويفقد الماء أثناء تدفقه المركز من 1 إلى 4 بار ( 15- 60 رطل على البوصة المربعة ) من الضغط الخارج من مضخة الضغط العالي ، ووسائل استرجاع الطاقة هذه ميكانيكية وتتكون عموما من توربينات أو مضخات من النوع الذي بوسعه تحويل فارق الضغط إلى طاقة محرك.

أحرزت تحلية مياه البحر باستخدام تقنية التناضح العكسي قبولا مطردا كطريقة اقتصادية معتمدة، وكأفضل نظام مكمل وبديل لتقنيات التحلية الحرارية (التبخير الوميضي متعدد المراحل والتبخير متعدد المؤثرات) وذلك بسبب :

- 1- تدني استهلاك الطاقة بالمقارنة مع اغلب نظم التقطير، وذلك نظرا لعدم وجود تغيير في الصورة الفيزيائية للماء، فمتطلبات طريقة التناضح العكسي من الطاقة تتراوح بين 6 - 8 كيلووات ساعة / الف جالون من الماء العذب المنتج من مياه قليلة الملوحة. وتتراوح هذه النسبة في حالة تحلية مياه البحر بين 35 40 - كيلووات ساعة / الف جالون من الماء العذب، ويمكن خفض مقدار الطاقة المستهلكة بتركيب جهاز لاسترجاع الطاقة المهذورة في ماء تدفق المحلول الملحي المركز الناتج عن التحلية، والذي يتراوح ضغطه ما بين 750 - 950 رطلا على البوصة المربعة .

ويبلغ استهلاك طريقة التحلية بالتناضح العكسي من الطاقة ثلث الى نصف ما هو عليه في حالة التقطير الوميضي متعدد المراحل، فضلا عن ذلك فان التناضح العكسي يحتاج الى ثلث ما يحتاجه التقطير الوميضي من مياه التغذية لإنتاج نفس الكمية من الماء العذب، وبالطبع ينعكس ذلك على الطاقة اللازمة لتشغيل المضخات وحجمها وتصميم مأخذ المياه .





- 2- تدنى المساحة التي يشغلها بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى .
- 3- انخفاض معدل حدوث الترسبات والتآكل فيه بالمقارنة بنظم التحلية الأخرى .
- 4- مدة انجاز مشاريع التناضح العكسي اقل مما هي الحال عليه بالنسبة لوحدات التقطير .
- 5- قلة تكلفة معظم مكونات النظام لكونها بلاستيكية الصنع .
- 6- سهولة تجميع وتشغيل وصيانة النظام وذلك لتكوينه من وحدات قائمة بذاتها

ولما كان نظام التناضح العكسي قد تطور كثيرا خلال العقد الماضي ، فقد تزايد استخدامه حتى اصبحت تلك التقنية ضمن الاساليب المعتمدة لتحلية المياه قليلة الملوحة ومياه الصرف الصناعية والصحية، ومع ذلك، مازالت هناك مجالات عديدة تحتاج الى بحث وتطوير بهدف زيادة الاعتمادية وخفض تكلفة المياه المنتجة باستخدام هذه التقنية.

فعلى هذه الأعمال التطويرية ان تتناول :

- مدة خدمة الاغشية وفترات تبديلها .
- المعلومات الدقيقة عن التكاليف التشغيلية .
- المعالجة الأولية المثلى الأقل اتلافا للأغشية .
- تقييم كفاءة مكونات النظام مثل الأنابيب والصمامات والمرشحات بالإضافة الى اجهزة التحكم .
- الارتقاء الى الحدود المثلى بالمعايير التشغيلية المتعلقة بكل مرحلة من مراحل تشغيل النظام .
- مدى امكانية اعتبار الماء الناتج عن هذه العملية صالحا للاستعمال كماء عذب وذلك بعد اجراء المعالجة النهائية له .
- تكلفة الماء المنتج بهذه الطريقة بالمقارنة بالتحلية من خلال وسائل التقطير التقليدية .

ان الهدف الأساسي لإجراء اعمال البحث والتطوير على تقنية التناضح العكسي هو الوصول الى :

- افضل تصميم وبأقل تكلفة .
- تشغيل الوحدات بأقل عمالة والحد من الصيانة .
- انتاج افضل نوعية مياه تحلية بأقل تكلفة .

**صيانة منظومة التناضح العكسي:**

اولاً الصيانة المخططة

1- متابعة نقاء المياه المنتجة بتحديد نسبة النبذ في الغشاء المستعمل **Reject Ratio**:

إن متابعة نقاء المياه المنتجة يحدده أمران أساسيان و هما :

الأول : و هو نسبة النبذ في الغشاء المستعمل **Reject Ratio** و الذي يتراوح بين 92 و 99.5 %  
الثاني: نسبة الأملاح في مياه التغذية.

فاذا كانت نسبة النبذ في الغشاء هو 95 % فهذا يعني أن تسرباً للأملح و قدره 5% سيعبر مع المياه المنتجة ومثال ذلك اذا كانت مياه التغذية بها املاح 200 ppm وكانت نسبة النبذ في الغشاء هو 95% فالناتج سيكون مياه نقية مع املاح 10 ppm.

أما إذا استعملنا أغشية مع نسبة نبذ 99 % فسوف نحصل على مياه منتجة مع أملاح تقارب 2 ppm

كما أن عمر الاغشية يلعب دورا في ازدياد أملاح المياه المنتجة وبالتالي غسيل الاغشية يؤدي إلى تغيرات واضحة في مواصفات الاغشية و قد تهبط نسبة النبذ إلى 90 %.





## 2- العمل على منع إنسداد الأغشية :

فعلی الرغم من سهولة تحلية المياه بأغشية التناضح العكسي وانخفاض تكاليف إنتاجها وعدم احتياجها إلى كفاءات مدربة تدريباً خاصاً إلا أنها تعاني من بعض المشكلات التي وقفت طويلاً دون انتشارها كطريقة فعالة لتحلية المياه في الفترة السابقة ومن أهم تلك المشاكل هي الترسبات على الأغشية وهي تمثل مشكلة تشغيلية وذلك لأن الأملاح المترسبة على الأغشية تسد مسامها وتقلل من معدل سريان المياه خلالها ومن أهم المواد المترسبة كربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  وكبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  والمعادن كالحديد والألمنيوم و المواد الغروية والسيليكا , والبكتريا , وغيرها.

طرق إزالة ومنع الترسبات يتم على خطوتين :

(تتم في هذه العملية إزالة الترسبات على أغشية التناضح العكسي **Scaling in Reverse Osmosis (Membranes)**)

أ- الخطوة الأولى تعتمد على منع الترسبات قبل الوصول إلى الأغشية ومنع الترسبات هنا يعتمد على مراحل المعالجة الأولية وهي كما يلي:

- في أبراج التبريد تتم عملية التبريد والتهوية فتزداد نسبة الأكسجين الذائب في الماء مما يؤدي إلى أكسدة الحديد وتحويله إلى أكسيد الحديد  $Fe_2O_3$  الذي يترسب على جدران المبردات وكذلك يتم في هذه المرحلة أكسدة كل من المنجنيز وكبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  والتخلص منه نهائياً.

- بعد خروج المياه من أبراج التبريد يتم إضافة مادة ألومينات الصوديوم بهدف إزالة السيليكا .  
- تم تجميع المواد الغروية **Colloidal Substances** في المرشحات والمرشحات الرملية والتخلص منها.

- قبل دخول المياه إلى مضخات التناضح العكسي يتم إضافة حمض الكبريتيك الثانوي لخفض الرقم الهيدروجيني من 6.5 إلى 5.5 بهدف منع ترسبات كربونات الكالسيوم.

- إضافة مادة كيميائية مضادة للتكلس **Antiscalant** وترسب الأملاح في خط تغذية مضخة الضغط العالي قبل وحدة التناضح العكسي حيث تضاف مادة هكسميتا فوسفات بهدف منع ترسب كبريتات الكالسيوم.

ب - الخطوة الثانية تتم بإزالة الترسبات من الأغشية بعد ترسبها وتتم هذه العملية مره كل ستة أشهر وتعرف بالغسيل وهي تتم باستعمال مضخة خاصة تغذي بالمحاليل المستخدمة في الغسيل , والمحاليل هي :

- الغسيل بمحلول حمض الستريك : (2%) (PH=4) ويستخدم عند حدوث الترسبات للأكاسيد المعدنية (Al,Fe) وكذلك يستخدم عند حدوث ترسبات لكربونات الكالسيوم.

- الغسيل بمحلول حمض الستريك : (2%) (PH=8) ويستخدم عند حدوث ترسبات لكبريتات الكالسيوم.

- الغسيل بمحلول الصوديوم ميتاسلفيت : (0.25- 0.5%) ويستخدم عند حدوث نمو وتكاثر بكتيري.

- الغسيل بمحلول الهيدروكلوريك : (0.5%) يستخدم عند حدوث ترسبات لكربونات الكالسيوم.

- الغسيل بالمنظفات : (0.5%) (BIZ) (DETERGENT) يستخدم لغسيل الأغشية عند حدوث رواسب غروية .

- الغسيل بمحلول ذو رقم هيدروجيني عالي : (11.5-12) PH يستخدم لغسيل الأغشية عند حدوث رواسب عضوية وكذلك عند حدوث رواسب للسيليكا .





### 3- غسيل الأغشية:

مبدأ العملية سهل جدا رغم أنها تتطلب بعض اللوازم مثل مضخة و خزان و خراطيم مياه إضافة إلى مواد كيميائية معينة أو استبدالها بالأسيد لغسيل الرقم الهيدروجيني المنخفض حوالي 4 أو إضافة كوستيك صود الغسيل الرقم الهيدروجيني العالي 12 .

و تتم العملية عبر تدوير السائل المطلوب إلى داخل أنبوب الأغشية و منها إلى الخزان و لمدة لا تقل عن ساعة, يتم بعدها غسيل الأغشية بمياه نظيفة و إعادة التوصيلات و تشغيل المحطة مجددا. الرسم في الأسفل يوضح طريقة التوصيلات الأساسية لغسيل الأغشية.

وبشكل عام تدوم الأغشية لعدة سنوات و من النادر أن تخفق جميعها في نفس الوقت و لكنها تبدأ بالفشل تدريجيا حتى تصل إلى مرحلة يلزم فيها تبديلها كليا مع العلم أنه يوجد أغشية قيد الاستعمال منذ أكثر من عشرين سنة.

4- يمكن للبكتيريا أن تنمو في المياه المخزنة و هنا تبدو أهمية ضخ مادة الكلور في المياه المنتجة لتحسينها و منع نمو أية جراثيم فيها. كما ينصح بطلاء جدران الخزانات بألوان كامدة مثل الأسود و غيره و ذلك لمنع ظهور الطحالب عليها.

### ثانياً الصيانة الدورية

1- صيانة و متابعة لوضع مضخات الدفع **Booster pumps** إضافة إلى تنظيفها و منع التسرب.

2- تزييت و تشحيم المضخات و المحركات في حال اللزوم و حسب البرنامج المعتمد من قبل المصنعين غسل و شطف فلاتر الرمل والكربون **Media , sand & carbon filters** بشكل يومي او أسبوعي حسب نوعية مياه التغذية الخام.

3- تبديل فلاتر الميكرون (شمعات) **Cartridge Filters** كل ثمانية أسابيع.

4- التأكد من قراءة أجهزة القياس و ضبطها إن لزم سواء بشكل ميكانيكي أو بمحاليل خاصة.

5- المحافظة على وجود كميات كافية من المواد الكيماوية في الخزانات لمرحلتها ما قبل المعالجة و مابعدا **Pre and Post treatment chemicals**.

6- إجراء فحص مسباري دوري **Probing Inspection** للأغشية.

7- تسجيل القراءات و نتائج فحوص المياه بشكل يومي و عرضها على المختصين لفهم التغيرات و معالجة نقاط الضعف و استباق حصول أية مشاكل طارئة.

8- جرد المواد الكيماوية و المستهلكات و قطع الغيار و طلب ما ينقص منها.

9- يجب توفر سجل دائم و كامل لعناوين و أرقام هاتف موردي قطع الغيار, المواد الكيماوية و أصحاب الخبرة في مجال التحلية أمر ضروري و حيوي لطلب المساعدة الفنية و المشورة عند اللزوم.



## ثالثاً طريقة التحلية باستخدام الفرز الغشائي الكهربائي (الديليزة Dialysis):

قد بدأ تطبيق طريقة الديليزة الكهربائية (الفرز الكهربائي) على المستوى التجاري منذ الستينات، وتستخدم في تحلية المياه قليلة الملوحة حيث يستعمل التحليل الكهربائي بشكل رئيسي لتحلية الماء الجوفية نصف المالحة ويفوق الانتاج اليومي للماء العذب باستخدام هذه التقنية 1.1 مليون متر مكعب (أكثر من 250 مليون جالون) اي ما يمثل 5% من جملة الانتاج العالمي لجميع طرق التحلية.

ويستخدم في التحليل الكهربائي حجرة واسعة مقسمة إلى عدد من الحجيرات بوساطة حوائط من صفائح البلاستيك الرقيقة تسمى الأغشية

### اسس تقنية الديليزة الكهربائية:

تعتمد التقنية على اساس ان أغلب الأملاح الذائبة في الماء متأينة إيجابياً (CATHODIC) أو سلبياً (IONIC) وهذه الأيونات تنجذب نحو القطب الكهربائي (ELECTROD) حسبما تحمله من شحنة كهربائية ELETRIC CHARGE

وبالتالي فإنه إذا تعرض الماء المالح الى مرور تيار كهربائي مستمر فيه، فإن الايونات ذات الشحنات الموجبة سوف تنجذب وتتحرك نحو القطب الكهربائي السالب، وبالعكس فإن الايونات ذات الشحنات السالبة سوف تنجذب وتتحرك نحو القطب الكهربائي الموجب

وهنا يمكن إنشاء أغشية تسمح انتقائياً بمرور الأيونات حسب شحنتها الكهربائية ( سالبة أو موجبة) حيث ان محتويات الأيونات الذائبة في المحلول الملحي مثل الصوديوم (+) الكلور (-) الكالسيوم (++) والكربونات (-) تظل منتشرة في الماء لتتولى معادلة شحنتها الخاصة ، وعند توصيل الأقطاب الكهربائية إلى مصدر تيار خارجي ، مثل البطارية المتصلة بالماء ، فإن الأيونات تنجذب نحو الشحنات المعاكسة لشحنتها والموجودة في المحلول ، وذلك من خلال التيار الكهربائي الساري في المحلول سعياً وراء التحييد NEUTRALIZATION

ولكي تتم تحلية المياه المالحة من خلال هذه الظواهر فإن الأغشية التي تسمح بمرور أيونات من نوع واحد فقط ( وليس النوعين ) توضع بين قطبين كهربائيين ، على أن يتم وضع هذه الأغشية بطريقة متعاقبة، أي غشاء واحد لانتقاء الأيونات ذات الشحنة الموجبة السالبة ، مع وضع لوح فاصل بين كل غشاءين يسمح بانسياب الماء بينهما ويشكل أحد اللوحين الفاصلين قناة تحمل مياه التغذية والمياه المنتجة ، بينهما يشكل اللوح الفاصل الآخر قناة تحمل مياه الرجيع .

فمثلاً إذا كان الغشاء من النوع الذي يسمح بمرور الأيونات ذات الشحنات السالبة، فإن هذه الايونات سوف تنتقل في الاتجاه نحو القطب الموجب، وبالتالي سوف يقل تركيزها في الماء الموجود على جانب القطب السالب.

فإذا تم وضع غشاء انتقائي اخر من النوع المعاكس الذي يسمح بمرور الأيونات ذات الشحنات الموجبة بين الغشاء الاول والقطب السالب فإن الايونات ذات الشحنات الموجبة سوف تتحرك في اتجاه نحو القطب السالب تاركة الماء المتجمع بين الغشائين وقد نقص فيه تركيز الايونات بنوعها في حين يزداد تركيز الايونات ذات الشحنات الموجبة في الجهة الاخرى من الغشاء ويتعاقب وضع الاغشية الانتقائية تبادلياً يمكن الحصول على مسارين احدهما للماء العذب ذي تركيز منخفض للأيونات والآخر للماء الرجيع ذي تركيز عال للأيونات وحيث أن الأقطاب الكهربائية مشحونة وتناسب مياه التغذية المالحة عبر اللوح الفاصل بزواوية مستقيمة على القطب ، فإن الأيونات تنجذب وتنتج القطب الإيجابي وهذا يؤدي تركيز أملاح قناة الماء المنتج ، وتمر الأيونات ذات الشحنة السالبة خلال الغشاء الانتقائي لها ولكنها لا تستطيع أن تمر خلال الغشاء الخاص بالأيونات الموجبة والذي يقلل خطها وتبقى للأيونات السالبة في الماء المالح ( الرجيع ).





وبالمثل فإن الأيونات الموجبة تحت تأثير القطب السلبى تتحرك في الاتجاه المعاكس من خلال الغشاء المنتقى للأيونات الموجبة إلى القناة ذات الماء المركز في الجانب الآخر ، وهنا يتم اصطياد الأيونات الموجبة حيث أن الغشاء التالي ينتقى الأيونات السالبة ويمنع أيتحرك نحو القطب .

وبهذا الأسلوب يتم إيجاد محلولين أحدهما مركز والآخر قليل التركيز بين الغشائين المتعاقبين المتجاورين، وهذان الفراغان المحتويان من قبل الغشائين ( واحد للأيونات السالبة ولآخر للموجبة ) يسميان خلية ، ويتكون زوج الخلية من خليتين حيث يهاجر من إحدهما الأيونات (الخلية المخففة للمياه المنتجة ) وفي الأخرى تتركز الأيونات ( الخلية المركزة لمياه الرجيع ) .

وتتكون وحدة الديليزة الكهربائية من عدة منات من أزواج الخلايا مربوطة مع بعضها البعض بأقطاب كهربائية تسمى مجمع الأغشية . وتمر مياه التغذية متحاذية في أن واحد عبر ممرات من خلال الخلايا لتوفير انسياب المياه المنتجة المحلاة كما يمر الماء المركز من المجمع .

واستناداً على تصميم النظام فإنه يمكن إضافة المواد الكيميائية في المجمع لتخفيف الجهد الكهربائي ومنع تكوين القشور .

#### مكونات وحدة الديليزة

تتكون وحدة الديليزة الكهربائية من العناصر الأساسية التالية.

- 1- مرفق المعالجة الأولية .
- 2- مجمع الأغشية .
- 3- مضخة تدوير ذات ضغط منخفض .
- 4- إمداد طاقة للتيار المباشر - مقوم RECTIFIER
- 5- معالجة نهائية.

يجب معالجة مياه التغذية منذ البداية لمنع المواد التي تعرق الأغشية أو تسد القنوات الضيقة في الخلايا من الدخول إلى مجمع الأغشية . ويتم تدوير مياه التغذية من خلال المجمع بواسطة مضخة ذات ضغط ضئيل للتغلب على مقاومة المياه أثناء عبورها للممرات الضيقة . وغالباً ما يركب مقوم لتحويل التيار المتذبذب إلى تيار مباشر يتم تزويده للأقطاب من خارج مجمعات الأغشية .

وتشمل المعالجة النهائية ( الأخيرة) تثبيت الماء وتجهيزه للتوزيع ، والتي ربما تتضمن إزالة الغازات مثل سلفايد الهيدروجين أو تعديل درجة القلوية .







## رابعاً طريقة التحلية باستخدام الديليزة الكهربائية المعكوسة (Reverse Dialysis):

### تقنية الديليزة الكهربائية المعكوسة :

منذ مطلع السبعينات قدمت إحدى الشركات الأمريكية عملية الديليزة الكهربائية المعكوسة على أساس تجاري . وتقوم وحدة الديليزة الكهربائية المعكوسة عموماً على الأسس ذاتها التي تقوم عليها وحدة الديليزة الكهربائية ، غير أن كلاً من قناتي الماء المنتج والماء المركز منطابقتان في التركيب الإنشائي ، وعلى فترات متعددة من الساعة الواحدة تنعكس قطبية الأقطاب كما ينعكس الانسياب أنياً بحيث تصبح القناة المنتجة هي قناة المياه المركزة وقناة المياه المركزة هي قناة المياه المنتجة ، والمنتجة هي المعاكس عبر مجمع الأغشية وبمجرد انعكاس القطبية والانسياب فإن كمية وافية من المياه المنتجة تنصرف حتى يتم غسيل خطوط مجمع الأغشية ويتم الحصول على نوعية المياه المرغوبة وتستغرق عملية الغسيل هذه ما بين 1-2 دقيقة ثم تستأنف عملية إنتاج المياه . ويفيد انعكاس العملية في تحريك وغسيل القشور والمخلفات الأخرى في الخلايا قبل تراكمها وتسببها لبعض المعضلات ( الانسداد مثلاً ) . والغسيل يسمح للوحدة بالتشغيل بقليل من المعالجة الأولية ويقلل اتساخ الأغشية .

## خامساً طريقة التحلية باستخدام البلورة أو التجميد Freezing

تتميز هذه الطريقة بانخفاض الطاقة المستهلكة وتضاؤل فرص التآكل في المعدات وتكون القشور الا ان الصعوبات الفنية في عملية فصل بلورات الثلج عن المحلول الملحي تظل هي العائق الرئيسي للتوسع في قبول هذه التقنية تجارياً .

فالتحلية بالتجميد كانت موضوع ابحاث خلال عقدي الخمسينات والستينات من القرن الحالي تعتمد على خاصية ان الماء العذب يتجمد ويتحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة عند درجة حرارة اعلى من تلك التي يتجمد عندها المحلول الملحي ، لذلك فانه عند تعريض الماء المالح الى درجات حرارة منخفضة عند مستوى تجمد الماء ، فان بلورات الثلج تبدأ في التكون تاركة الأملاح ذائبة في المحلول الملحي الذي يظل تحت التحكم الدقيق في حالة سيولة، ثم يتم فصل بلورات الثلج عن المحلول الملحي وغسلها بالماء لفصل الاملاح العالقة بها ، وباعادة تذيب البلورات الثلجية يمكن الحصول على الماء العذب (أي الثابتة أن بلورات الثلج المتكونة بتبريد ماء مالح تكون خالية من الملح )، مما يجعل هناك تشابهاً بين هذه العملية وعملية التقطير التي تنتج بخاراً خالياً من الأملاح من محلول من الماء المالح وهذا التشابه يظهر فقط من ناحية خلو الناتج في كلتا العمليتين من الأملاح ولكنهما بالطبع يختلفان من الناحية العملية حيث تتم عملية التقطير عند درجة حرارة أعلى من الدرجة المحيطة بينما تتم عملية التجميد عند درجة حرارة أقل من الدرجة المحيطة ، هذا الاختلاف في درجة حرارة التشغيل ، في كلتا العمليتين ، يؤثر على تصميم الأجهزة والمعدات الخاصة بكل عملية، إذ يراعى في تصميم عملية التقطير تقليل كمية الحرارة المفقودة من وحدة التقطير الى الجو المحيط ، بينما يراعى في تصميم عملية إزالة الملوحة بالتجميد التقليل من كمية الحرارة المكتسبة بوحدة التجميد من الجو المحيط . وأهم عيوب إزالة ملوحة المياه بالتجميد هي المشاكل الناجمة عن نقل وتنقية الثلج ، وأهم مميزات التقليل من الترسب والتآكل إذ يتم التشغيل عند درجات حرارة منخفضة نسبياً .

وتعتمد عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد - وتصميم معداتها - على القواعد الأساسية المعروفة والأجهزة الخاصة بتقنية التبريد ، ولكن بعد تعديلها لتناسب إزالة ملوحة المياه بالتجميد .





وتنقسم عملية إزالة ملوحة المياه بالتجميد الى طريقتين : التجميد المباشر والتجميد غير المباشر .

### التجميد المباشر :

يعرف بعملية زارشين **Zarchin process** أيضا يعرف بعملية التفرغ والتبخير الفجائي **Vacuum- flash process** ولقد تم إجراء الكثير من التعديلات على هذه الطريقة بشركة كولد إنديستريز **Colt Industries** بمدينة بلويت بولاية ويسكونسون الأمريكية.

وفي هذه العملية ، يدخل ماء البحر بعد تبريده في المبادل الحراري الى برج التجميد (المبلور **crystallizer** حيث يكون الضغط داخل البرج ما بين 3 و 4 مم زئبق ( حوالي 0.005 ضغط جوي) مما يسبب التبخر الفجائي لجزء من ماء البحر . وتسحب الحرارة اللازمة للتبخير من الجزء المتبقي من ماء البحر ، مما يسبب تجمد هذا الجزء ( درجة التجميد حوالي - 1.9 درجة مئوية لماء البحر النقي وحوالي 3.8 درجة مئوية لماء البحر ذي التركيز ضعف التركيز العادي)، وتعطى المجمدات الحديثة معدلات بلورة في حدود من 1 الى 1.5 طن من الثلج لكل ساعة ولكل متر مكعب من حجم المبلور .

ومن دراسة احتياجات الطاقة الحرارية ، يتضح أن إزالة ملوحة المياه بالتجميد تحتاج الى حوالي 80 سعرا حراري لإنتاج كيلو جرام واحد من الثلج ، بينما تحتاج إزالة ملوحة المياه بالتبخير الى حوالي 600 سعر حراري لإنتاج كيلو جرام واحد من البخار ، وعليه ، فإن الحرارة المستخدمة لإنتاج كيلو جرام واحد من البخار تكفي لإنتاج 7.5 كيلو جرام من الثلج ، ولكن يراعى في حالة الإغذاب بالتجميد ضرورة غسل الثلج الناتج للتخلص من الأملاح الدقيقة المصحوبة مع البلورات ، والتي قد تمثل 50% من وزن البلورات . ولكن المشكلة الرئيسية تكمن في كيفية فصل بلورات الجليد عن الملح ، وتعتبر طريقة غسل الثلج بتمريرة عكس تيار من ماء الغسيل يسري الى اسفل ، من أكفا الطرق لغسل البلورات من الملح إذ تفقد كمية محدودة جدا من المياه العذبة أثناء عملية الغسيل ، ويوجد حاليا أعمدة غسيل ذات كفاءه عالية وحجم صغير ، حيث تتم عملية الغسيل في عمود ذي ضغط عال نسبيا ومغمور كليا بالسائل . ويتم سريان كل من الماء الملح المركز والماء العذب خلال مبادل حراري لتبريد ماء البحر مبدنيا .

### التجميد غير المباشر:

تستخدم هذه الطريقة مبردا ذا ضغط جزئي أعلى بكثير من الضغط الجزئي للماء ، حتى يمكن التغلب على العيوب الناتجة من انخفاض الضغط الجزئي للماء عند درجة التجمد ، مما يسبب انخفاض كثافة بخار الماء ، وبالتالي يزداد حجم البخار الذي يلزم إزاحته ، هذا بالإضافة الى الحاجة الى جهاز محكم للتفرغ ، وبالطبع ، يجب أن يختار المبرد بحيث لا يكون ذوابا في الماء حتى تسهل عملية الفصل ، وتتوافر هذه الصفات في مبردات مختلفة تستعمل في هذا المجال مثل البيوتان والمواد العضوية المفلورة **fluorinated organics** ، مثل فريون 114 حيث تبلغ درجة حرارة غليان البيوتان عند الضغط الجوي - 0.5 م مما يجعلها قريبة جدا من درجة حرارة تجمد الماء ، ويدخل كل من سائل البيوتان وماء التغذية الى المجمد ، حيث الضغط أقل بقليل من الضغط الجوي ، مما يسبب غليان البيوتان بعد أن يأخذ الحرارة اللازمة للتبخير من الماء بتحويله الى ثلج ، ويتكون 1.15 طن من الثلج بتبخير طن واحد من البيوتان ( الحرارة اللازمة لتبخير البيوتان عند درجة - 3 م حوالي 91 سعر / كجم ) . ويتم غسل مزيج الثلج والماء الملح بكمية صغيرة من تيار معاكس من الماء العذب ، بينما يذهب معظم بخار البيوتان الى الضاغط رقم 1 حيث يضغط الى ضغط أعلى من الضغط الجوي بقليل ، وفي المصهر ، يتم التلامس ما بين البيوتان من الضاغط والثلج ، مما يسبب انصهار الثلج مع تكثف بخار البيوتان الى سائل البيوتان ، ثم يتم فصل الماء عن البيوتان في المصفق **decanter** نتيجة لاختلاف الكثافة ( 1 و 0.6 على التوالي ) . ويتم إرجاع سائل البيوتان الى المجمد ، بينما يخرج الماء العذب من وحدة إزالة الملوحة بعد استخدامه لتبريد ماء البحر في مبادل حراري .





وتستخدم عملية الفريون 114 طريقة الانصهار غير المباشر بدلا من الانصهار بالتلامس المباشر ( التي يستخدمها البيوتان ) مما يقلل تلوث الثلج المذاب بسائل التبريد ، ويمر جزء صغير من بخار البيوتان الى الضاغط رقم 2 حيث يضغط الى ضغط أعلى من الضغط الناتج من الضاغط رقم 1 ، ويمرر البخار الناتج من الضاغط رقم 2 الى مكثف بالمياه حيث يتكثف بخار البيوتان الى سائل ويعود الى المجدد . وتعتبر هذه الدورة الإضافية للبيوتان بمثابة التبريد المساعد اللازم لتعويض الحرارة المتسربة الى وحدة إزالة الملوحة حتى يمكن المحافظة على درجات حرارة باردة متواصلة .

### سادساً طريقة التحلية بالتهجين Hybrid Desalination

التهجين بين طرق التحلية قد يكون ذا فائدة اقتصادية في كثير من الحالات فهو وسيلة للجمع بين ميزات طريقتين او اكثر من طرق التحلية وقد يؤدي الى رفع مستوى اداء بعض الطرق عند دمجها مع طرق اخرى مقارنة بأدائها منفردة، الى جانب انه يجنب تكرار المعدات والمنشآت مما يقلل من التكلفة الرأسمالية والتشغيلية.

وأمثلة نظم التهجين هي تلك التي يتم الجمع فيها بين طريقتي التقطير الوميضي متعدد المراحل وطريقة التناضح العكسي، فيسمح بتغذية محطة التناضح العكسي بمياه التبريد المرجعة التي سبق تسخينها بمحطة التقطير الوميضي متعدد المراحل فيرتفع انتاج محطة التناضح العكسي بنسبة قد تصل الى 30% في حين يمكن الاستغناء عن منشآت مأخذ مياه البحر الخاصة بالتناضح العكسي وخفض حجم قناة ومعدات صرف مياه التبريد من المحطتين معا.

كما ان خلط الماء المنتج من التقطير وهو ماء مقطر لا يزيد تركيز الاملاح الذائبة فيه عن 30 ميليغرام/لتر مع الماء المنتج من محطة التناضح العكسي ذات أملاح ذائبة قد تصل الى 500 ميليغرام/لتر ينتج ماء عذبا ذا محتوى ملائما للشرب والاستخدام اليومي دون الحاجة الى مياه آبار لمعالجة المياه المنتجة من المقطرات.

وهناك توجه لإجراء المزيد من الدراسات والأبحاث للوصول الى افضل نظم التهجين بين طرق التحلية .







## مستقبل تحلية الماء المالح

تتطلب كل طرق التّحلية كميات كبيرة من الطّاقة، وتوليد الطّاقة أمر باهظ التّكلفة سواء وُلدت من طرق كهربائيّة أو بحرق الوقود أو من معامل قدرة نوويّة.

وقد تسعف تحلية المياه بشكل رئيسي المناطق الجافة الواقعة على سواحل البحار، ولكنّها تعطي أملاً بسيطاً للتّغلب على شحّ الماء العذب في المدن التي تقع بعيداً عن شواطئ البحار أو التي تقع فوق الجبال. وجلب الماء إلى هذه المدن يمكن أن يكون أكثر تكلفة من عمليّة تحلية الماء.

إنّ ارتفاع تكلفة تحلية الماء ليست ذات أهميّة في الأماكن التي لا يتوافر فيها سوى ماء البحر. ولهذا تم إنشاء أكثر من مائتي معمل لتحلية الماء في العالم من أشهرها تلك الموجودة في كل من السّعودية والكويت وأستراليا **Australia** وكاليفورنيا **California** وجرينلاند **Greenland** وبعض الأقطار في أمريكا الجنوبيّة. وبعض هذه المعامل صغيرة الحجم ويخدم العديد منها مراكز عسكريّة في أماكن معزولة أو يخدم عمال حفر آبار في الصّحاري، كما يخدم منتجات الجزر ومعامل الصّناعة.

وتنتج معامل تحلية الماء في العالم ما مجموعه أكثر من 3.8 بليون لتر من الماء العذب يومياً، وفي هذا الإنتاج بجزء بسيط من احتياجات العالم للماء العذب.

\* محطة تحلية المياه الكبيرة هي التي تنتج حوالي 950 مليون لتر من الماء العذب يومياً فما فوق.

\* تفضل كثير من الدول ومراكز الأبحاث بناء معامل تحلية مياه تستخدم القدرة النوويّة لتقليل التّكلفة بحيث يكون بمقدور هذه المعامل إنتاج قدرة كهربائيّة بالإضافة إلى الماء العذب.





### الباب الثالث

التحكم في تلوث التربة عبر المفاعلات الحيوية والبلازما والتقنيات المتطورة

#### الفصل الاول

تعريفات ومصطلحات

مقدمة عن تلوث التربة

مكونات التربة

اسباب تلوث التربة

#### الفصل الثاني

أنواع الخلل الذي يصيب التربة

الأضرار الناجمة عن تلوث التربة (الاثار المترتبة عن تلوث التربة)

#### الفصل الثالث

كيفية تقييم ومعالجة تلوث التربة

اولاً كيفية تقييم ومعالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية

1- تقييم موقع التربة الملوثة وأخذ العينات

2- اجراء التحاليل المخبرية على العينات

(1) معدات اختبار التربة بالمختبر Apparatus

(2) تخضع جميع العينات للتجارب والتحاليل الاتية "ملخص"

(3) تخضع جميع العينات للتجارب والتحاليل الاتية "تفصيل"

3- طرق معالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية بالاستناد لنتائج التحاليل

4- تقنيات إزالة الملوثات الهيدروكربونية من التربة

ثانياً كيفية تقييم ومعالجة التربة الزراعية الملوثة

#### الفصل الرابع

طرق جمع وتحليل عينات التربة Analysis of soil samples

أولاً طريقة وقواعد جمع عينات التربة واجهزة التحليل

ثانياً التحليل العام لعينات التربة

اولاً تحديد قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة

ثانياً تحديد قيمة التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity E.C.

واجمالي المواد المذابة أو الاملاح الذائبة الكلية TDS Total Dissolved Salts

ثالثاً تحديد قيمة تركيز البوتاسيوم والصوديوم في التربة

رابعاً تحديد خصوبة التربة وصلاحيتها للزراعة

#### الفصل الخامس

مفاعلات البلازما البينية

#### الفصل السادس

دليل وإستراتيجية تقييم الأثر البيئي لقطاع النفط والغاز

إرشادات تقييم الأثر البيئي لمشروعات النفط والغاز

كيفية اعداد تقرير تقييم الأثر البيئي





## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

### التربة Soil

بدأ تعريف التربة على اساس انها تفاعل خمسة عوامل مع بعضها البعض وهي مواد الأصل Parent Materials والمناخ Climate ، والمواد العضوية Organic Matters ، والتضاريس Topography ، والزمن Time

والأربعة الأولى ملموسة ، فتتفاعل مع بعضها عبر الزمن لينتج عنها تطور التربة ، وصاغها ( Jenny 1941) في صورة معادلة رياضية متغيرة هي :

- $S = F (Cl. O. R. T)$
- حيث S تعبر عن نظام التربة
- Cl تعبر عن المناخ
- O تعبر عن المواد العضوية .
- R تعبر عن التضاريس .
- P تعبر عن مواد الأصل
- T تعبر عن الزمن

وبذلك تم تقسيم التربة تبعاً لنشأتها وتكوينها (تبعاً لمادة الأصل المستمدة منها) إلى قسمين رئيسيين:

الأول هو التربة المحلية **Sedentary Soils** الثاني هي التربة المنقولة **Transported soils** وصف **jenny** مادة الأصل بأنها الحالة الأساسية لنظام التربة، ويرجع هذا إلى أن المقننات الصخرية هي أولى مكونات التربة قبل إضافة أي مواد عضوية أو حدوث أي تغيرات كيميائية بها عبر الزمن .

تؤثر التضاريس في تكوين التربة بشكل مباشر وغير مباشر، فمن الآثار المباشرة إنها تساعد على انجراف التربة وعدم تراكمها على المنحدرات الشديدة والقائمة بينما تساعد على ترسيبها وتراكمها في السهول والأحواض المنخفضة. ومن التأثيرات الغير مباشرة أنها تؤثر في تكوين التربة من خلال تغير الرطوبة ونشاط الكائنات الحية وحركة المياه فيها، إذ يسود في المناطق المنخفضة والبرك عملية **Gleying**

كما ان تأثير المناخ في تكوين التربة يفوق العوامل الأخرى، فالمناخ هو العامل الرئيسي المؤثر في المواد الصخرية والمعدنية المستمدة من الصخر الأصلي، ولكل عنصر من عناصر المناخ دوره الخاص في هذا المجال، ومع ذلك فإن العناصر كلها تعمل متجمعة، وكلما طال الزمن اكتسبت التربة صفات جديدة تبعتها عن صفات الصخر الأصلي، حتى أن النوع الواحد من الصخور قد يعطي أنواعاً مختلفة من التربة إذا ما تعرضت المواد المستمدة منه لظروف مناخية مختلفة.

تخضع التربة للتغير المستمر، ولكن ببطء حتى وأن كثير من الناس يعتقدون بعدم حدوث أي تغير، إلا أن التربة تتطور وتتغير عبر مراحل تطور مثل أي كائن حي.

قد تتحول التربة إلى تربة شابهة أو غير ناضجة في فترة زمنية قصيرة نسبياً وتتميز هذه المرحلة بتراكم المادة العضوية على سطح الأرض وبقليل من التجوية أو الغسيل.

تصل التربة إلى مرحلة النضج لتكون أفق **B** بمرور الزمن وإذا مر فترة زمن كافية، فإن التربة تصبح ناضجة ويتكون أفق **C.B.A** بمرور الزمن تصبح التربة كبيرة السن ويتميز بوجود حاجز تكون ذات خصوبة وإنتاجية منخفضة .

عدد العناصر المكونة للقشرة الأرضية 92 عنصراً من بين 112 عنصراً معروفاً ، والعناصر هذه هي التي تكون المعادن، وقد تم تمييز 4000 معدن تقريباً ، تتكون قشرة الأرض من الأطوار الثلاثة للمادة وهي الصلب والغاز والسائل وأكثر العناصر شيوعاً الأكسجين، ويمثل مع السليكون ما يقارب ثلاثة أرباع القشرة الأرضية، هذه هي النسب الوزنية، أما بالنسبة للحجم فالأكسجين يمثل ما يقارب 94% .

أكثر الصور تواجداً للسليكون والأكسجين هو معدن الكوارتز **Quartz SiO<sub>2</sub>** الذي يعتبر الصورة الأكثر شيوعاً في الجزء الرملي **Sand** والسليتي **Silt** "طمي او غرين" من التربة.







## التربة ..انواعها وخصائصها

### خصائص وأنواع التربة

يوجد تقسيم علمي لمكونات التربة عموماً والمكونة من عناصر معدنية : رمل **sand** ، وطيني **silt** ، وطين **clay** ومواد عضوية وكميات حية دقيقة ولكن تم الاتفاق على تقسيم التربة الى ثلاث أقسام تبعاً لنسبة عناصرها المعدنية ( رمل وطيني وطين ) حيث تختلف حبيبات التربة في حجمها كثيراً ، فحبيبات الرمل أكبر حجماً من الطمي والطيني أكبر حجماً من الطين ، بينما الطين أصغر حبيبات التربة على الإطلاق . ولحبيبات الطين قدرة على إمتزاز الماء **adsorption** والعناصر الغذائية لذا فإن وجود التربة الطينية بأي نسبة في مكونات التربة يكسبها أهمية كبيرة وبناء عليه تطلق تسميات على أنواع التربة تبعاً لنسب مكوناتها من الرمل والطيني والطين .

### أهم أنواع التربة :

1- التربة الرملية ( التربة الخفيفة ) **sandy soil** : وهذه التربة تحتوي على 70% من وزنها رمل و على أقل من 20% من وزنها طمي وطين وهي جيدة الصرف والتهوية وقيم سعتها الحقلية ( قدرتها على الاحتفاظ بالماء ) والغذائية منخفضة جداً.  
فالتربة الرملية من أسوأ الترب لأن جزيئاتها كبيرة جداً ولا تحتفظ بالمياه ولا بالمواد الغذائية والتعامل معها في الزراعة فيها متعب جداً.

2- التربة الطينية ( التربة الثقيلة أو الغروية أو الغضارية ) **clay soil** : وتحتوي على الأقل على 30% من وزنها طين وهي فقيرة في الصرف وريثة التهوية ولكن سعتها الحقلية والغذائية عالية جداً . وهي أصح من جهة توفر الاحتياجات الغذائية للنباتات.(درجة نفاذيتها ضعيفة جداً ومساميتها أعلى من الرملية) .  
فالتربة الطينية هي التربة الحمراء التي يفضلها أغلب المزارعين في الزراعة . ولكن إن كانت نسبتها أكثر من 40% في الموقع فهي ضارة لأن التربة الطينية تتكون من جزيئات صغيرة جداً تكون متماسكة مع بعضها البعض وتحتجز المياه في داخلها . تسمى أيضاً التربة الثقيلة لثقلها على النباتات لأنها وبسبب تماسكها قد تمنع الجذور من امتصاص المياه التي تحبسها بين جزيئاتها.

3- التربة السلتية **silty soil** "طيني أو غرين" : تعتبر تربة مفضلة للزراعة لأن جزيئاتها بين الطينية والرملية فهي تحتفظ بالمياه ولكن الجذر يستطيع الاستفادة من هذه المياه على عكس التربة الطينية ، والتهوية فيها جيدة جداً فهي تحتوي على نسب متقاربة من الطين (27-7%)، وسلت (28-50%)، والرمل (23-52%) . وتعد الترب الطميية حالة وسطية، بين التربة الرملية والتربة الطينية.

4- التربة الصفراء (التربة الطفالية **loamy soil**) : وتعد هذه التربة من أفضل الترب على الإطلاق وتتركب من نسب متساوية من الرمل والطيني والطين (أو نسب مثالية 15% رمل + 55% طمي "سلت" + 30% طين) ، فإذا ما احتوت على كمية أكبر من الطين عرفت بأنها تربة صفراء طينية **clay loam** أما إذا كانت كمية الطمي هي الغالبة عرفت بأنها تربة صفراء طميية **silty loam** .

**افضل تربة للزراعة هي التربة التي تحتوي على : 15%sand+55%ilt+30%clay**  
وتسمى التربة الطفالية **loamy soil**



### تصنيفات وخصائص اخرى للتربة

1- التربة الرملية، الرملي الطفالي، الطفالي الرملي هذا النوع مستنزف ومشبع بالهواء حيث أنه قابل للاستعمال معظم أيام السنة، وهو خفيف ويسخن بسرعة في الربيع، إلا إذا كان يحوي مواداً عضوية سريعة الجفاف ويحتاج إلى مياه إضافية، وهذه المياه الإضافية تساعد على تنظيف التربة من المواد المغذية للنبات والكلس، وعليه يمكننا القول أن هذا النوع من التربة نوعاً ما حامضي (عدا تربة الشواطئ)، ويوصف هذا النوع من التربة عادة بالتربة "الجانعة"، التي تحتاج إلى غذاء إضافي، على الرغم من ذلك يمكن لهذه التربة أن تكون من أكثر أنواع التربة إنتاجاً إذا تم الاهتمام بها.

2- التربة نصف طفالية، رملية طينية طفالية، طفالية غرينية هذه الأنواع من التربة معتدلة حيث تحقق توازناً ما بين القدرة على أن تكون منتجة والحد الأدنى من العناية، والتربة نصف الطفالية هي الأفضل في هذه المجموعة في هذا المجال. الطينية، الطينية الرملية، الطينية الطفالية، الجرينية الطفالية الطينية، الطينية الجرينية، الجرينية بالرغم من أن هذه الأنواع من التربة صعبة التعامل معها، إلا أنها عادة ما تزودنا بغذاء النباتات والكلس إن العائق الرئيسي بخصوص هذه التربة هو قدرتها العالية على الاحتفاظ بالمياه (وهذا يعني أن المياه تبقى لوقت متأخر في فصل الربيع)، كما أنها تحتاج إلى مجهود للتعامل معها.

3- التربة الخثية الطحلبية (تربة المستنقعات) من المعلوم أن هذه الأنواع من التربة حامضية جداً وتتمتع بصرفه جزئية، ومن الممكن أن تكون أفضل تربة طينية طبيعية متوفرة، فهي غنية بغذاء النبات وسهلة للعمل فيها ولجعلها تربة خصبة يجب إضافة كميات كبيرة من المواد العضوية المناسبة .  
\*الخث: (peaty soil) تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية (يحتوي بشكل أساسي على مادة الخث: و هو نسيج نباتي نصف متفحم يتكون بتحلل النباتات تحللاً جزئياً). تتميز هذه التربة بأنها داكنة اللون، و تسخن بسرعة في الربيع ، تتميز أيضاً بقدرتها على الإحتفاظ بكميات كبيرة من المياه بداخلها مما يجعلها رطبة لمدة أطول من الأتربة الأخرى. أخيراً هي تربة مثالية للزرع ،خاصة إذا أضيفت لها الأسمدة العضوية.

4- التربة الطباشيرية والتربة الكلسية تحتوي هذه التربة على نسبة عالية من الطباشير والكلس، والحقيقة أنها تطفئ على تصنيف أحجم الجسميات الدقيقة العادية الموجودة في هذه التربة، وهي غالباً ما تكون ضحلة جداً، كما أنها هي من تحدد نوع النبات الذي ينمو بنجاح فيها.

### تصنيفات وخصائص اخرى للتربة

1- "التربة البنية"، يظهر هذا النوع من التربة تغير تدريجي في اللون أو في أفق واضحة مع دليل في نمو جذر غير محدد الطول ونشاط لدودة الأرض لأعماق بعيدة، وتعتبر هذه التربة قادرة على إنتاج عشب جيد ولكن يجب فحص نظام الصرف والحامضية .

2- "الصلصال"، تظهر هذه التربة مقاومة لجذور النبات ولدودة الأرض من الدخول إلى التربة رمادية اللون والمثقلة بالماء. إن الإثقال بالماء مشكلة كبيرة في هذه التربة ويمكن أن لا تعالج بنظام الصرف (شبكة من مصارف المياه)، وفيها ضعف في إنتاج العشب وتوحد بشدة في الشتاء. يشير اللون الرمادي المرقش إلى تربة مثقلة بالماء خلال فترة من السنة .

3- "الرسوبية"، تربة ذات تركيب رملي حامضي مصفى، لا توجد المواد المغذية في طبقاتها العليا، ولكن بإمكانها العمل على تراكم المواد المغذية في الطبقة القاسية الخشنة القابلة للاختراق من جذور النبات، ليس بإمكان هذه التربة إنتاج محصول جيد من العشب .





4-"الجيرية"، تشبه هذه التربة تلك التربة المغطاة بالطباشير، ويكون هناك عادة طبقة عليا بنية اللون مع طباشير بيضاء نقية على السطح .

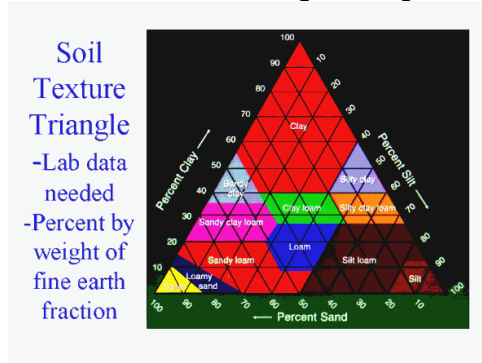
إن هذه التربة ليست حامضية وبإمكان الماء أن ينفذ بسهولة من خلالها، وتعتمد إمكانيتها على إنتاج العشب على عمق الطبقة العليا بينة اللون .

5-"العضوية"، تحتوي هذه التربة على نسبة عالية من المحتوى العضوي أو محتويات خثية وتكون عادة كثيرة الاحتفاظ بالرطوبة والخصوبة، لكنها يمكن أن تكون حامضية خاصة إذا كان هناك صخر سفلي كما في أرض المستنقع.

تم تطوير الخث peaty soil لأنه المادة التي لم يتم تحليلها بنفس الطريقة التي تم التخزين فيها، وهذا ممكن بسبب إثقال الماء يمكن لهذه التربة إنتاج بعض العشب الجيد بالرغم من أنها قد تعاني من نقص في الرطوبة في الصيف لأن الرطوبة العالية لا تشجع التجذير العميق .

### نسيج التربة أو قوام التربة:

يعرف نسيج التربة (soil texture) بأنه نسبة من حبيبات الرمل والطين والطين لعينة من التربة ، لا يزيد حجم الحبيبات عن 2 مم ، كما يعرف مثلث نسيج التربة (Soil Texture Triangle) بأنه عملية استخدام مثلث لمعرفة نوع التربة وذلك بأخذ عينة من التربة الى المعمل لتفصيل مكونات التربة عن طريق وضعها في مناخل لتحديد نسبة الرمل والطين في العينة ثم بعد ذلك يتم تعيين النسب في المثلث بتوصيل النقاط مع بعضها ونقطة التقاطع تمثل نوع التربة.



### الصخور Rock

هو خليط من المعادن، وقد توجد صخور يسود فيها أحد المعادن مثل الحجر الجيري الذي يتكون من معدن الكالسيت.

تتعرض الصخور أياً كان نوعها المنحولة والرسوبية والنارية، إلى عوامل جوية متعددة من الرياح والأمطار والتلج والبرد وما ينتج عنه من فترات تسخين وتبريد للصخور مما يسبب تكسر تلك الصخور وتفتتها لقطع صخرية صغيرة، وتسمى تلك العمليات بالتجوية الفيزيائية، حيث لا ينتج أي تغير في تركيب الصخر الكيميائي أو المعدني، بل يكون التغير في الحجم فقط.

مما يسهل عمليات التجوية الكيميائية والحيوية التي تؤدي إلى تحلل المعادن المكونة للصخور إلى مكونات ذائبة كمعادن أو كأيونات "أنيونات" وكاتيونات."







## أنواع الصخور

### 1) الصخور النارية

الصخور النارية: صخور تكونت من تعرض المصهور الصخري " الماجما الذائبة" للتبريد سواءً على سطح الأرض أو في الطبقات العليا من الكرة الأرضية وهي تختلف حسب سرعة التبريد ومكوناتها.

الصخور النارية تمثل 95% من وزن القشرة الأرضية فعند تعرض الصهير الصخري للتبريد يحدث انفصال تفاضلي، حيث المعادن الأصعب إنصهاراً "وهي التي تحتاج درجة حرارة أعلى للإنصهار" تنفصل أولاً، وبما أن المعادن هي التي تكون الصخور فإن ذلك الانفصال التفاضلي يؤثر أخيراً على تركيب الصخور النارية حسب ظروف التكون للصخر فالمصهور الصخري إما أن يكون غنياً بالكالسيوم والمغنسيوم والحديد وهي التي تنتج الصخور الداكنة أو الغامقة اللون. وإما أن يكون غنياً بالسليكون والألمونيوم وينتج عنها الصخور الفاتحة اللون. أشهر مثالين للصخور النارية هما صخري البازلت وصخر الجرانيت .

### 2) الصخور الرسوبية

وهي صخور تكونت في مكان آخر بعد نقلها من مكانها الأصلي. مراحل تكون الصخور الرسوبية:  
- تجوية الصخر الأصلي.  
- نقل وترسب نواتج التجوية بالماء والرياح والثلاجات والجاذبية.  
- انضغاط وتلاحم الرواسب لتكون الصخر الرسوبي.

أمثلة للصخور الرسوبية:

- الحجر الرملي Sandstone.
- الحجر الجيري Limestone.
- الطفل Shale.

تكون الصخور الرسوبية 1% من وزن صخور القشرة الأرضية، ولكنها الأهم بالنسبة للإنتاج الزراعي.

### 3) الصخور المتحولة

وهي صخور نارية أو رسوبية طرأت عليها تغيرات طبيعية أو كيميائية أو هما معاً نتيجة الحرارة أو/والضغط تحت سطح التربة ، تتميز بأنها صلبة جداً كصلابة أو أكثر الصخور النارية أو الرسوبية، أو الصخور المتحولة التي تكونت منها تلك الصخور الحالية.  
أمثلة الصخور المتحولة:

- النيس "Gneiss" nice: وهي صخور فاتحة اللون، المعادن تفرقت ثم ترتبت في عروق Bands غامقة وفاتحة، تكونت بواسطة الحرارة والضغط معاً.
- الشست Schist: أكثر الصخور المتحولة شيوعاً.
- الارداوز Slate: ناتج عن تحول الطفل بواسطة الضغط.
- الكوارتزيت Quartzite: عبارة عن إعادة تبلور للحجر الرملي Quartzitic نتيجة للضغط والحرارة.
- وهو صخر بطيء التجوية، ينتج عنه تربة رملية ضحلة.
- الرخام Marble: حجر جيري أو دولوميت صلب لدرجة تكفي لتنعيمه.

عندما تخرج الماجما الذائبة بفعل البراكين إلى سطح الأرض، يكون ذلك على عدة درجات من العمق، وعندما تبرد تكون الصخور النارية هي المتكونة.

الصخور النارية التي تبرد سريعاً، وهي التي خرجت إلى السطح وتعرضت للهواء الجوي، تكون المعادن المكونة لها عديمة البناء البلوري وزجاجية.



الصخور التي تكون ليست على السطح، حيث يكون تبريدها بطيئاً، فإن المعادن المكونة لها تكون ذات بلورات وبحسب سرعة التبريد يكون حجم بلورات المعادن المكونة للصخر.  
**Consolidation** النقص التدريجي في حجم كتلة التربة بسبب زيادة الضغط، مما يسبب زيادة صلابتها.  
**Lithification** عملية تحول الرواسب المفككة إلى صخر متصلب بواسطة الضغط والتلاحم.

### المعدن Mineral

المعادن مادة متجانسة، غير حية، ذات تركيب كيميائي محدد، وخصائص فيزيائية محددة "الشكل، اللون، درجة الذوبان، الصلابة، وهي نواتج عمليات تجوية وتعرية للصخور وهي نوعان أولية وثانوية.

1- معادن أولية: تكونت بواسطة تبريد الصخور الذائبة "الصهير الصخري".

### الكوارتز SiO2

صلب، بطيء التجوية، المكون الرئيسي للرمل، ومكون للسلت أيضاً.

### فيلد سبارات

صلب، بطيء إلى متوسط التجوية، يمد التربة بالعناصر الغذائية والطين عند تجويته

### ميكا

مصدر مهم للبووتاسيوم.

### أباتيت 3Ca3(PO4)2.CaF2

مصدر مهم للفسفور.

2- معادن ثانوية: ترسبت أو تبلورت مرة أخرى من محاليل تحوي عناصر نتجت من ذوبان معادن أخرى.

### كالسيت CaCO3

يوجد في المناطق الجافة، قليل الذوبانية، مصدر للكالسيوم وأحياناً المغنسيوم.

### جبس CaSO4.2H2O

يوجد في المناطق الجافة، متوسط الذوبانية.

### أكاسيد الحديد Fe2O3.xH2O

مصدر للحديد، ذات قدرة عالية على تلوين التربة.

### معادن الطين

أهم معادن التربة بالنسبة للزراعة، ولها استخدامات صناعية متعددة.

يشغل الجزء المعدني من حجم التربة 40-49%. وتتعرض الصخور أيضاً كان نوعها المتحولة والرسوبية والنارية، إلى عوامل جوية متعددة من الرياح والأمطار والثلج والبرد وما ينتج عنه من فترات تسخين وتبريد للصخور مما يسبب تكسر تلك الصخور وتفتتها لقطع صخرية صغيرة، وتسمى تلك العمليات بالتجوية الفيزيائية، حيث لا ينتج أي تغير في تركيب الصخر الكيميائي أو المعدني، بل يكون التغير في الحجم فقط. مما يسهل عمليات التجوية الكيميائية والحيوية التي تؤدي إلى تحلل المعادن المكونة للصخور إلى مكونات ذائبة كمعادن أو كأيونات "أنيونات وكاتيونات".

**Spontaneous** قد تكون بمعنى طبيعية - **Arable** مناسبة للخدمة الزراعية





## ماء التربة Soil water

الماء هو المذيب الأول بين المذيبات والماء هو الناقل الرئيسي خلال وبين أنظمة التربة والماء متطلب أساسي في جميع مناسط الحياة وهو يشارك في الدورات الجيوكيميائية عن طريق:

- التجوية.
- غسيل المواد إلى المياه الجوفية.
- نقل الأيونات والحبيبات خلال قطاع التربة.
- النباتات والكائنات الأخرى تغير حالة الذوائب في الماء المتسرب إلى التربة

**رطوبة التربة: (Soil moisture)** هي ما تحتويه التربة من ماء

ويوجد ثلاث أنواع من الماء:

### 1- الماء الهيدروسكوبي Hygroscopic water

وهو الماء الموجود في التربة وهو عبارة عن طبقة رقيقة جداً جداً من الماء الملتصق بحبيبات التربة، متمسك بشكل شديد بحبيبة التربة، وهو ماء ليمنح للنبات الاستفادة منه لأنه يصعب نزعاً من التربة لأنه منجذب إلى الحبيبات بقوة شديدة ولا يمكن التخلص منه إلا بالتسخين.

### 2- الماء الشعري Capillary water

هو الماء الذي يوجد في فراغات التربة ويمكن للنبات الاستفادة منه ويمكن للتربة الاحتفاظ بهذا الماء، كما أن نمو النبات يعتمد على هذا النوع من الماء في التربة اعتماد كلي .

### 3- ماء الجاذبية Gravitational water

هو الماء الذي يتسرب سريعاً بفعل الجاذبية الأرضية وهذا النوع من الماء غير متوفر في طبقة تربة النبات وبالتالي لا يستفيد منه النبات

### مسامية التربة Porosity

المسامية هي عبارة عن نسبة حجم الفراغات البينية إلى حجم عينة التربة ( ليس لها وحده ) المسامية (Porosity) = حجم الفراغات البينية (سم<sup>3</sup>) ÷ حجم عينة التربة الكلي (سم<sup>3</sup>) ليس لها وحدة ( نسبة مئوية)

### منطقة الماء غير المشبعة (Unsaturated Zone)

وهي التي تحتوي على هواء و ماء فالمنطقة الغير المشبعة هي المنطقة الصالحة لزراعة النبات والخط الذي يفصل بين المنطقة المشبعة والمنطقة غير المشبعة يسمى منسوب المياه الجوفية .  
والمصدر الأول لوجود الماء في المنطقة الغير مشبعة هو الأمطار و المياه الجوفية والعامل الأساسي لوجود الماء في المنطقة الغير المشبعة هو الخاصية الشعرية حيث ان - مجرى الماء في المنطقة الغير المشبعة يكون بطيء ومتعدد الجهات والقوة المؤثرة عليه هي القوة الشعرية

### منطقة الماء المشبعة (Saturated Zone)

وهي التي تحتوي على ماء فقط ( في كل الفراغات لا يوجد سوى الماء ) حيث ان مجرى الماء في المنطقة المشبعة يكون لأسفل و القوة المؤثرة عليه هي قوة الجاذبية

السعة الحقلية : (Field capacity)= FC وهي حالة الرطوبة في حاله وجود بلل كامل وخروج الماء الزائد منها .

نقطة الذبول الدائم : (Wilting point)= WP هي حالة الرطوبة عندما يكون الماء المتوفر للنبات غير موجود.

الماء المتوفر للنبات (Available water) = AW هو نسبة الماء في التربة المتوفرة الصالحة للنبات ( AW = (FC - WP )







المحتوى الرطوبي **moisture content** هو عبارة عن كمية الماء الموجودة في التربة.  
المحتوى الرطوبي في عينة تربة غير مشبعة = حجم الماء في الفراغات البينية (سم<sup>3</sup>) ÷ حجم عينة التربة الكلي (سم<sup>3</sup>) ، ليس لها وحدة ( نسبة مئوية)

### المواد العضوية Organic matters

تعرف باختصار انها المواد القابلة للتخمر والتحلل الحيوي "غير ثابتة Unstable" وتتطاير عن التسخين. المواد أو المركبات العضوية هي التي تحتوي في جزيئاتها على الكربون **carbon** (الكربون العضوي) كالبروتينات والكريبوهيدرات مثل فضلات وحث الطيور والحيوانات والاوراق والنباتات الميتة، وكلها مصدر للكربون العضوي (الذي يمثل 50% من الملوثات العضوية- مغذي للبكتيريا ) وهو قابل للأكسدة من قبل الكائنات الحية الدقيقة (تحصل على الطاقة من الاكسدة) خصوصاً البكتيريا و الفطريات المجهرية ، فالأكسدة تتم من خلال عملية التنفس أو التخمر ، حيث ان عملية الاكسدة التي تقوم بها للكربون العضوي تسمى عملية "معدنة الكربون العضوي" **Organic carbon mineralization** الذي يطرح على شكل مؤكسد وذلك في صورة ثاني أكسيد الكربون **Carbon Dioxide CO2** وعلى شكل نيتروجين عضوي **Organic Nitrogen** في صورة احماض امينية **Amino Acids** ويوريا **Urea** وأحماض نووية **(DNA , RNA) Nucleic Acids**

### المواد غير العضوية Inorganic Matters

تعرف باختصار انها المواد الغير قابلة للتخمر والتحلل الحيوي "ثابتة Stable" ولا تتطاير عند التسخين . وهي جميع انواع الاملاح المعدنية **Minerals** الذائبة في الماء (الحديد - المنجنيز - النحاس - الزنك - الكالسيوم - الماغنيسيوم - الكبريتات - الكلوريدات - الصوديوم - الامونيوم - والاملاح المعدنية السامة مثل الرصاص و الزرنيخ و السيانيد و الكاديوم والسيلينيوم والزنبق والكروميوم والفلوريدات و النيتريت و النيتريت)

بالاضافة الى النيتروجين اللاعضوي (الأمونيا **Ammonia** "غاز النشادر" **NH3** و الامونيوم **NH4+ Ammonium** و النيتريت **NO3- Nitrate** و النيتريت **NO2- Nitrite**) الذي نتحصل عليه من خلال عملية "معدنة النيتروجين العضوي" **Organic nitrogen mineralization** التي تقوم بها الكائنات الحية الدقيقة وذلك بتحويل الأحماض الأمينية **R-NH2** إلى الأمونيا **Ammonia** "غاز النشادر" **NH3** وتسمى أيضاً عملية النشدر **Ammonification** على أساس أن الناتج النهائي لعملية المعدنة هو الأمونيا ثم تذوب الأمونيا الناتجة في الماء ويتكون أيون الامونيوم **NH4+ Ammonium** ثم تحصل عملية النترجة **Nitrification** (في حال توفر الاكسجين) فيتحول أيون الامونيوم الى نيتريت ثم الى نيتريت بواسطة بكتيريا هوائية اسمها **Nitrosomonas** و **Nitrobacter** حيث ان افضل درجات حرارة تحدث فيها عملية النترجة تتراوح ما بين **30o C** الى **35** خلال فترة **10** ايام

### هواء التربة Soil air

يشغل هواء التربة المسامات "الفراغات" حيث ان تركيب هواء التربة يختلف عن الهواء الجوي. يتأثر هواء التربة بالنشاط الحيوي لجذور النبات وميكروبات التربة ويتأثر هواء التربة بالمحتوى المائي في التربة.

### دبال Humus

هي بقايا النبات والحيوان في درجات تحلل مختلفة.





## الخلايا الحية (الكتلة الحية أو الحيوية) Biomass

هي الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms في التربة .

- 1- البكتيريا Bacteria
- 2- الفطريات Fungi
- 3- البروتوزا و الروتيفيرا Protozoa and Rotifers
- 4- الطحالب Algae
- 5- الأشكال الأرقى في الحياة (مثل الديدان- يرقات الحشرات- بعض القشريات)

## تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية (النفط والغاز ومشتقاته)

الهيدروكربونات او بمعنى آخر المحروقات هي أي مركب كيميائي يتكون من الكربون (C) والهيدروجين (H) فقط.

الهيدروكربونات السائلة المستخرجة جيولوجيا هي البترول أو الزيت المعدني بينما الهيدروكربونات الغازية تسمى الغاز الطبيعي . كلاهما يعد مصدرا أساسيا للوقود ومواد أولية لإنتاج الكيماويات العضوية وتتواجد هذه الهيدروكربونات تحت سطح الأرض.

الهيدروكربونات لها أهمية اقتصادية كبيرة نظرا لأنها تمثل مكونات الوقود الحفري ( الفحم ، البترول ، الغاز الطبيعي) بالإضافة الى الوقود الحيوي واللدائن والشموع والمذيبات.

تتعرض التربة إلى التلوث من خلال نشاطات ونفايات وتسربات قطاع النفط والغاز والبتروكيماويات وهو ما يسمى بتلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية وهي موجودة في معظم المنشآت الصناعية والمراكز التي تتعامل مع المواد البترولية من مصافي ومصانع ومراكز تخزين وتوزيع ومحطات الوقود العامة والخاصة فتتلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية في المراكز المخزنة والموزعة للمواد البترولية نتيجة لنشاطات عدة تشمل التخلص من مخلفات تنظيف خزانات المواد البترولية، التسربات الحاصلة في أثناء عملية التعبئة غير النظامية لسيارات الشحن التي تقوم بتوزيع المواد البترولية من المراكز إلى المحطات، اختلاط المياه التي تنظف ساحات التعبئة بالمواد البترولية وجريانها وتسربها إلى البيئة المحيطة بالإضافة الى نواتج عمليات تنظيف الخزانات النفطية ونواتج الابار المنتجة للنفط والغاز وتسربات خطوط الانابيب وغيرها .

## النفط أو البترول

البترول ( Petroleum ) مصطلح لاتيني مكون من ( petra ) بمعنى صخر ( rock ) و ( oleum ) بمعنى زيت ( oil ) ويطلق على البترول أحيانا اسم ( الذهب الأسود ) ، وهو سائل ثقيل القوام ( ثخين كثافته عالية ) أسود اللون يميل إلى البني أو الأخضر ، والبترول سائل قابل للاشتعال لاحتوائه على كثير من المواد المشتعلة . يظهر أحيانا على سطح الأرض في بعض المناطق على شكل برك نفطية ، حيث عرفه القدماء في صورته الخام ، واستخدموه في بعض الاستخدامات الحياتية كالإضاءة ، والبناء ، وطلاء السفن ، كما استخدم في علاج بعض الأمراض ، وفي تحنيط الموتى ، وفي بعض الصناعات البسيطة ، ويعتبر النفط مصدر مهم للطاقة ، ومصدر غني للعديد من المركبات والمنتجات الكيميائية ، كالمذيبات ، والأسمدة ، والمبيدات الحشرية ، والبلاستيك وغيرها .

## التركيب ( Composition )

يتألف النفط من خليط معقد من الهيدروكربونات والمركبات العضوية الأخرى ، ويتفاوت تركيبه بشكل كبير من نوع إلى آخر ، والمركبات العضوية كما هو معروف تتألف من الكربون ، والهيدروجين ، وعناصر أخرى كالكالسيوم ، والنيتروجين ، والكبريت ، كما يحتوي النفط على آثار من بعض العناصر المعدنية ، كالحديد والفلانديوم والنيكل . ويشكل الميثان CH<sub>4</sub> ، والإيثان C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ، والبروبان C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ، والبيوتان C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> نسبة عالية من الهيدروكربونات المكونة للبترول .





## أصل النفط ( Origin )

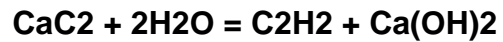
اختلف العلماء في أصل البترول ، فمنهم من يرى أنّ المادة غير العضوية متمثلةً في الكربون ومركباته هي الأصل ، ومنهم من يرى أنّ أصل البترول هو الكائن الحيّ المؤلف من المادة العضوية.

## النظرية العضوية ( Biogenic theory )

يرى الكثير من علماء الجيولوجيا أنّ أصل البترول - وكذلك الفحم الحجري والغاز الطبيعي - هو بقايا الكائنات الحيّة القديمة من النباتات والحيوانات البحرية الصغيرة ، حيث ترسّبت بقايا هذه الكائنات بكميات كبيرة في مناطق منخفضة من المحيطات وتغطّت بطبقات من الطين ، وتحت تأثير الضغط والحرارة وعامل الزمن تحلّلت بقايا هذه الكائنات وحدثت لها العديد من التحولات والتفاعلات الحيوية لينتج البترول .

## النظريات البديلة ( Alternative theories )

يرى الكثير من العلماء أنّ أصل البترول ليس الكائن الحيّ ، أمّا أصله عنصر الكربون وبعض المركبات الكربونية غير العضوية كمركب كربيد الكالسيوم على سبيل المثال  $CaC_2$  حيث اعترى عنصر الكربون ومركباته والتي كانت تملأ الأرض قديماً ، تغيرات كيميائية نتج عنها هذا الخليط الهائل من الهيدروكربونات وبقية المركبات العضوية المكوّنة للبترول . ويُعتقد أنّ البداية كانت عبارة عن تفاعل من هذا النوع :



## تاريخ البترول ( History )

تم حفر أول بئر بترول في الصين في القرن الرابع الميلادي ، أمّا التاريخ الحديث للنفط فقد بدأ في بولندا في عام 1853 عندما اكتشفت عمليات تقطير النفط الخام ، وفي الولايات المتحدة بدأت الصناعة النفطية باكتشاف ادوين درايك ( Edwin Drake's ) للنفط في عام 1859م قرب تيتوسفيل بولاية بنسلفانيا .

## التنقيب عن النفط واستخراجه ( Extraction )

تمكن الجيولوجيون عبر سنوات طويلة من تطوير وسائل وأدوات التنقيب عن البترول واستخراجه ، وبطبيعة الحال تعتبر الخطوة الأولى للاستفادة من هذا الكنز هي إخراجها من باطن الأرض ، تبدأ عملية الاستخراج بالحفر إلى أعماق بعيدة ، وفي كثير من الحالات يندفع البترول إلى الأعلى تلقائياً بسبب وجود الغاز الطبيعي ووقوع البترول تحت ضغط عالي ، فطبقة البترول في العادة تكون محصورة بين طبقة الغاز التي تعلوها ، وطبقة الماء التي توجد أسفل منها ، وفي بعض الأحيان يضطر مهندسو البترول إلى ضخ كميات كبيرة من الماء في داخل البئر ليصعد النفط .

## تكرير النفط ( Oil Refining )

البترول في صورته الخام ( crude oil ) غير مفيد ، وللاستفادة منه تتم معالجته بمجموعة من العمليات ، ويطلق على هذه العمليات تكرير البترول ، والتي ينتج عنها مجموعة من المشتقات المفيدة ( Petroleum Products ) ، وتمرّ عملية تكرير النفط عادةً بالمراحل التالية :

أولاً : المعالجة الأولية : وتشمل التخلّص من الماء والأملاح المصاحبة للنفط ، وهي خطوة مهمة تسبق عملية التقطير لكون وجود الماء والأملاح في برج التقطير يسبب مشاكل خطيرة ، فقد ينتج عن وجود الماء انفجار برج التقطير للضغط الهائل الذي ينتج من تبخّر الماء ، أمّا الأملاح فتسبب تآكل ( corrosion ) الحديد المصنوع منه مادة البرج.







ثانياً :عملية التقطير ( Distillation ) وهي العملية المهمة والرئيسة والتي تتم في أبراج ضخمة ، وينتج عنها فصل البترول إلى مكوناته ، وبوجه عام فإن معظم المشتقات البترولية الناتجة من برج التقطير التجزيئي للنفط تكون على النحو التالي:

- 1- الغازات ( petrol ether ) وهو منتج يتألف من عدد قليل من المركبات العضوية معظمها عبارة عن هيدروكربونات خفيفة مثل الميثان والايثان والايثلين والبروبان والبوتان وغيرها وفي الغالب تتراوح أعداد ذرات الكربون في المركبات المكونة لها من 1-4 وتتكثف عند درجات غليان أقل من 25 درجة م ويستخدم هذا المشتق في إنتاج غاز الطهي ( البيوتاغاز ) وإنتاج غازات أخرى مثل غاز الاسيتلين المستخدم في عمليات اللحام ، كما يعتبر هذا المشتق مادة تغذية هامة جداً للصناعات البتروكيميائية.
- 2- السوائل الخفيفة ( light petrol ) وأهمها منتج الجازولين ( gasoline ) وقود السيارات وتتراوح أعداد ذرات الكربون في مركباته من 5-9 ويتكثف عند درجات حرارة 35-150 ويعتبر الحقيقة هذا المنتج من أهم مشتقات البترول نظراً للإستخدام الواسع النطاق له في كل دول العالم.
- 3- الكيروسين ( kerosene ) تتراوح أعداد ذرات الكربون في هذا المشتق من 9-15 ذرة كربون ويتكثف عند 150-250 ويستخدم كوقود للطائرات النفاثة ( jet engine fuel ) ، كما يستخدم نوع رديء منه كوقود رخيص الثمن في المنشآت الصناعية والمنزل.
- 4- الديزل أو السولار ( Diesel ) سائل أثقل من الكيروسين يستخدم كوقود في المصانع والمحركات الضخمة والشاحنات.
- 5- السوائل الثقيلة ( lubrication oil ) وهي تتألف من مركبات تتكثف عند درجات حرارة أعلى من 300 درجة م ويتم إنتاج زيوت التزييت المختلفة منها ، كما تعتبر مصدر مهم للصناعات البترولية حيث يمكن تحويل جزء منها إلى مشتقات خفيفة كالجازولين عن طريق عمليات بترولية معروفة مثل التكسير الحراري والتكسير الحفزي.
- 6- الزفت ( asphalt ) وهي البقايا المتجمعة في قاع البرج تتألف من مركبات عضوية ( هيدروكربونات وغيرها ) ذات وزن جزيئي عالي ودرجات غليان مرتفعة جداً وتستخدم في طلاء الانشاءات الخرسانية وطلاء السفن وفي تزييت الطرق وتعييدها .

### ثالثاً : تحسين المواصفات

بعد الحصول على هذه المشتقات فإنه لا يتم تسويقها مباشرة لأنها في الحقيقة غير صالحة للاستخدام حتى الآن ، ولكي تكون صالحة للاستخدام لا بد من إجراء بعض التحسينات عليها لتكون ملائمة للاستخدام المطلوب فلو أخذ على سبيل المثال الجازولين مباشرة من برج التقطير ووضع في سيارة فإن المحرك سوف يعمل مصحوباً بخبط شديد وضوضاء ، ولو استخدم الكيروسين مباشرة كوقود للطائرة لسقطت الطائرة لاحتواء الكيروسين غير المعالج على مواد شمعية تتجمد في أنابيب التوصيل بالطائرة عند درجات الحرارة المنخفضة في الأجواء المرتفعة.

إذاً فلا بد من القيام ببعض العمليات التي تجعل المشتق جاهزاً للاستخدام وهذا ما يعرف باسم ( تحسين المواصفات ) . فالجازولين الناتج يتم له ما يعرف باسم رفع الاوكتان نمير ( رقم الاوكتان ) ليعمل محرك السيارة في هدوء وسلاسه حيث وجد أن بعض المركبات المكونة للنفط تحترق بطريقة تسبب خبط للمحرك فيتم إزالتها والبعض الآخر يحترق بهدوء ورتابة ( مثل الاوكتان ) فيتم إضافة المزيد منها ، كما لوحظ أنه إذا أضيفت بعض المركبات غير الموجودة في النفط أصلاً فإن رقم الاوكتان يرتفع كثيراً ويعطي ( بنزين ممتاز ) مثل رباعي ايثيل الرصاص وقد تم التوقف عن إضافة هذا المركب للجازولين نظراً للتلوث البيئي الكبير الذي يحدثه ممثلاً في أكاسيد الرصاص السامة الناتجة من عملية الاحتراق





أما الكيروسين المستخدم في الطائرات كوقود فيتم له ما يعرف باسم عملية إزالة الشموع وهي المركبات ذات السلاسل الطويلة والتي يمكن أن تتجمد بسهولة داخل مواشير الطائرة الامر الذي يؤدي إلى سقوطها فيتم إزالة هذه المركبات لخفض درجة تجمد الوقود بحيث عندما تصعد الطائرة إلى طبقات الجو العليا فإن الوقود يقاوم عملية التجمد بسبب انخفاض درجة الحرارة. وهكذا بالنسبة لبقية المشتقات فيتم لها عملية تحسين مواصفات مناسبة للاستخدام الذي ستستخدم فيه .

### التأثيرات البيئية ( Environmental effects )

يعتبر النفط من أهم الملوثات البيئية سواءً في البرّ أو البحر ، ويصحب عملية استخراج النفط مخاطر تلوث في أغلب الأحيان (الحياة البحرية أكثر البيئات تضرراً من التلوث الناجم عن البترول) ، وخاصةً عندما يستخرج من قاع البحر ، حيث تتأثر الكائنات الحية التي تعيش في تلك المناطق بشكل كبير، هذا بالإضافة إلى الحوادث التي تتعرض لها ناقلات النفط العملاقة والتي ينجم عنها تعرض مناطق واسعة للتلوث النفطي . ولا ننسى أيضاً التلوث النفطي الناتج عن الحروب .

### أنواع النفط ( Classification )

يمكن تصنيف النفط حسب كثافته ، إلى نطف ثقيل ( heavy ) ونطف خفيف ( light ) ، وترجع خاصية اختلاف كثافة البترول إلى نسبة الهيدروكربونات الثقيلة فيه ، فكلما زادت هذه النسبة زادت كثافة النفط ، وفي الحقيقة فإن النفط الخفيف أكثر طلباً في السوق وأعلى سعراً وذلك بسبب امكانية الحصول منه على كميات كبيرة من المشتقات البترولية وبالذات الجازولين ( gasoline ) والذي يعتبر المشتق البترولي الأكثر طلباً في العالم . كما يمكن تصنيف البترول إلى بترول حلو sweet نسبة كبريت sulfur منخفضة ، وبترول حامض sour نسبة كبريت عالية ، وبالطبع فإن النفط الحلو أكثر طلباً في السوق العالمية .

### خام النفط

وضعت منظمة الدول المصدرة للنفط (أوبك) نظاماً مرجعياً خاصاً بها عرف بسلة أوبك وهو عبارة عن متوسط سبعة خامات محددة من النفط ، وهي:

- الخام العربي الخفيف السعودي
- خام دبي الإماراتي
- خام بوني الخفيف النيجيري
- خام صحاري الجزائري
- خام مينايس الإندونيسي
- خام تيا خوانا الخفيف الفنزويلي
- خام ايستموس المكسيكي.

### تلوث التربة بالمواد الكيميائية (الاسمدة والمبيدات وغيرها)

تتعرض التربة إلى التلوث من خلال النشاطات المختلفة في الزراعة مثل استخدام المبيدات للأفات الزراعية المختلفة وتشير إحصائيات منظمة الغذاء الزراعي الدولية بان هناك أكثر من ألف مستحضر كيميائي يستخدم كمبيد ويبيع مئات الآلاف من الأطنان سنوياً حيث يستعمله المزارعون في مكافحة الآفات مثل مادة الادرين والكلودين ودي دي تي وغيرها ويؤدي تأثيرها التراكمي في التربة إلى انقراض لعدد من الحيوانات كالطيور أو موت الأسماك التي تعيش في المسطحات المائية القريبة.





## عمليات تكوين التربة Soil Formation Processes

### 1- عملية التملح salinization

تتسم المناطق الجافة بانخفاض الأمطار الساقطة، وبعدم انتظام سقوطها، ولذا يسود في هذه المناطق عملية التملح ويرجع ذلك الى سببين :  
الأول: هو انخفاض كمية الأمطار الساقطة والتي تكون غير كافية لإزالة الأملاح الذائبة في التربة .  
الثاني: هو ارتفاع درجة حرارة هذه المناطق مما ينتج عنه زيادة معدلات البخر.

### 2- عملية الحموضة Podzolition

تعني غسيل مركبات الحديد والألمنيوم في حماية الأحماض العضوية ونقلها من أفق A إلى أفق B فيؤدي ذلك إلى تكوين مجموعة هامة من أراضي العالم هي أراضي Podzoli ، وهي من أهم العمليات التي تسود في ترب الأقاليم الباردة الرطبة في العالم، حيث ترتفع معدلات سقوط الأمطار وتنخفض درجة الحرارة ونظرا للنمو النباتي الكثيف (الحشائش) في الأقاليم المعتدلة الباردة وانخفاض درجة الحرارة فإن البقايا النباتية تتراكم وتتحلل ببطء مما ينتج عنها دبال حامضي والمعروف بالمور Mor.

### 3- عملية التكلس Caleipication

تنتشر هذه العملية في المناطق القليلة المطر خاصة في المناطق القارية، وقد تحدث في المناطق الجافة والتي يسقط فيها أمطار قليلة خصوصا في مناطق المنخفضات المتميزة بتجمع المياه بها .

### 4- عملية القلونة Alkalization

تحدث هذه العملية في نفس ظروف عملية التملح مع وجود مصدر لسيادة كاتيون الصوديوم المتبادل (أي زيادة نسبة كاتيون الصوديوم عن 15% من مجموع الكاتيونات المتبادلة) وهذا يضيف على التربة نوع من البناء يسمى البناء المنشوري أو البناء العمداني في الطبقة تحت السطحية ، تسود هذه العملية في المنطقة العربية ومصر، وتتميز بظهور طبقة من الأملاح يختلف سمكها وشكلها ، وقد تكون على هيئة قشرة صلبة .

### 5- عملية Gieying

تحدث هذه العملية في المناطق المنخفضة سينة الصرف، لذا تتجمع المياه في التربة لفترة زمنية طويلة تكون ظروف لا هوائية حيث تستنفذ الكائنات الدقيقة الجزء المتبقي من الأوكسجين ، يمكن تميز نوعين من تربة

#### : Gleying

الأولي هي طبقة غير منفذة للماء.  
الثانية هي طبقة سطحية مشبعة بالماء.

### 6- عملية Laterization

تنتشر هذه العملية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية المتميزة بارتفاع درجات الحرارة وارتفاع معدلات التساقط وكلاهما يساعد على نشاط التحلل الكيميائي للمعادن السليكاتية وكذلك عملية التحلل الضوئي .







## مقدمة عن تلوث التربة

تلوث التربة هو التلوث الذي يصيب الغلاف الصخري والقشرة العلوية للكرة الأرضية والذي يعتبر الحلقة الأولى والأساسية من حلقات النظام البيئي، ولا شك أن الزيادة السكانية الهائلة التي حدثت في السنوات القليلة الماضية أدت إلى ضغط شديد على العناصر البيئية. تعتبر التربة ملوثة بإحتوائها على مادة أو مواد بكميات أو تركيزات على غير العادة فتسبب خطر على صحة الإنسان والحيوان والنبات أو المنشآت الهندسية أو المياه السطحية والجوفية وتعتبر من أهم مشكلات البيئة الحالية.

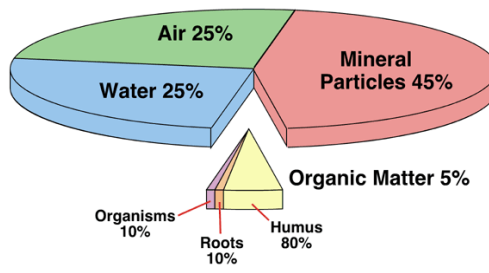
تتكون التربة من مجموعات من العناصر تصل إلى 92 عنصرا تكون في مجموعها ألفي مركب بعمق حوالي عشرة أميال، ويكون عنصران منها فقط (الأوكسجين والسليكون) 75% من تركيب التربة، ويعرف تلوث التربة بأنه "الفساد الذي يصيب الأراضي فيغير من صفاتها وخواصها الطبيعية أو الكيميائية أو الحيوية، أو يغير من تركيبها بشكل يجعلها تؤثر سلبا على من يعيش فوقها من إنسان وحيوان ونبات، والملوثات التي تختلط بالتربة الزراعية تفقد خصوبتها، وتؤثر فيها تأثيرا سينا حيث تتسبب في قتل البكتريا المسؤولة عن تحليل المواد العضوية وعن إنتاج النيتروجين المفيد للنبات.

تعد التربة قاعدة الأنظمة البيئية على اليابسة والوسط الطبيعي لنمو جذور النباتات العليا المسؤولة عن تثبيت الطاقة وإنتاج الغذاء في عملية التركيب الضوئي كما وان التربة إلى جانب أنها مصدر الماء والعناصر الغذائية للنبات والداعم الميكانيكي فهي ملجأ لعدد هائل من الكائنات الحية لأنظمة البيئة على اليابسة.

كما يمكن القول بان تلوث التربة هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي للأرض و الذي يتسبب عنه عرقلة في استغلالها ... فهي عبارة عن تغيير حصل لخصائص التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية عن طريق إضافة مواد إليها أو نزع مواد منها.

## مكونات التربة

للتربة أربعة مكونات أساسية وهي:



1- 45% مواد غير عضوية **Inorganic Matters** على شكل جزيئات أو حبيبات معدنية صغيرة وكبيرة **Mineral Particles**

أوكسجين 46.6% - سيليكون 27.72% - المونيوم 8.13% - حديد 5% - الكالسيوم 2.63%  
- الماغنيسيوم 2.09% - البوتاسيوم 2.59% - الصوديوم 2.83% - ( 2.41% عناصر أخرى  
مثل النيتروجين - الكلور - الكربون - الفلور - الهيدروجين - الفسفور - الكبريت - اليود - المنجنيز -  
النحاس - الزنك - البورون - الموليبيدينوم - الفانديوم ) .  
حيث ان النسبة القليلة للعناصر الأخرى تعتبر مفيدة للنبات طالما انها بكميات قليلة وتعتبر سامة وملوثة  
للتربة إذا وجدت بكميات كبيرة ، خصوصا (البورون - الكلور- النحاس - المنجنيز - الموليبيدينوم -  
الفانديوم - الزنك)

ملاحظة : يمكن إضافة كلمة املاح (املاح الكالسيوم - املاح الماغنيسيوم - املاح البوتاسيوم - املاح  
الصوديوم)





### النسب المئوية الوزنية والحجمية للعناصر المكونة لتربة القشرة الأرضية

النسبة المئوية الوزنية (%w/w) للتربة الخصبة وجسم الانسان	النسبة المئوية الحجمية (%v/v) لتربة القشرة الارضية	النسبة المئوية الوزنية (%w/w) لتربة القشرة الارضية	العنصر والرمز	
63.03	93.77	46.60	الأكسجين O	1
0.01	0.86	27.72	السليكون Si	2
0.01	0.47	8.13	الألمونيوم Al	3
0.01	0.43	5.00	الحديد Fe	4
2.45	1.03	2.63	الكالسيوم Ca	5
0.10	1.32	2.83	الصوديوم Na	6
0.11	1.83	2.59	البوتاسيوم K	7
0.07	0.29	2.09	المغنسيوم Mg	8
2.5			النيتروجين	9
0.16			الكلور	10
20.20			الكربون	11
0.14			الفلور	12
9.90			الهيدروجين	13
1.01			الفسفور	14
0.14			الكبريت	15
		2.41	اليود	16
			المنجنيز	17
			النحاس	18
			الزنك	19
			البورون	20
			الموليبدينوم	21
			الفانديوم	22
%100	%100	%100		

2- 5% مواد عضوية **Organic Matters** على شكل بقايا النبات والجذور **Roots 10%** و مخلفات الحيوان **Humus 80%** وهي تكون متحللة او في طريقها للتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة مثل البكتيريا والفطريات والديدان المختلفة **Organisms 10%**.  
**Organic Matters (10%Organisms + 10% Roots + 80%Humus)**

وتتم أهمية المادة العضوية في التربة الى انها مصدر للكربون **C** والنيتروجين **N** والفسفور **P** والكبريت **S** الذي يحتاجه النبات للنمو بكميات كبيرة نسبياً بالإضافة الى ان النيتروجين والفسفور والكبريت عبارة عن مادة لاحمة لتجمعات التربة وتقوم على زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء .

3- 25% ماء التربة **Water** ويسمى محلول التربة المائي وهو يحتوي (45%) مواد غير عضوية و 5% مواد عضوية بنفس المكونات السابقة والباقي ماء (50%) .

4- 25% هواء التربة **Air** وهو يحتوي على نسبة أقل من الاكسجين ونسبة اعلى من ثاني اكسيد الكربون وذلك نتيجة تحلل المواد العضوية عن طريق الكائنات الحية الدقيقة التي تستهلك الاكسجين وتطلق ثاني اكسيد الكربون في التربة يكون نسبة الاكسجين 10% اكسجين و 90% ثاني اكسيد الكربون.





(هواء التربة يختلف عن الهواء الجوي ... فالهواء الجوي يحتوي على نسبة 21% اكسجين و0.03% ثاني اكسيد الكربون).

ملاحظة :

ان مكونات التربة (التقسيم الحجمي للتربة) يكون دائماً متداخلاً وفي حالة من الاختلاط الكامل ولذلك تختلف النسب الحجمية حسب الظروف وحسب أنواع الترب المختلفة فمثلاً في تربة المناطق الجافة الصحراوية نجد ان المادة العضوية والكائنات الحية الدقيقة بها تشغل حيزاً بسيطاً جداً من حجم المكونات قد لا يتعدى واحداً في المائة أو 0.9% ، وهنا يجدر الإشارة الى ان التربة ليست مجموع هذه المكونات الاربعة ، بل هي نتاج لتفاعلاتها مع بعضها.

## أسباب تلوث التربة

1- التلوث بالنفط عن طريق التسرب من الخزانات والأنابيب مثل أنابيب النفط ومنتجاته أو طرح المخلفات البترولية في خنادق على التربة وعدم وجود دراسات جديّة لتحليل الوضع وبيان طرق المعالجة وعدم توفير الاجهزة المتطورة في التحليل والمعالجة.



خندق نفطي

ان التلوث بالنفط يعني إطلاق عناصر أو مركبات أو مخاليط غازية أو سائلة أو صلبة مصدرها النفط إلى عناصر البيئة، التي هي الهواء والماء والتربة، مما يسبب تغييراً في عناصر البيئة .

يتوزع ضرر التلوث بالنفط على كافة أشكال الحياة " الإنسان والكائنات الحية البحرية والبرية والطيور والنباتات" و يؤدي بالنهاية إلى موت وإنقراض الملايين من الكائنات الحية البحرية ومن كافة الأجناس والأنواع والأحجام وإلى تعطل أغلب الخدمات الملاحية وإلى تدمير السياحة من خلال تلويثه المياه والشواطئ وإلى إلحاق الضرر بمحطات تحلية المياه ووصول بعض المواد الكيميائية الناتجة من النفط إلى مياه الشرب وإلى انخفاض كبير في إنتاجية صيد الأسماك ، كما يدمر الأيكات النباتية وعلى رأسها غابات المانجروف بالإضافة إلى إلحاق الضرر بالآلاف الأنواع من الطيور حيث يؤدي النفط إلى قتل الطيور من خلال قتله إلى الأحياء البحرية كاليرقات التي يعتمد عليها في غذاؤه وأيضاً من جراء تلوث الطيور ذاتها بالنفط عند قيامها بصيد تلك اليرقات .

بالإضافة إلى الوصول إلى غذاء الإنسان، حيث تتجمّع وتخزن مركبات النفط في الكائنات الحية البحرية من أسماك وغيرها من الأصداف والقشريات والروبيان .. وتصل للإنسان عبر سلسلة الغذاء كما أن المركبات النفطية الخطيرة و الأكثر ثباتاً تنتقل إلى الإنسان أيضاً عن طريق السلسلة الغذائية حيث تختزن في أكباد

ودهن الحيوانات البحرية، وهذه المركبات لها آثار سيئة بعيدة المدى لا تظهر على الجسم البشري إلا بعد عدة سنوات .







إن البحار المطل عليها الوطن العربي (البحر المتوسط، البحر الأحمر، الخليج العربي) تعتبر من أكثر البحار تلوثاً وذلك لأنها بحار شبه مغلقة حيث أن مياهها لا تتجدد إلا بعد حوالي مائة سنة أو يزيد بالإضافة إلى كثافة حركة الملاحة واستخدام هذه البحار كمستودعات للملوثات الأخرى مثل القمامة ومياه الصرف الصحي

يتميز النفط بقدرته العالية على التفاعل والانتشار بعدة أشكال والوصول إلى الهواء وإلى التربة وإلى المياه العذبة وإلى البحار أو المحيطات وبعده أشكال مختلفة تعتمد على العديد من العوامل الحيوية والفيزيائية والجوية، مع العلم بأن كافة هذه الأشكال هي في غاية الخطورة وقد يجتمع في موقع ما شكل واحد أو أكثر أو كافة الأشكال وكلما زادت عدد تلك الأشكال كلما زادت الصعوبة من التخلص منه .

والأشكال المتعددة لتفاعل وانتشار النفط في الطبيعة هي : الانتشار (spreading) و الانجراف (Drifting) و التبخر (Evaporation) و التفتك والتحلل الطبيعي (Natural Dispersion) و تشكله على شكل مستحلب (خليط ماء و نفط) (water in oil Emulsification) و الذوبان (Dissolution) و الأكسدة (Oxidation) و الترسيب (Sedimentation) و التحلل البكتيري (Biodegradation)

2- تخزين ونقل المواد الخام والنفايات .

ان عدم توفر دراسات نقل الملوثات وتحديد كيفية التعامل معها بالإضافة إلى تقييم كل نوع منها ووضع خطة معالجة ملائمة يمكن للملوثات مثل المعادن والمذيبات الكلورية والهيدروكربونات ومبيدات الآفات وغيرها أن تتحرك وتنتشر عن طريق مجمعات الأمطار أو الأنهار أو المستودعات المحمية للمياه الجوفية. قد يوجد بعضها في الحالة الصلبة ولكنها قد تتحلل أو تمتص مما يزيد من سرعة انتشارها في المياه الجوفية والتربة .

تساعد دراسة نقل الملوثات وكيفية التعامل معها على اكتساب فهم دقيق لسلوك الملوثات في المياه الجوفية باستخدام النمذجة الهيدروجيولوجية ثلاثية الأبعاد لتحفيز سلوك الملوثات في المياه الجوفية من تقييم أنماط الاضمحلال الطبيعي للملوثات في المياه (دمج بين الإطار المحلي الجيولوجي والهيدروجيولوجي وسقوط الأمطار وأوضاع التسريب والاضمحلال واستخدام حرائك المياه الجوفية لنمذجة ردود الأفعال الكيميائية الحيوية) ويحتاج هذا إلى عينات ومحلي عينات اكفاء بالإضافة إلى الأجهزة والوقت.

3- انبعاث الملوثات من أماكن تجميعها إلى البيئة المحيطة بها .

4- انتقال المواد الملوثة مع مياه السيول أو المياه الجوفية.

5- انتقال الغازات الخطرة من المناطق المجاورة .

6- تمليح التربة والتشبع بالمياه ، فالاستخدام المفرط لمياه الري مع سوء الصرف يؤدي إلى الإضرار بالتربة .

7- التوسع العمراني الذي أدى إلى تجريف وتبوير الأراضي الزراعية.

8- وجود ظاهرة التصحر، ويساعد في هذه العملية عدم سقوط الأمطار والرياح النشطة التي تعمل على زحف الرمال أيضاً إلى الأراضي الزراعية .

9- استخدام الكيماويات (المبيدات و الاسمدة) علي نحو مفرط يؤدي إلى التلوث الكيميائي .

التلوث الكيميائي يقصد به كل أشكال التغيرات الكمية أو الكيفية في مكونات التربة من حيث صفاتها الكيميائية أو الفيزيائية أو الحيوية والتي تنتج بسبب استخدام بعض المواد الكيميائية سواء بقصد أم بغير قصد وبالتالي إفساد مكونات التربة الأساسية وتغير تركيبها بحيث لم تعد تصلح للزراعة أو إن إنتاجها قد قل أو إنها تنتج غذاء ملوثاً ضاراً بالإنسان أما مصادر التلوث الكيميائي فهي كثيرة ومن أهمها التلوث بالمبيدات والمخصبات الزراعية والتلوث بالمنظفات الصناعية والتلوث بالمركبات العضوية الهالوجينية والتلوث بالأسلحة الكيماوية والتلوث الناتج عن الحوادث الصناعية .





### التلوث الكيميائي بالمبيدات

ان نوع المبيد ودرجة ذوبانه والكمية المستخدمة ودرجاتي رطوبة وحرارة التربة والعوامل الجوية، والإسراف في استخدامه يؤدي إلى تلوث التربة الزراعية لأنه غالبا ما يتبقى جزء كبير من هذه المبيدات في التربة الزراعية، وقد تصل نسبته إلى نحو 15% من كمية المبيد المستعمل، ولا يزول أثر هذه المبيدات المتبقية في التربة إلا بعد انقضاء مدة طويلة ولعل من أخطر تأثيرات المبيدات على التربة دورها في تقليل عدد الكائنات الدقيقة المفيدة للنبات والموجودة في التربة وتقليل التربة بوجه عام، وهذه المبيدات قد تضاف إلى التربة مباشرة أو تعالج بها البذور قبل وضعها في التربة أو ترش بواسطة الطائرات.

ان النباتات والمحاصيل عامة لا تمتص من المبيدات إلا الكمية التي تتناسب وقدرتها ومعلوم ان المبيدات مع هطول الأمطار أو الري تتسرب إلى طبقات الأرض مسببة بذلك تلوث للمياه السطحية والجوفية ويمكن أن تتبخر بفعل حرارة الشمس وتسبب تلوث الهواء المحيط. علاوة على ذلك فان هذه المبيدات تقتل الكائنات الحية الدقيقة النافعة في التربة كما ذكرنا مخلة بذلك التوازن الدقيق والهام في بيئة التربة كما تحدث المبيدات تغيرا في الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وتؤثر بذلك على الإنتاجية الزراعية وبدلا من تحسين الزراعة وتطوير المنتجات الزراعية ينقلب الحال إلى إضعافها ورداءة منتجاتها كي تساهم المبيدات في تحويل الأفات الثانوية إلى آفات رئيسية وتعاني العديد من دول العالم الثالث من مشكلة الاستعمال الخاطئ للمبيدات حيث يضمن الكثير من المزارعين انه بزيادة استعمال المبيدات يمكن القضاء على الآفات الزراعية بشكل أفضل وبالتالي زيادة الإنتاجية، فضلا عن أن بعض المبيدات تبقى في التربة لمدة طويلة قد تزيد على عشرين عاما ولنا هنا أن نتخيل تأثيرات هذه المبيدات على التربة نفسها وعلى ما ينمو فيها من نباتات فالمركبات العضوية للمبيدات تستطيع البقاء سنوات عديدة في الأراضي بسبب ثباتها البيولوجي وتنقل المبيدات عاليه الثبات من مكان إلى آخر من خلال الماء والرياح.

وتشير العديد من البحوث إلى انه عند إضافة المبيد إلى التربة فان هنالك العديد من التحولات البيولوجية والبيئية التي تسهم بشكل كبير في تغيير خاصية ذلك المبيد اعتمادا على تركيزه وتركيبه الكيميائي وتلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا فعالا في التحولات المختلفة لذلك المبيد فتحوله إلى مركب ذي خصائص يختلف تماما عن خصائصه الأولية ثم تعمل على تفكيكه وتحليله إلى جزيئات تستطيع غرويات التربة امتصاصها أو تتحلل هذه الجزيئات مانيا لتنتقل منها العناصر المعدنية التي تدخل في تركيب المبيد لتقوم كائنات حية دقيقة أخرى بالتحولات المختلفة لها والتي تشمل المعدنة والتمثيل والثبوت والذوبان.

ومن أكثر أجناس الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تحليل المبيدات وتفككها مثل :- **Pseudomonas** , **Bacillus**, **Clostridium** , **Aspergillus** , **Alternaria spp** والفطريات **Calodsporium**.

ولأن أغلب المبيدات تدخل في تركيبها كل من المركبات الحلقية والهالوجينيات والكبريت والفوسفور والنيتروجينات فان هنالك علاقات وطيدة بين المبيدات التي تضاف للتربة والكائنات الحية الدقيقة فقد تعمل المبيدات على احداث العديد من الأضرار المختلفة على الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة نتيجة لزيادة تراكم بعض تلك المركبات السابق ذكرها على حاجة الكائن الحي الدقيق.

وعموما فان الكائنات الحية الدقيقة قد تعمل على التخلص من المبيد بواسطة التحلل (**Degradation**) وقد تعمل على إزالة سميته (**Detoxification**) كما قد تعمل على تنشيطه (**Activation**) وأيضا قد تسهم في إحداث تفاعلات إضافية.

### التلوث الكيميائي بالأسمدة (المخصبات) :

يعتبر التلوث الكيميائي أحد العوامل الأساسية لتدهور التربة ، فالاستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية وخاصة أسمدة الأمونيا بشكل مكثف يؤدي إلى تلويث مصادر المياه السطحية والجوفية خاصة أن النبات لا يستهلك بالضرورة كل كميات الأسمدة المضافة ، وبالتالي تجد الكميات الزائدة طريقها إلى المياه الجوفية والتربة ومياه الصرف والأنهار والبحيرات ، وقد يؤدي عدم الاتزان بين العناصر الغذائية داخل النباتات وتراكم كميات كبيرة من النترات في أوراق النباتات وجذوره إلى تغير في طعم الخضروات والفواكه وكذلك ألوانها ورائحتها وحيثما تنتقل مركبات النترات والنيتريت إلى جسم الإنسان عبر السلاسل الغذائية فإنها تسبب نوعا من فقر الدم عند الأطفال وسرطان البلعوم والمثانة عند الكبار.





فالمخصبات الزراعية **Fertilizers** المقصود بها علمياً هي تلك المركبات الكيماوية (غير العضوية) وبالتحديد الأسمدة الفوسفاتية التي تستخدم لزيادة خصوبة التربة الزراعية وإن استخدام المخصبات الزراعية ضمن الحدود المدروسة قد يكون له آثار ايجابية ويعود على الإنسان بالخير إلا إن الإسراف في استخدامها وسوء استخدامها كما ونوعاً ومكاناً وزماناً هو الذي يخل بمعادلة التوازن بين ما يحتاجه النبات من هذه المخصبات وما يضاف منها إلى التربة الزراعية ذلك ان الكميات الزائدة عن حاجة النبات من هذه المخصبات تحدث إضراراً بالغة في عناصر البيئة المحيطة بهذه التربة فعلاوة على إن هذا الجزيء المتبقي من المخصبات في التربة يعد إسرافاً ليس له مسوغاً من الناحية الاقتصادية فهو أيضاً يعتبر من عوامل تلوث التربة ويسبب كثير من الأضرار للبيئة المحيطة بهذه التربة وذلك ان ري التربة الزراعية المحتوية على قدر زائد من المخصبات الزراعية يجعل جزءاً من هذه المخصبات يذوب في مياه الري ويتم غسله من التربة بمرور الزمن حتى يصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية في باطن الأرض ويرفع بذلك نسبة كل من المركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه كما وتقوم مياه الأمطار بدور هام في هذه العملية فهي تحمل معها أيضاً بعض ما تبقى في التربة من هذه المركبات ويشترك بذلك كل من مياه الصرف الزراعي والمياه الجوفية ومياه الأمطار في نقل هذه المخصبات التي بقيت في التربة إلى المجاري المائية المجاورة للأرض الزراعية كالأنهار والبحيرات وغيرها.

إن الأسمدة المستخدمة في الزراعة تنقسم إلى نوعين

#### 1. الأسمدة العضوية

وهي تلك الناتجة من مخلفات الحيوانات والطيور والإنسان وكما هو معروف علمياً ان هذه الأسمدة تزيد من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء.

#### 2. الأسمدة غير العضوية

وهي تلك التي يصنعها الإنسان من مركبات كيميائية وهي تؤدي إلى تلوث التربة بالرغم من إن الغرض منها هو زيادة إنتاج الراضي الزراعية ولقد وجد المهتمون بالزراعة في بريطانيا إن زيادة محصول الفدان الواحد في السنوات الأخيرة لا تزيد على الرغم من الزيادة الكبيرة في استعمال الأسمدة الكيماوية إذ إن الاستعمال الواسع للأسمدة الكيماوية يؤدي إلى تغطية التربة بطبقة لا مساميه أثناء سقوط الأمطار الغزيرة بينما تقل احتمالات تكون هذه الطبقة في حالة الأسمدة العضوية.

وتقوم العديد من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة بالتحويلات الكيماوية المختلفة للعناصر المعدنية الموجودة في المخصبات الزراعية عن طريق المعدنة أو التمثيل المعدني أو الثبوت وقد استعاض في الوقت الحاضر عن تلك المركبات باستخدام الأسمدة العضوية من مخلفات الصرف الصحي ومخلفات الحيوانات والطيور لان لها العديد من الخصائص الجيدة التي تتفوق بها عن تلك المصنعة فإنها تتحلل في التربة تدريجياً كما تحتفظ بدرجة حرارة التربة وتلائم النشاط الميكروبي وتسهم في احتفاظ التربة بقوامها ورطوبتها و تلائم نمو العديد من الخضروات و الفواكه .

10-التوسع العمراني الذي أدى إلى تجريف وتبوير الأراضي الزراعية .

11-التلوث بواسطة المواد المرسبة من الهواء الجوي في المناطق الصناعية .

12-التلوث بواسطة المواد المشعة (التلوث الاشعاعي)

تحتوى التربة بطبيعتها على مواد مشعة ضمن مكوناتها (اليورانيوم، التوريوم)، علاوة على مصادر التلوث الاشعاعي غير الطبيعية مثل المخلفات الناتجة عن صناعة الوقود الذري وبقايا النظائر المشعة المستعملة في المجالات الطبية أو الزراعية أو الأبحاث العلمية أو نتيجة لسقوط الغبار الذري الناتج من التفجيرات النووية التي يحدثها الإنسان في كوكب الأرض.

13-التلوث بواسطة الكائنات الحية .

14-التلوث بالمعادن الثقيلة (التلوث الفيزيائي).







التلوث الفيزيائي هو ان تتلوث التربة بالمعادن الثقيلة مثل : الزئبق والكاديوم والرصاص والزرنيخ والزنك والألومونيوم والخاصين والنحاس والسيلينيوم وهي معادن سامة تتركز في أنسجة النباتات وثمارها وتنتقل عبر السلاسل الغذائية إلى الإنسان، وتصل هذه المعادن الثقيلة إلى التربة مع النفايات التي يتم طمرها في التربة أو مع مياه الري الملوثة أو نتيجة لتساقط المركبات العالقة في الهواء والحاملة لهذه المعادن، ويتميز العالم العربي بالتلوث الفيزيائي للتربة نظرا لحركة التنمية الصناعية وما صاحبها من تحضر سريع نتيجة لوجود البترول في أراضيه وما صاحبه من عمليات استخراج وإنتاج البترول ومعالجته ونقله وتصديره. ومن أشهر حوادث التلوث الفيزيائي للتربة المتعلقة بتسمم النباتات ما حدث في قرية «تويوما» اليابانية، فقد أصاب مرض عجيب أهالي القرية أفقدهم القدرة على الحركة وأصبحوا بعدها أقزاما، وقد حار الأطباء في معرفة سر ذلك المرض إلى أن توصلوا لان السبب هو سم «الكاديوم» الذي كان يلقي مع مخلفات أحد مصانع صهر الخاصين في مياه أحد الأنهار وانتقل السم إلى التربة الزراعية ثم إلى الأرز حيث لون حبوبه، وهو الطعام الرئيسي لدى اليابانيين

### الزئبق

يعتبر الزئبق من المعادن التي قد تختلط مركباته بالتربة والماء بسبب التخلص من نفايات ومخلفات المصانع ويسبب تلوث بمركبات الزئبق الى اصابة الإنسان باضطرابات في الجهاز العصبي المركزي يترتب عليها حدوث اعراض مثل: الأرق الاكتئاب النفسي والوسيان والتهاب اللثة والكلية.

### الكاديوم

يدخل عنصر الكاديوم في عدة صناعات ، مثل صناعات البلاستيك والبطاريات ، كما يختلط بالمعادن الخام ، مثل الزنك والنحاس والرصاص ، ولذلك فان الكاديوم يعتبر من المعادن التي تلوث التربة والماء ولقد دلت الدراسات على ان تلوث التربة والماء بالكاديوم يؤدي إلى اصابه الإنسان بامراض الكليه والرئه والقلب والعظام.

### الرصاص

من أهم مصادر تلوث التربة والماء والهواء رصاص المصانع التي تنتج البطاريات، كما يحدث هذا التلوث على اثر خروج عوادم السيارات في الطرق السريعة حيث تلوث التربة ومصادر المياه المجاوره لهذه الطرق. ويؤدي تلوث المحاصيل الزراعية ومياه الشرب بالرصاص الى اصابة الإنسان بامراض في الجهاز العصبي والهضمي والكلية والدم. ومرض الأنيميا .

- الهواء الملوث بعوادم السيارات أكثر خطورة على الصحة من تناول الأغذية الملوثة.
- أول أكسيد الكربون أخطر ملوثات الهواء على الصحة العامة والبيئة.
- لوجود الرصاص في أحبر الطباعة ينصح بعدم استخدام ورق الصحف لتغليف الأطعمة.
- من الأهمية بمكان تنقية الهواء من الرصاص.
- في لوس أنجلوس 720 حالة سرطان لكل مليون شخص ناتجة عن تلوث الهواء سنوياً.
- الحد الأقصى المسموح به من الرصاص في مياه الشرب 0,05 مللي جرام / ليتر.

محركات الديزل ومحركات البنزين من ملوثات التربة والهواء بصورة عامة، ولكن تعطي محركات الديزل طاقة أكبر بنسبة 25 في المئة في اللتر الواحد مما تعطيه محركات البنزين. ويشمل هذا الرقم نسبة 15 في المئة هي الزيادة في الطاقة الكامنة في الديزل مقارنة مع البنزين. لذا يمكن أن تستهلك محركات الديزل كمية أقل من الوقود لقطع مسافة معينة أو لأداء عمل معين، وبالتالي تنتج تلوثاً أقل. وتنفث محركات البنزين ضعفي ما تنفثه محركات الديزل من أكاسيد النيتروجين، و25 في المئة أكثر من الهيدروكربونات، وضعفي ما تنتجه محركات الديزل من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، لأن كفاءة الحرق في الديزل أفضل. لكن محركات الديزل تنتج نحو أربعة أضعاف ما تنتجه محركات البنزين من غاز ثاني أكسيد الكبريت.





وبما أن محركات الديزل تستخدم التحمية عند التشغيل، يسخن المحرك بسرعة مقارنة بمحركات البنزين. والمحرك، بصورة عامة، يصدر تلوثاً أكبر عندما يعمل بأقل من معدلاته الحرارية الاعتيادية، حيث يكون بارداً مثلاً، لذا تكون محركات الديزل أقل تلوثاً عند التشغيل أو في المسافات الصغيرة، بشرط أن تكون في حالة جيدة. كما أن وقود الديزل لا يضاف إليه الرصاص لتحسين كفاءته، لذا لا ينفث رصاصاً. لكنه قد ينتج من الجزيئات أكثر 40 في المئة مما ينتجه محرك البنزين. وتشجع بلدان أوروبية كثيرة على استخدام الديزل باعتباره أقل تلوثاً، فازداد استخدام الديزل في بريطانيا مثلاً من 5 إلى 25 في المئة وهي في ازدياد مستمر

### الزرنبيخ

تلوث التربة ومصادر الماء بالزرنبيخ في الأماكن القريبة من مصانع صهر المعادن مثل النحاس والرصاص والزنك ، ويعتبر احتراق الفحم واستعمال مبيدات الآفات التي تحتوي على عنصر الزرنبيخ من أهم مصادر تلوث التربة والماء بالزرنبيخ وتسبب الم وهن العضلات واصابات جلديه وامراض الجهاز الهضمي والكبد الكليه والاعصاب.

### 15- التلوث عن طريق الامطار الحمضية

سقوط الأمطار الحمضية وهي الأمطار التي تحتوي على الكبريتيك والنيتريك اللذين يؤثران على الكائنات الدقيقة في التربة فيختل التوازن بين هذه الكائنات مما يؤدي الى فقد بعض الأملاح والعناصر الهامة الموجودة بالتربة.

### 16- التلوث بواسطة مواد مسرطنة كالأسبستوس وبعض المركبات العضوية.

### 17- ملوثات اخرى

وهي الملوثات المصاحبة أو الذائبة في مياه الري أو المياه الجوفية، أو عن طريق الكائنات الدقيقة الموجودة في مياه الصرف مثل الديدان المعوية المسببة للكوليرا وفيرس الكبد الوبائي وكلها تنتقل للإنسان عن طريق الأغذية.

ويمكن تلخيص أهم المركبات الملوثة كالتالي :

- 1- المعادن السامة للنبات : الرصاص والكاميوم والزنك والزنبيق و الزرنبيخ .
- 2- الملوثات العضوية : الزيوت والمذيبات والأسفلت والمركبات الفينولية.
- 3- الكبريتات والأحماض .
- 4- غازات سامة : الميثان وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.
- 5- مواد مسرطنة: الأسبستوس وبعض المركبات العضوية والعناصر الثقيلة.





## الفصل الثاني - أنواع الخلل الذي يصيب التربة

يمكن تصنيف انواع الخلل الذي يصيب التربة كالاتي :

أولاً:- خلل فيزيائي ويشمل

- 1- بناء التربة
- 2- إزالة مواد غروية.
- 3- تكوين طبقة غير نفاذة للجذور.
- 4- صرف الماء الزائد.

ثانياً :- خلل كيميائي

- 1- تغيير الأس الهيدروجيني PH بشكل متطرف .
- 2- تغير ملوحة التربة ( قابلية التوصيل الكهربائي ) .
- 3- تجوية كيميائية لمعادن الطين .
- 4- وجود معادن ثقيلة .
- 5- نقص الأوكسجين .

ثالثاً :- خلل حيوي

- 1- انخفاض أعداد حيوانات التربة .
- 2- وجود مسببات مرضية.

تنقسم الملوثات الكيميائية في التربة إلى:

أولاً:- ملوثات عضوية Organic Pollutants

1-هيدرو كاربونات عطرية حلقة Aromatic Polycyclic Hydrocarbons ومصادرها

- احتراق الفحم والبتروك والخبث
- إسفلت
- فطران الفحم
- انبعاثات عوادم السيارات-الشحوم

2-النترو العطرية Nitro Aromatic

ومصادرها (القتابل-المبيد الحشري-المبيد البكتيري)

3-الفينولات وانيلينات Phenols, Anilines

ومصادرها:- (المبيدات البكتيرية،مياه الصرف للمصانع،مواد الصباغة،مبيدات الادغال )







#### 4-الهالوجينات العطرية Halogenated Aromatic

ومصادرها :- (مبيدات الحشائش، حرق المخلفات الطبية والمخلفات الصلبة ، احتراق البترول والفحم والأطارات، مناجم الرصاص) .

#### 5 -الهالوجينات الأليفاتية Halogenated Aliphatic

ومصادرها :- صناعة البلاستيك.

#### 6-المبيدات Pesticides

ومصادرها :- (الزراعة، صناعة المبيدات) .

#### 7- منتجات البترول

ومصادرها :- (صناعة تكرير البترول، السيارات ووسائل النقل، الصناعة)

#### ثانياً:- ملوثات غير عضوية Inorganic Pollutants وتشمل

1-العناصر الثقيلة والنادرة.

2-النتروجين.

3-النظائر المشعة.

#### الأضرار الناجمة عن تلوث التربة (الاثار المترتبة عن تلوث التربة)

يترتب على تلوث التربة حدوث مشكلات تتعلق بصحة الإنسان وغذائه وكسائه، وقد يحدث تلوث التربة بوسائل مباشرة، مثل استخدام مبيدات الآفات في الأغراض الزراعية أو تلوث التربة بنفايات المصانع وعوادم السيارات، وقد تتلوث التربة بطريقة غير مباشرة، وذلك عندما يختلط بها الماء الملوث بالمواد الكيميائية، ويؤدي تلوث التربة إلى ضعف خصوبتها وانخفاض إنتاج المحاصيل الزراعية، وتؤثر بعض المواد الكيميائية الضارة في النبات وتكوينه الطبيعي، مما يترتب عليه انخفاض في قيمته الغذائية. ولا يقتصر اثر تلوث التربة على النبات فحسب، بل يمتد الأثر ليشمل الإنسان والحيوان، حيث يؤدي تلوث المحاصيل الغذائية بالكيماويات الضارة إلى إصابة الإنسان بالأمراض بسبب تناوله للأغذية الملوثة سواء كانت أغذية نباتية أو حيوانية، ولا شك أن الثروة الحيوانية أيضاً تتأثر بسبب تلوث التربة بالكيماويات الضارة، حيث تصاب الماشية والأغنام والطيور والدواجن بالأمراض التي تؤدي إلى انخفاض الإنتاج الحيواني المحاصيل الزراعية، وتؤثر بعض المواد الكيميائية الضارة في النبات وتكوينه الطبيعي مما يترتب عليه انخفاض في قيمته الغذائية .

ويعتبر إلقاء مخلفات ونفايات المصانع والنباتات والحيوانات النافقة ونفايات المنازل في مياه الأنهار والبحيرات، وكذلك استخدام المبيدات الحشرية في صيد الأسماك، من أهم عوامل تلوثها بالكيماويات الضارة، وبخاصة مركبات المعادن، مثل الزئبق والرصاص والكاديميوم، والتي بينا من قبل أثرها في صحة الإنسان، حيث تسبب الإصابة بالأمراض الخطيرة، بالإضافة إلى أن بعضها يضعف من خصوبة الإنسان والحيوان، ويسبب حدوث التشوهات البدنية في أجنة الأمهات التي يشربن من هذه المياه الملوثة . وقد تتلوث مياه الأنهار والبحيرات أيضاً بالمكروبات والطفيليات التي تسبب الأمراض المعدية والطفيلية، وذلك إذا ما تسربت مياه المجاري إلى الأنهار أو البحيرات، أو إذا تلوث مياه هذه المصادر بإفرازات الإنسان أو الحيوان.

وثمة مشكلة أخرى تتعلق بمياه الأنهار والبحيرات وهي مشكلة نمو الطحالب والنباتات المائية التي تتكاثر تكاثراً يؤدي إلى تغطية سطح الماء، ويترتب على هذا إفساد الجمال الطبيعي للأنهار والبحيرات وانعدام الاستمتاع بها، بالإضافة إلى عرقلة الملاحة والري وتوليد الطاقة الكهربائية، ومن المشكلات التي تنجم عن تكاثر الطحالب المائية نقصان الأكسجين الذائب في الماء بسبب تكاثر المكروبات على الطحالب واستنفادها للأكسجين، وهذا يؤدي إلى هلاك الأسماك والكائنات المائية الأخرى.





كما ان للتصنيع والتكنولوجيا الحديثة آثاراً سنية في البيئة، فانطلاق الأبخرة والغازات وإلقاء النفايات أدى إلى اضطراب السلاسل الغذائية، وانعكس ذلك على الإنسان الذي أفسدت الصناعة بيئته وجعلتها في بعض الأحيان غير ملائمة لحياته .

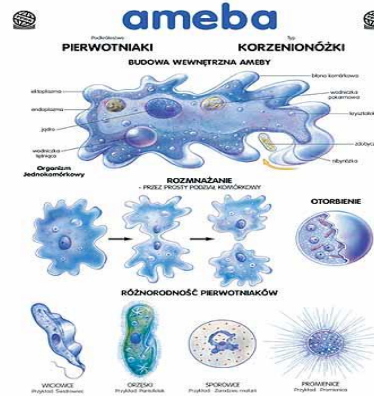
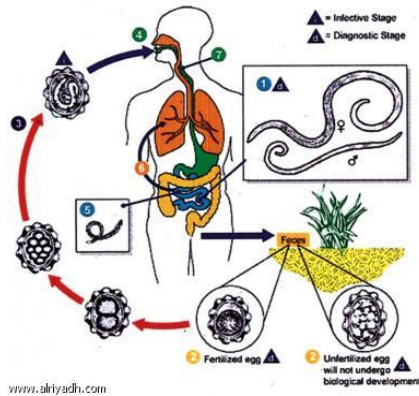
مصادر تلوث الجو تشمل المصانع ووسائل النقل والانفجارات الذرية والفضلات المشعة، كما تتعدد هذه المصادر وتزداد أعدادها يوماً بعد يوم، ومن أمثلتها الكلور، أول ثاني أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكبريت، أكسيد النيتروجين، أملاح الحديد والزنك والرصاص وبعض المركبات العضوية والعناصر المشعة. وإذا زادت نسبة هذه الملوثات عن حد معين في الجو أصبح لها تأثيرات واضحة على الإنسان والتربة وعلى كائنات البيئة.

إن للنظم البيئية المائية علاقات مباشرة وغير مباشرة بحياة الإنسان، فمياها التي تتبخر تسقط في شكل أمطار ضرورية للحياة على اليابسة، ومدخراتها من المادة الحية النباتية والحيوانية تعتبر مدخرات غذائية للإنسانية جمعاء في المستقبل، كما أن ثرواتها المعدنية ذات أهمية بالغة.

من أهم التأثيرات التي تنجم عن التربة الملوثة ما يلي :

1- التأثيرات الصحية : وذلك من خلال ملامسة التربة الملوثة للجلد أو ابتلاع التربة الملوثة أو شرب المياه التي قد يكون تسربت إليها الملوثات من التربة أو إستنشاق الغازات السامة والغبار الذي يحتوي على مواد ضارة أو تناول المنتجات الزراعية من المناطق الملوثة.

تعتبر الأميبيا والإسكارس من الطفيليات المعوية الموجودة في مياه الملوثة وتنتقل للإنسان نتيجة تناوله الخضروات الملوثة بتلك المياه.



2- التأثيرات البيئية : قد تسبب الملوثات في تسمم النباتات والحيوانات والنظام البيئي ككل مثل ارتفاع ملوحة الأرض و التصحر التربة حيث تشير الإحصائيات إلى أن حوالي 18 % من المساحة الإجمالية للأراضي الخضراء أصبحت تحت تأثير التصحر وتراجعت المساحة الخضراء بشكل كبير خصوصا بالبلدان المجاورة للصحراء الكبرى .

3- التأثيرات الإقتصادية : من أهم نتائج الأراضي الملوثة فقدان قيمتها وقد تتوقف عن الإنتاج الزراعي نقص المواد الغذائية اللازمه لبناء الإنسان ونموه، وعلي نحو أعم مسؤولة عن حياته على سطح الأرض .



فتلوث التربة يؤدي الى ضعف خصوبة التربة وانخفاض انتاج المحاصيل الزراعية وتؤثر بعض المواد الكيميائية الضارة على النبات وتكوينه الطبيعي مما يترتب عليه انخفاض في قيمته الغذائية أما التصحر فهو يؤثر على الحالة الاقتصادية للبلاد، حيث يؤدي إلى خسارة تصل إلى 40 بليون دولار سنوياً في المحاصيل الزراعية وزيادة أسعارها.

و بالتالي في كل عام يفقد العالم حوالي 691 كيلومتر مربع من الأراضي فالتعرية سبب أساسي في خراب التربة التي تؤدي بدورها إلى انخفاض كبير جدا في الإنتاج الغذائي. وخير دليل على ذلك... الهند... لقد تأثرت الهند بتعرية التربة وفقدت بين 25 إلى 30 في المائة من إجمالي الأراضي الزراعية ، وكذلك أخذ إجمالي مساحة الأراضي الزراعية في أمريكا اللاتينية وآسيا وإفريقيا يتقلص بحوالي 544 مليون هكتار على المدى البعيد بسبب تعرية التربة وفقدانها لخصوبتها.

4- اختفاء مجموعات نباتية وحيوانية أو بمعنى آخر انقراضها .

5- تلحق الضرر بالكائنات الحية الأخرى:

- أ- الإضرار بالثروة السمكية .
- ب- هجرة طيور كثيرة نافعة .
- ج- الإضرار بالشعب المرجانية، والتي بدورها تؤثر على الجذب السياحي وفي نفس الوقت علي الثروة السمكية حيث تتخذ العديد من الأسماك من هذه الشعب المرجانية سكناً وبيئة لها .

6- تلوث المياه الجوفية

بفعل تسرب المواد الكيميائية المستعملة في الزراعة







## الفصل الثالث كيفية تقييم ومعالجة تلوث التربة

### اولاً كيفية تقييم ومعالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية

إن مشكلة تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية تعتبر من اخطر المشاكل فهي تحصل دائما في المراكز المخزنة والموزعة للمواد البترولية نتيجة التخلص من مخلفات تنظيف خزانات المواد البترولية، التسربات الحاصلة في أثناء عملية التعبئة غير النظامية لسيارات الشحن التي تقوم بتوزيع المواد البترولية من المراكز إلى المحطات، اختلاط المياه التي تنظف ساحات التعبئة بالمواد البترولية وجريانها وتسربها إلى البيئة المحيطة ويؤثر هذا التلوث الماء والهواء ايضاً عن طريق الأبخرة الناتجة عن المواد الهيدروكربونية التي تسبب أمراضاً سرطانية والتهابات رئوية مزمنة للعاملين في المركز ولقاطني المنشآت المجاورة حيث تتسرب المواد البترولية إلى المياه الجوفية ومنها إلى الآبار المستخدمة بوصفها مصدراً لمياه الشرب ولري الأراضي الزراعية، والتربة: حيث يحدث التلوث بالمياه الحاملة للمواد الهيدروكربونية والتي تتسرب إلى التربة عن طريق حركة المياه الجوفية مما يؤدي إلى عدم الاستفادة من تلك الأراضي وإخراجها عن نطاق الاستثمار.

ونتيجة المخاطر التي يسببها تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية على الإنسان والبيئة، يجب دراسة انعكاس تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية على خواصها الجيوتكنيكية وتقديم لمحة عن الطرائق المتبعة عالمياً لمعالجتها. كذلك دراسة تقييمية لواقع التلوث بالمراكز البترولية تشمل الأعمال الحقلية والمخبرية ومنهجية تقييم مدى التلوث وأسس التنفيذ الهندسية لمعالجة تربة الموقع الملوثة.

المواد الهيدروكربونية هي مجموعة من المركبات التي نحصل عليها من تقطير البترول والتي تصنف بالفحوم الهيدروجينية، وهذه تنقسم بدورها إلى فئتين: مركبات مشبعة، ومركبات غير مشبعة. تتميز المركبات غير المشبعة بإمكانية ارتباطها بعناصر مختلفة لوجود روابط حرة في ذراتها. وينتج عن تقطير البترول مركبات خفيفة (الغاز الطبيعي والبنزين) ومركبات متوسطة (الكيروسين) ومركبات ثقيلة (زيوت التشحيم والديزل والفيول) إذ تؤثر كثافة هذه المركبات في تلوث التربة ومن ثم في اختيار الطريقة الأنسب لمعالجة التربة.

#### 1- تقييم موقع التربة الملوثة وأخذ العينات :

وذلك بإجراء تحريات حقلية في البؤر الأكثر تلوثاً، والحصول على عينات تربة تمثل واقع التلوث من حيث نوعية التربة، وعمق التلوث، والفترة الزمنية التي مضت عليه، وبناءً على هذه التحريات يتم اقتراح من الناحية الفنية والاقتصادية أفضل طرائق المعالجة والتي يمكن اتخاذها من أجل الحد من انتشار واقع التلوث ومعالجته.

\* يرمز للموقع ب L1 وللموقع الثاني L2 وهكذا  
الموقع الملوث قد يكون مستطيل (مثال 4×13 متر) بعمق واحد او اثنين متر محجوز بسواتر ترابية  
وقد يكون الموقع الملوث دائري بقطر 15 متر وبعمق 2 أو 3 متر وهكذا

\* يرمز للحفرة والعينة ب TP1 وللعينة الثانية TP2 وهكذا.

#### من الموقع الواحد تؤخذ 9 عينات :

- \*تؤخذ 3 عينات مخبرية من حفرة على عمق 3 أمتار تحت بؤرة التلوث بوزن 1 كيلو جرام للعينة.
- \*تؤخذ 3 عينات مخبرية من ثلاث حفر على عمق 3 أمتار بعيدا 5 أمتار عن بؤرة التلوث (من أطراف موقع التلوث الثلاثة) بوزن 1 كيلو جرام للعينة.
- \*تؤخذ 3 عينات غير ملوثة من حفرة على عمق 3 أمتار بالقرب من الموقع لمقارنة خواصها بخواص العينات الملوثة.
- ((نتائج التحاليل تكون دائما بالمقارنة مع العينات غير الملوثة))





\*توضع كل عينة في كيس بلاستيكي (لكل موقع لون كيس مختلف) وتخلط جيدا وتكتب ورقة وتوضع بداخل الكيس تبين الموقع والتاريخ والعمق ولون التربة مع وجوب نشر العينة لتجف 24 ساعة قبل اخضاعها للتحليل (لا ينصح بوضعها في فرن التجفيف لأن الفرن يسبب تطاير لبعض مكونات التلوث ويؤدي الى فقد بعض من خصائص التربة).

\*ملاحظة : في حالة التلوث غير النفطي "الزراعي مثلاً بالمبيدات" تؤخذ العينات كالتالي العينة السطحية تكون بعمق من 0 حتى 30 سم بوزن 1 كيلو جرام والعينة تحت سطحية تكون بعمق من 30 حتى 60 سم بوزن 1 كيلو جرام.

\*تصنيف التربة في الموقع يمكن تقسيمه إلى ثلاثة مجموعات رئيسية هي :

- التربة الحبيبية Granular Soils وتشمل الرمل والحصى sand & Gravel .
- التربة الناعمة Fine – Grained Soils وتشمل الطين clay والطيني silt .
- التربة العضوية Organic Soils وتشمل الخث والطين والطيني العضوي Organic matters .
- الخث: (peaty soil) هو نسيج نباتي نصف متفحم يتكون بتحلل النباتات تحللاً جزئياً).

\*تصنيف التربة عموماً يمكن تقسيمه إلى أربعة مجموعات رئيسية هي :

- التربة الرملية ( التربة الخفيفة ) sandy soil
- التربة الطينية ( التربة الثقيلة أو الغروية أو الغضارية ) clay soil
- التربة السلتية (الطيني أو غرين) silty soil
- التربة الطفالية loamy soil وهي افضل تربة للزراعة مكونة من 15%sand+55%ilt+30%clay

### \* قوام أو نسيج التربة Soil Texture

يعرف قوام أو نسيج التربة (soil texture) بأنه نسبة من حبيبات الرمل والطين لعينة من التربة لا يزيد حجم الحبيبات عن 2 مم ،

قوام التربة هو اصطلاح يعبر عن درجة نعومة او خشونة حبيبات التربة باستخدام النسب المئوية لمجاميع حبيباتها الرئيسية وهي حبيبات مخلوط التربة من الرمل Sand والطيني Silt و الطين Clay ويتم تعيين وتحديد قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكي.

حيث ان التحليل الميكانيكي للتربة mechanical analysis of soil هو سلسلة العمليات التي تجرى على عينة التربة في المختبر لمعرفة النسبة المئوية لكل مجموعة من مجموعات حبيباتها.(قوام التربة) باستخدام الاجهزة او الاختبارات التالية :

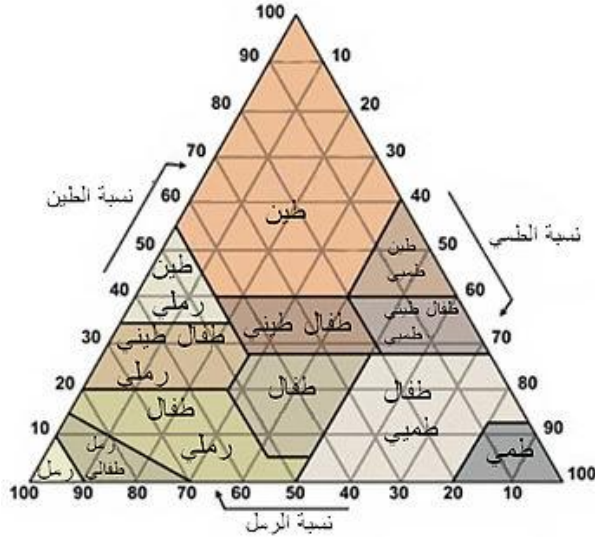
- 1- طريقة المناخل sieves method يستخدم لفصل حبيبات الرمل، باستخدام مناخل ذات فتحات
- 2- طريقة الهيدروميتر hydrometer method يستخدم لفصل الطمي والطين عن طريق الترسيب في الماء، باستخدام الهيدروميتر
- 3- طريقة الماصة pipette method

بعدها يحدد قوام التربة، باستخدام مثلث القوام وهو مثلث متساوي الأضلاع، يمثل كل ضلع فيه النسبة الوزنية لإحدى المجموعات الحجمية، كنسبة مئوية، ابتداءً من صفر حتى 100% فالضلع الأول للمثلث، يمثل نسبة الطين أقل من 0.002 مم في عينة التربة، والضلع الثاني يمثل نسبة الطمي 0.002 مم- 0.05 مم والضلع الثالث، يمثل نسبة الرمل 0.05 مم- 2مم، ويقسم مثلث قوام التربة الترب إلى اثني عشر قسماً،





حسب النظام الأمريكي الحديث ، ثم بعد ذلك يتم تعيين النسب في المثلث بتوصيل النقاط مع بعضها ونقطة التقاطع تمثل نوع التربة.



ويحدد قوام التربة العديد من خواصها الفيزيائية الأخرى، كمعدل رشح الماء في التربة، ومدى احتفاظها به، ومقدار تهوية التربة وتماسكها. ويعد النظام الأمريكي لتحديد فئات الأحجام المختلفة لحبيبات التربة، هو الأكثر شيوعاً بين الأنظمة الأخرى ، لما يمتاز به من عدد أكبر للفئات؛ ما يعطي مرونة أكبر.

## 2- اجراء التحاليل المخبرية على العينات

### (1) معدات اختبار التربة بالمختبر Apparatus :

- 1- جهاز الضغط الثلاثي المحور ، UU ، CU ، CD .
- 2- جهاز الاندماجية .
- 3- جهاز القص المباشر .
- 4- جهاز قياس معدل كالبفورنيا للتحمل (CBR)
- 5- أجهزة تصنيف التربة.
- 6- جهاز كازاغراندي casagrande (جهاز حد السيولة)
- 7- الاجهزة الكروماتوجرافية الحديثة التي تستخدم لمعرفة نوع وتركيز المواد الهيدروكربونية بعينات التربة والمياه ومياه الصرف وهي كالتالي:  
 جهاز التحليل بأستخدام الأشعة تحت الحمراء (FTIR)  
 جهاز التحليل الكروماتوجرافي السائل فانق الجودة (HPLC)  
 جهاز التحليل الكروماتوجرافي الغازي المزود بكاشف كتلة (GC-MS/MS)  
 الجهاز الكروماتوجرافي الغازي والغازي السائل  
 (Gas Chromatography GC & liquid Chromatography)  
 Gas Chromatography: GC الجهاز الكروماتوجرافي الغازي  
 liquid Chromatography GLC الجهاز الكروماتوجرافي الغازي السائل  
 الجهاز كروماتوجرافي السائل عالي الأداء  
 (High Performance Liquid Chromatography : HPLC )  
 8- أجهزة قياس المحتوى الرطوبي





جهاز قوالب الجبس: يستخدم لتقدير المحتوى الرطوبي وزناً.  
جهاز التنشيومتر ( جهاز الشد الرطوبي ) **tensiometers** يستخدم لتقدير الشد الرطوبي.  
جهاز العكسي الزمني **Time Domain Reflectometer (TDR)** يستخدم لتقدير المحتوى الرطوبي حجماً.

## (2) تخضع جميع العينات للتجارب والتحليلات الآتية "ملخص":

يتم إجراء تجارب مخبرية لتحديد الخواص الفيزيائية ( المواصفات الجيوتكنيكية "الجيوتقنية" ) للتربة الملوثة والتربة غير الملوثة القريبة منها لمقارنتهما ببعض لبيان مقدار اثر التلوث الحاصل على خواص التربة وتكوين جداول المقارنات بغرض تحديد نوع المعالجة المطلوبة ... حيث ان خواص التربة السبعة الاساسية تتمثل في :

**حد السيولة ( LL ) % Liquid limit**

**معامل اللدونة PI (قرينة أو مؤشر اللدونة) % Plasticity Index**

**نسبة المار من المنخل sieves 200**

**نسبة الرطوبة % Water Content, wc**

**معامل النفاذية Permeability** الوحدة هي (سم/ثا)

**قيمة الكثافة الجافة العظمى Y d-max**

**الوزن النوعي النسبي Specific Gravity , SG**

فاذا كانت نتيجة التحليل :

1- الزيادة في **حد السيولة ( LL ) % Liquid limit** (من العينات غير الملوثة الى الملوثة) يعطي دليل تلوث في التربة .

حيث ان حد السيولة هو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة ، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً .

ويتم التحصل على قيمة حد السيولة % بعد تطبيق التجربة باستخدام جهاز **Gasagrande** ونسجل بعدها قيمة حد السيولة الذي هو قيمة المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة على الجهاز بعد 25 ضربة. (قيمة حد السيولة % تستعمل في المقارنات وفي حسابات اندماجية التربة).

2- الزيادة في معامل اللدونة **PI (قرينة أو مؤشر اللدونة) % Plasticity Index** (من العينات غير الملوثة الى الملوثة) يعطي دليل تلوث (من 2% الى 10% تلوث متوسط واعلى من ذلك تلوث عالي).

حيث ان حد اللدونة : **Plastic Limit ( PL )** وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة ويتم ايجاد معامل اللدونة **PI (قرينة أو مؤشر اللدونة) %** من المعادلة التالية:

**Plasticity Index, PI = LL- PL**

(حيث ان **LL** تعني حد السيولة **Liquid limit** و **PL** تعني حد اللدونة **Plastic Limit** )

وهذا يعني انه يجب الحصول على حد السيولة وحد اللدونة والفرق بينهما هو معامل اللدونة.

ويتم التحصل على قيمة حد اللدونة على اساس انها قيمة المحتوى المائي عندما يبدأ خيط من التربة قطره **3mm** في التشقق و التفتت بعد دحرجته على لوح زجاجي مخصص لهذا الغرض.

معامل اللدونة يستخدم في معرفة تصرف التربة **Soil Behavior** وكذلك في معادلات الربط لقوة تحمل التربة ومعرفة ما إذا كانت التربة انتفاخية أو انهيارية بمعنى اخر معرفة (احتمالها للانضغاط ومقاومة الاحمال).

(قيمة معامل اللدونة % تستعمل في المقارنات).

\* يستعمل حد السيولة و حد اللدونة في تصنيف التربة وتعريفها هل هي طمي **Silt** او طين **Clay**

\* يستعمل حد السيولة و حد اللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة (احتمالها للانضغاط ومقاومة الاحمال)



### 3- نسبة المار من المنخل 200 Sieves

عدم مرور العينة الجافة من خلال المنخل رقم (200) يعني عدم القدرة على تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية أي أن التربة ملوثة.

4- الزيادة في نسبة الرطوبة Water Content,wc (%) (من العينات غير الملوثة الى الملوثة) يعطي دليل تلوث.

تستخدم الطريقة الوزنية او طريقة التجفيف في الفرن لتحديد نسبة الرطوبة وذلك بأخذ عينة من التربة ووزنها ثم تجفيفها في فرن كهربى على درجة 105 مئوية لمدة 24 ساعة ثم وزنها والفرق يعطي وزن الرطوبة وبالقسمة نتحصل على المحتوى الرطوبي الكتلي او الاصولي % .

وزن الرطوبة في العينة = وزن عينة التربة الرطبة - وزن عينة التربة الجافة تماماً  
وزن الرطوبة في العينة

المحتوى الرطوبي الكتلي =  $\frac{\text{وزن الرطوبة في العينة}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}}$

5- انخفاض في معامل النفاذية Permeability الوحدة هي (سم/ثا) (من العينات غير الملوثة الى الملوثة) يعطي دليل تلوث.

النفاذية Permeability هي خاصية التربة التي تسمح بمرور الماء خلال فراغاتها. فالترربة ذات الحبيبات الخشنة لها نفاذية اعلى من التربة ذات الحبيبات الناعمة وبالتالي فان انخفاض النفاذية تعني زيادة القابلية للتلوث.

حيث ان انخفاض معامل النفاذية Permeability للعينة يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية (وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة)

هناك طريقتان لتحديد معامل النفاذية

1- اختبار الجهد الثابت Constant head test باستخدام جهاز الضغط الثابت عن طريق هذا الجهاز يتم تحديد معامل النفاذية للتربة الغير متماسكة والتي لها نفاذية عالية مثل الرمل والحصى.

2- اختبار الجهد المتغير Falling head test باستخدام جهاز متغير الجهد عن طريق هذا الجهاز يتم تحديد معامل النفاذية للتربة المتماسكة مثل الطمي وبعض انواع التربة التي تكون نفاذيتها منخفضة .

مثال

عند مقارنة عينة غير ملوثة بعينة ملوثة نلاحظ انخفاض قيمة معامل النفاذية من  $10^{-4} \times 1.35$  سم/ثا للعينة الغير ملوثة الى قيمة  $10^{-5} \times 1.22$  سم/ثا للعينة الملوثة (الفرق كبير يعني تلوث كبير والمتوسط متوسط) وهكذا تجري المقارنات بين العينات التي في بؤرة التلوث والتي ابعد قليلا من بؤرة التلوث بـ 5 أمتار وكذلك التي على اطراف موقع التلوث فكلها تقارن بالعينات الغير ملوثة ثم تقارن العينات الملوثة بعضها البعض.

6- انخفاض في قيمة الكثافة الجافة العظمى Y d-max في (تجربة الارتصاص أو اختبار بروكتور القياسي) Standard Proctor Test يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية .(وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة)

اختبار الدمك أو الدمك يسمى باختبار " البروكتور " نسبة إلى العالم " بروكتور " الذي اكتشف عملية الدمك ويتمثل الاختبار بدمك عدة عينات من نفس التربة بجهد ثابت وبنسب رطوبة مختلفة لاستنتاج الكثافة الجافة العظمى Y d-max و نسبة المياه الحرجة OMC المناظرة لها عن طريق معادلة ورسمها .





الغرض من اختبار بروكتور القياسي هو تحديد أقصى كثافة جافة Y d-max (الكثافة الجافة العظمى) للتربة وكذلك تحديد نسبة المياه الحرجة OMC المناظرة لها حيث ان انخفاض قيمة الكثافة الجافة العظمى Y d-max يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية. (وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة) فعندما تكون التربة أقل من نسبة المياه الحرجة OMC فإنها تكون خشنة وصعبة الدمك وعندما تكون التربة أكبر من نسبة المياه الحرجة OMC فإنها تكون قابلة للحركة والانزلاق والتباعد اثناء الدمك . الكثافة الجافة العظمى (كن م3) هي الوزن الحجمي الأعظمي الجاف (كن م3).

#### 7- الوزن النوعي النسبي Specific Gravity , SG

لا يستخدم هذا الاختبار للتربة الملوثة بل للتربة غير الملوثة القريبة من موقع التلوث فقط لتوضيح نوع التربة في الاساس. يستخدم الوزن النوعي في حساب نسبة الفراغات في التربة عند معرفة نسبة الرطوبة ووحدة الوزن ، وهذا الاختبار من الاختبارات الصعبة والتي يمكن الاستعاضة عنه باستخدام القيم الموضحة في الجدول نظراً لتقاربها : الوزن النوعي لأنواع التربة .

نوع التربة	الوزن النوعي
ركامية	2.65 – 2.68
رملية	2.65 – 2.68
طينية	2.62 – 2.68
طينية عضوية	2.58 – 2.65
طينية غير عضوية	2.68 – 2.75
التربة العضوية	أقل من 2

وفي العادة تكون قيمة الوزن النوعي 2.67 للتربة المفككة و 2.70 للتربة الطينية الغير عضوية.

نتيجة التجارب المخبرية السابقة نكون قد حصلنا على :

المواصفات الجيوتكنيكية "الجيوتقنية" لخواص التربة

الموقع L3		الموقع L2		الموقع L1		خواص التربة
تربة غير ملوثة	تربة ملوثة	تربة غير ملوثة	تربة ملوثة	تربة غير ملوثة	تربة ملوثة	
46.5	51.2	44.8	50.2	48.2	65.2	حد السيولة ( LL ) % Liquid limit
24.3	26.9	19.8	23.0	22.6	29.6	معامل اللدونة PI (قرينة أو مؤشر اللدونة) %Plasticity Index
55%		27%		41%		نسبة المار من المنخل sieves 200
14.9	15.2	14.0	14.0	14.8	14.4	نسبة الرطوبة (%)Water Content,wc
10 <sup>-7</sup> x3.44	10 <sup>-8</sup> x2.11	10 <sup>-2</sup> x2.58	10 <sup>-3</sup> x3.87	10 <sup>-4</sup> x1.35	10 <sup>-5</sup> x1.22	معامل النفاذية Permeability الوحدة هي (سم/ثا)
18.7	17.4	17.7	17.5	18.1	17.3	قيمة الكثافة الجافة العظمى Y d-max
2.70		2.73		2.72		الوزن النوعي النسبي Specific Gravity , SG







### (3) تخضع جميع العينات للتجارب والتحليلات الآتية "تفصيل":

1- تحليل المواد الهيدروكربونية الكلية **Total Petroleum Hydrocarbons TPH (ASTM D473)** لمعرفة تراكيز المواد الهيدروكربونية بالعينات الملوثة وغير الملوثة "قياسية" ثم مقارنة النتائج لمعرفة مدي التلوث بالعينات (متوسط او عالي)

وذلك بغمس العينة في مقدار من الماء ثم ترشيحها " بعد رجها جيداً " باستخدام أوراق ذو فتحات مسامية **0.45** ميكرون ثم يتم تقدير النسبة المئوية للدهون في المواد العالقة حسب الطريقة المعتمدة من قبل **I.U.P.A.C1979**

ثم تستخلص الهيدروكربونات النفطية الدقائقية باستخدام طريقة الاستخلاص المتقطع **Soxhlet Intermittent Extraction** وإستخلاص الهيدروكربونات النفطية الذائبة في الماء اعتمدت الطريقة **IOC /WMO1976**

وهناك عدد من الاجهزة الحديثة تستخدم لمعرفة انواع وتراكيز المواد الهيدروكربونية بالعينات وهي كالتالي:

**A- جهاز التحليل باستخدام الأشعة تحت الحمراء (FTIR)**  
يستخدم جهاز تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء لكشف وتحديد تركيزات المركبات الهيدروكربونية البترولية والزيوت و الشحوم.

**B- جهاز التحليل الكروماتوجرافي السائل فائق الجودة (HPLC)**  
يمكن لهذا الجهاز الكشف كميًا على الكثير من المركبات العضوية مثل مبيدات الكريبات و الاكرباميد في المياه الخام و المياه المعالجه وكذلك في مياه الآبار و عينات مياه الصرف. هذا الجهاز مزود بكاشفين و الذي يسمح بتطبيق معظم الطرق القياسيه **EPA** الموصى بها لجهاز التحليل الكروماتوجرافي السائل فائق الجودة ويقوم هذا الجهاز بتحليل **90** عينه في دوره التشغيل الواحدة.

**C- جهاز التحليل الكروماتوجرافي الغازي المزود بكاشف كتلة (GC-MS/MS)**  
وهذا الجهاز له قدره على الكشف عن عدد كبير جدا من المركبات العضويه حيث انه مزود بمكتبه تحتوي على رسوم كروماتوجرافيه لحوالي **750000** مركب ويمكن لهذا الجهاز تحليل حوالي **100** عينه في دوره التشغيل الواحدة ويعد من احدث الاجهزه في العالم وتم ضمه للمعمل المركزي حديثا.

2- تحاليل وتجارب لتحديد الخواص الفيزيائية (المواصفات الجيوتكنيكية او الجيوتقنيه) بالعينات الملوثة وغير الملوثة ثم مقارنة النتائج.

اولاً التحليل الحبي للتربة ( أو تحليل التدرج الحبيبي للتربة أو طريقة المناخل **Sieves Method** )  
وهو احدى طرق التحليل الميكانيكي لمعرفة قوام التربة

#### Grain Size Distribution (Sieve Analysis)

يستخدم اختبار التدرج الحبيبي ( الميكانيكي ) في تصنيف التربة عن طريق التحليل المنخلي لها **Sieve Analysis** باستخدام المناخل التي تتراوح فتحاتها من **100** مم (4) إلى **0.075** مم منخل رقم ( **200** ) حسب المواصفات الأمريكية كما هو موضح في الجدول ادناه ومقياس الثقل النوعي **Hydrometer** للتربة التي تمر خلال منخل رقم ( **200** ) ورسم منحني التدرج ، ومنه تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية .

تستخدم طريقة التحليل هذه في حالة التربة ذات القوام الخشن التي تحوي حبيبات ذات اقطار اكبر من **0.02** (2 ميليمتر) وتعتمد على فصل مكونات التربة بأمررها من خلال مجموعة من المناخل المترابطة مختلفة الفتحات بحيث توضع المناخل ذات الفتحات الواسعة اعلى المجموعة و المناخل ذات الفتحات الضيقة اسفل منها بالتدرج.



### طريقة العمل

- 1- يوزن 100 جرام من التربة.
- 2- توضع التربة في جهاز المناخل ( في المنخل الاعلى) ثم يوضع غطاء الجهاز ثم يوضع على هزاز كهربائي.
- 3- تستمر العملية لمدة 15 دقيقة او حتى تمام عملية النخل.
- 4- تجمع التربة المتبقية في اعلى كل منخل ثم توزن كل مجموعة على حدا.
- 5- تحسب النسبة المئوية للتربة المحتجزة لكل مجموعة بالنسبة للوزن الكلي للعينة الاصلية .  
وزن الرمل  
الرمل =  $100 \times \frac{\text{وزن الكلي للتربة 100 جرام}}{\text{وزن الرمل}}$  %

- 6- ثم يسجل قوام التربة المستخدمة بالتجربة والذي يعبر عنه الطبقة الاكثر وزنا. ثم نستنتج بعد ذلك قوام التربة (درجة نعومة أو خشونة التربة) من النتائج السابقة .  
\* النسب المئوية لقوام التربة كما يلي :-
- 1- تربة طينية ثقيلة =  $55 < \%$  طين
- 2- تربة طينية =  $40-55 \%$  طين
- 3- تربة رملية طينية صفراء =  $20 - 40 \%$  طين
- 4- تربة رملية صفراء =  $10 - 20 \%$  طين
- 5- تربة رملية = أقل من  $10 \%$  طين

### أنواع المناخل المستخدمة في التدرج الحبيبي

رقم المنخل	مقياس الفتحات (مم)
4"	100
3"	75
2"	50
1.5"	37.5
1"	25
0.75"	19
0.50"	12.5
0.375"	9.5
4	4.75
10	2
20	0.850
40	0.425
80	0.180
200	0.075

نظام تصنيف التربة الموحد ,USC Unified Soil Classification  
وفيه تم تقسيم التربة في النظام حسب مقاساتها طبقاً للجدول





### تقسيم التربة حسب المقاس ( النظام الموحد )

التربة	مجال المقاس
Boulders صخور كبيرة جداً	أكبر من 300 مم
Cobbles صخور كبيرة	أكبر من 75 إلى 300 مم
<b>1- تربة حبيبية خشنة Coarse Grained</b>	
Gravel حصي	من 75 مم إلى منخل رقم 4
خشن	من 75 مم إلى 19 مم
ناعم	من 19 مم إلى منخل رقم 4
Sand رمل	من منخل 4 إلى منخل رقم 200
رمل خشن	من منخل 4 إلى منخل رقم 10
رمل متوسط	من منخل 10 إلى منخل رقم 40
رمل ناعم	من منخل 40 إلى منخل رقم 200
<b>2- تربة حبيبية ناعمة Fine Grained</b>	
Fines مواد ناعمة	التربة المارة من منخل رقم 200
Silt طمي	باستخدام حدود أتبرج
Clay طين	باستخدام حدود أتبرج
<b>3- تربة عضوية Organic Soils</b> حسب المعاينة البصرية	

### تصنيف التربة بحسب حجم حبيباتها

حجم الحبيبات Particles Size	التصنيف Classification
2.0 mm < Gravel	Gravel
0.74 mm < Sand < 2.0 mm	Sand
.002 mm < Silt < 0.074 mm	Silt
Clay < 0.002 mm	Clay

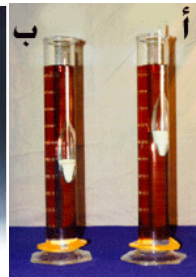
### ثانياً تحليل الهيدروميتر (ASTM D422)

وهو احدى طرق التحليل الميكانيكي لمعرفة قوام التربة

يستعمل في هذه الطريقة جهاز الهيدروميتر وهو عبارة عن ساق زجاجية مدرجة بقراءات تعطي النسبة المئوية لحبيبات التربة المعلقة في زمن القياس مباشرة.



الهيدروميتر







### طريقة العمل

1- يوزن 100 جرام من التربة.

2- تنخل التربة في منخل سعة أكبر من 0.2 مم ثم توزن التربة المحتجزة وتكون هذه التربة هي الرمل الخشن.

3- توضع بقية التربة في بيكر (كأس زجاجية) سعة 600 مل ويضاف إليها 300 مل ماء + 15 مل من اوكسالات الصوديوم لمنع تكون الفقاعات.

4- ينقل معلق التربة من البيكر الى مخبار مدرج سعة 1000 مل ويكمل الحجم بالماء الى 1000 مل.

5- يوضع الهيدروميتر داخل المخبار وما يحوية وتقدر النسبة المنوية للطين والطيني بعد 5 دقائق من وضع الهيدروميتر ثم تقدر النسبة المنوية للطيني فقط بعد 5 ساعات.

6- بطرح القرانتين نحصل على النسبة المنوية للطين فقط .

7- نحصل على النسبة المنوية للرمل الناعم

الرمل الناعم = 100 - (نسبة الرمل الخشن + الطين + الطمي)

نسبة الطين = 44%

نسبة السلت (الطيني) = 37%

نسبة الرمل الخشن = 7%

(نسبة الرمل الخشن من التربة المحتجزة في المنخل)

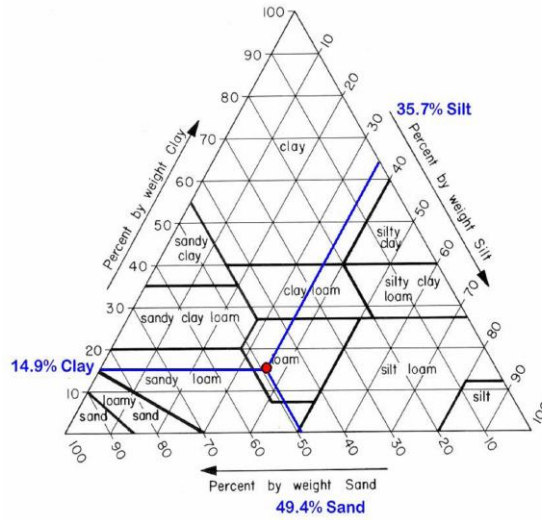
8- يأتي دور مثلث القوام

مثلث قوام التربة له أهمية في تحديد رتبة قوام التربة ، رتبة قوام التربة تعتبر وصف للمجموعات الحجمية للحبيبات التي تتكون منها التربة حيث تمرر عينة ناعم التربة من خلال مناخل تختلف أقطار ثقبها لفصل كل مجموعة حجمية على حدة و من ثم نحدد نسبة المجموعة الحجمية الى عينة التربة . المجموعات الحجمية ثلاثة هي الطين و قطر حبيباته أقل من 0,002 ملليمتر و السلت قطر حبيباته من 0,002 الى 0,02 ملليمتر و الرمل قطر حبيباته من 0,02 حتى 2 ملليمتر . كل ضلع من أضلاع مثلث القوام موقع عليه النسب المئوية من صفر % و حتى 100 % لأحد المكونات الثلاثة لناعم التربة و يمتد خطين من عند نسب 10 و 20 و ... حتى 90 الى الضلعين الآخرين بالمثلث لتقاطع هذه الخطوط بداخل مساحات في قلب المثلث كل مساحة منها مكتوب عليها أسم رتبة قوام مختلفة

وتجدر الاشارة الى ان طريقة قراءة المثلث تكون بالطريقة التالية:

مع اتجاه الاسهم نبدا من عند اكبر حجم وهو الساند او الرمل اي قاعدة المثلث باتجاه عقارب الساعة وبعمل خط موازي لضلع المثلث السابق ثم التالي وهو نسبة الطين في التربة ونمثلها بخط موازي لما قبلها وهو الرمل وننتهي باخر شيء وهو الغرين "الطيني" ويكون بخط موازي للطين وتقاطع الخطوط الثلاث سيكون هو قوام التربة.





نسبة الطين = 44%  
 نسبة السلت = 37%  
 نسبة الرمل الخشن = 7%

ملاحظة :

تعتمد هذه الطريقة على أساس سقوط الحبيبات تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية وفيها تقاس كثافة معلق التربة ( جم \ لتر ) في أوقات معينة أثناء الترسيب .  
 القراءة الأولى = الطمي + الطين  
 القراءة الثانية = الطين فقط  
 نسبة الطمي = القراءة الأولى - القراءة الثانية  
 نسبة الرمل = وزن التربة ( 100 جم ) - القراءة الأولى .





### ثالثاً تجربة حدود أتربرغ (ASTM D4318) **Atterberg limits**

وهو تحليل لمعرفة تماسك التربة الناعمة (تربة حبيبية ناعمة) **Fine Grained** طمي **Silt** او طين **Clay**

فالتربة التي تزيد فيها نسبة المحتوى المائي يقل قوامها وتماسكها وتقل قوة احتمالها للانضغاط ومقاومة الاحمال

هناك خمسة حدود افترضها العالم السويدي **Atterberg** لتماسك التربة الناعمة وهي:

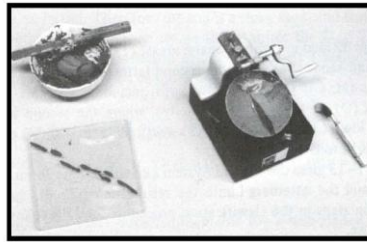
1- حد السيولة : **Liquid limit ( LL )** وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة ، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً .

ويتم التحصل على قيمة حد السيولة % بعد تطبيق التجربة باستخدام جهاز **Gasagrande** ونسجل بعدها قيمة حد السيولة الذي هو قيمة المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة على الجهاز بعد 25 ضربة. (قيمة حد السيولة % تستعمل في المقارنات).

2- حد اللدونة : **Plastic Limit ( PL )** وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة .

ويتم التحصل على قيمة حد اللدونة على اساس انها قيمة المحتوى المائي عندما يبدأ خيط من التربة قطره **3mm** في التشقق و التفتت بعد دحرجته على لوح زجاجي مخصص لهذا الغرض.

(في بعض الحالات يكون المحتوى المائي الطبيعي للعينة يساوي حد اللدونة فهذا يعني ان التربة لدنة).



ثم يتم ايجاد قيمة معامل اللدونة **PI** (قرينة أو مؤشر اللدونة)

فهو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويمكن كتابته كما يلي  $PI = LL - PL$

3- حد الانكماش : **Shrinkage Limit (SL)** وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والتي لا يحدث بعدها أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها وهو يستعمل في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف.

4- الحد شبه الصلب **Semisolid**

5- الحد الصلب **Solid state**

وحسب فرضية العالم السويدي فان :

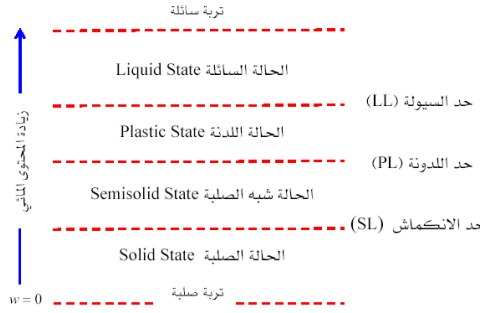
الحد الفاصل بين السيولة واللدونة هو حد السيولة **Liquid Limit, LL**

الحد الفاصل بين اللدونة وشبه الصلبة هو حد اللدونة **Plastic Limit, PL**

الحد الفاصل بين شبه الصلبة والصلبة هو حد الانكماش **Shrinkage Limit ,SL** .







وبعد استخراج هذه الحدود بالاختبارات الروتينية باستخدام الأجهزة المخصصة لذلك يتم إيجاد معامل اللدونة PI (قرينة أو معامل أو مؤشر اللدونة%)

$$\text{Plasticity Index, PI} = \text{LL} - \text{PL}$$

والذي يستخدم في معرفة تصرف التربة Soil Behavior وكذلك في معادلات الربط لقوة تحمل التربة ومعرفة ما إذا كانت التربة انتفاخية أو انهيارية بمعنى اخر معرفة (احتمالها للانضغاط ومقاومة الاحمال).

ويتم أيضاً تحديد دليل السيولة LI (قرينة أو معامل أو دليل السيولة %)

$$\text{Liquidity Index, LI} = (\text{LL} - \text{PL}) / (\text{wc} - \text{PL})$$

والذي من خلاله يمكن الحكم على ظاهرة تميع التربة Liquefaction of Soil عندما يكون دليل السيولة لها أكبر من واحد (  $\text{LI} > 1$  )

فائدة معرفة حد السيولة واللدونة:

\* يستعمل حد السيولة و حد اللدونة في تصنيف التربة وتعريفها هل هي طمي Silt او طين Clay  
\* يستعمل حد السيولة و حد اللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة (احتمالها للانضغاط ومقاومة الاحمال)

\* يستعمل حد السيولة في حسابات اندماجية التربة.

\* ارتفاع قيمة معامل اللدونة PI (مؤشر او قرينة أو دليل اللدونة) للعينة يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية (وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة)  
ملاحظات:

\* يمكن أن يقع حد الانكماش (SL) يمين حد اللدونة (PL) لبعض أنواع التربة

الادوات والاجهزة اللازمة للتحليل Apparatus : لاستخراج قيمة حد السيولة

- 1 - صحن بورسلان ( يفضل أن يكون غير زجاجي ) بقطر حوالي 115 مم.
  - 2 - سكين خاصة (pill Knife) لها شفرة بطول 75 مم و بعرض 20 مم.
  - 3 - جهاز حد السيولة من أحد النموذجين التاليين:  
\*جهاز كازاغراندي casagrande يدوي : وهو جهاز يتألف من صحن على شكل فنجان مصنوع من النحاس الأصفر مع حاضن مصنوع حسب الشكل .  
\*جهاز كازاغراندي casagrande كهربائي : حيث يزود الصحن بمحرك كهربائي يرفع الصحن ويدعه يسقط سقوطاً حراً بعدد ثابت من الضربات . حيث يزود عادةً بعداد لقراءة عدد الدورات أو الضربات . يعطي الجهاز قيمة حد السيولة نفسها التي نحصل عليها بالجهاز الذي يعمل يدوياً.
  - 4 - أداة لإنشاء الشق ضمن التربة في الصحن النحاسي مصنعة تماماً حسب الأبعاد المبينة في الشكل
  - 5 - أداة ضغط ومعايرة الشق الترابي في الصحن .
  - 6 - تجهيزات قياس رطوبة التربة المعروفة .
- علب صغيرة: من الالمنيوم لزوم وضع عينات الرطوبة بها.

- ميزان حساس : ذو حساسية 0.1% من وزن العينة المراد اختبارها.

- فرن كهربائي : لتجفيف العينات ذو قدرة على الاحتفاظ بدرجة حرارة ثابتة ما بين 105-110 م





اعداد الجهاز:-

يجب فحص جهاز حد السيولة للتأكد من صلاحيته , وان جميع اجزائه في حالة جيدة ونظيفة وجافة بما فيها آلة الشق , كما يجب التأكد من سقوط الجهاز سقوطا حرا  
يجب ضبط الوعاء المعدني بحيث يرتفع قاعه بمقدار 10 ملم عن القاعدة , وذلك باستخدام قطعة الحديد التي سمكها 10 ملم اسفل الوعاء .



خطوات التحليل :

- 1- تجفف عينة التربة في الفرن لمدة 24 ساعة .
- 2- تطحن التربة وتنخل على منخل #40 (0.425) ملم .
- 3- يؤخذ نحو 100 جم من التربة المارة من منخل رقم #40 .
- 4- توضع عينة التربة في الجفن وتخلط جيدا بكمية كافية من الماء باستخدام السكين لجعل العينة في حالة قريبة من حالة اللدونة مع التكرار بالتقليب والخلط بواسطة السكين.
- 5- يوضع جزء من العجينة المخلوطة في الوعاء المعدني والمرتكز على قاعدة الجهاز.
- 6- تفرد العينة وبسوى سطحها بحيث يكون موازيا لقاعدة الجهاز وتزال التربة الزائدة .
- 7- تشق العجينة من منتصف الوعاء المعدني بحيث تكون اداة الشق عمودية على سطح الوعاء وطرفها المسلوب في مواجهة الحركة.
- 8- تدار يد الجهاز بمعدل ضربتين بالثانية وتستمر هذه العملية الى ان ينساب جزئي التربة ويتم الالتصاق بينهما عند قاع الشق لمسافة مقدارها 13 ملم وتسجل عدد الضربات المسببة لالتصاق جانبي الشق .
- 9- يؤخذ حوالي 30 جرام من منطقة الالتصاق جانبي الشق بواسطة السكينة ووضعها في علبة لتعيين محتوى الرطوبة.
- 10- تعاد التربة المتقلبة في الوعاء المعدني الى الجفن مرة اخرى , ثم تغسل وتجفف كل من الوعاء المعدني وآلة الشق للقيام بالمحاولة الثانية والثالثة والرابعة.
- 11- يضاف الى العينة التي في الجفن حوالي من 1 الى 3 سم<sup>3</sup> من الماء او حسب نوع التربة وتكرر الخطوات السابقة على الاقل اربع نقاط , لرسم منحنى الانسياب , ويراعى ان تكون نقطتان ذات عدد ضربات اكبر من 25 وضربة ونقطتان ذات عدد ضربات اقل من 25 وضربة , ويبدأ الاختبار دائما من الحالة الجافة مع تكرار زيادة نسبة الماء لتتحول الى الحالة السيولة.



### ملاحظات مهمة:

اقترح العالم السويدي **Atterberg** تعريف حد السيولة بأنه المحتوى المائي للتربة التي عندها يلتحم ولمسافة نصف بوصة جانبي شق في العينة من تأثير 25 ضربة في جهاز تعيين السيولة بحيث تسقط كل ضربة مسافة 1 سم . وان هناك عدة عوامل في هذا الاختبار تؤثر على المحتوى المائي هي :

- 1- سرعة الضربات .
  - 2- الوقت اللازم لتحضير العينة في جهاز السيولة .
  - 3- الرطوبة النسبية .
  - 4- نوع جهاز السيولة .
  - 5- مسافة السقوط والمحددة هنا بواحد سنتيمتر .
- هذا بالإضافة إلى نوع التربة وكفاءة الشخص الذي يقوم بالتجربة .  
ولذلك يجب القيام بالاتي :

- 1- استعمال أداة القطع المقترحة من قبل كازاجراندي **Cassagrande** وهي تقوم بتحديد سمك العينة بالإضافة إلى القطع . (جهاز كازاجراندي)
- 2- استعمال أداة القطع المقترحة من قبل الجمعية الأمريكية للفحص والمواد ( ASTM ) جهاز (ASTM) وهذا النوع مفضل بالنسبة للتربة ذات المحتوى المائي المنخفض والصعبة القطع مثل التربة الرملية والطينية وفي هذا النوع من التربة يمكن الاستعانة أولاً بالسكين (Spatula) للمساعدة في تحديد مكان القطع ثم يليها استخدام أداة القطع .
- 3- لغرض السيطرة على سرعة الضربات يجب إدارة مقبض الضربات بمعدل 120 دورة في الدقيقة أي بمعدل 120 ضربة في الدقيقة الواحدة ، هذا وقد حددت الجمعية الأمريكية للفحص والمواد استعمال الماء المقطر عند الاختبار.
- 4- يجب ان يتم عمل تجربة حدود أتربرج على التربة التي تمر من المنخل رقم (40) ، إلا أن التربة التي تجلب من الموقع غالباً تكون مبلولة ويصعب مرورها من هذا المنخل ، لهذا فإنه من المسموح به تجفيف التربة هوائياً ( Air-dry ) للمساعدة على مرور الحبيبات خلال ذلك المنخل حسب التعليمات القياسية للجمعية الأمريكية للفحص والمواد . ( ASTM D421-58 ) ولا يسمح بتجفيف التربة بالفرن لأن هذه العملية تقلل في العادة من قيم حدي السيولة واللدونة على عكس التجفيف بالهواء حيث دلت البحوث على أن التربة المجففة هوائياً يمكن أن تستعيد القيم الحقيقية للحدود بعد خلطها بالماء ومعالجتها من 24 إلى 48 ساعة . كما أن تجفيف التربة هوائياً يقلل حد السيولة بمقدار 2-6% . ولتجنب هذه المشكلة يمكن اختيار التربة من الموقع عن طريق النظر بحيث تستطيع حبيباتها المرور خلال المنخل رقم (40) .
- 5- لتحديد قيمة حد السيولة بصورة دقيقة ترسم العلاقة بين عدد الضربات باستعمال المقياس اللوغاريتمي وبين المحتوى المائي باستعمال المقياس الطبيعي . وعادة ما تكون العلاقة خطأً مستقيماً ، وبذلك يصبح من السهل إيجاد المحتوى المائي بهذه الطريقة . وعليه فالمطلوب هو إيجاد ثلاث إلى ست نقاط تمثل العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي ، ( بالطبع يجب أن يشمل مدى الضربات 25 ضربة ) . يتم بعد ذلك رسم هذه النقاط على ورق نصف لوغاريتمي وتوصيلها بخط مستقيم ثم قراءة مقدار المحتوى المائي الذي يقابل 25 ضربة من الرسم البياني . ويجب ملاحظة أنه كلما كانت النقاط المرسومة قريبة من الـ 25 ضربة كانت النتائج أفضل.

6- يجب إعطاء حد اللدونة ( LL ) **Plastic limit** تعريف كافي على أنه المحتوى المائي الذي يمكن عنده قتل التربة إلى خيط قطره ( 0.125 بوصة ) دون أن ينقطع هذا الخيط ، وتعتمد هذه التجربة نوعاً ما على الشخص الذي يقوم بها مقارنة بتجربة حد السيولة ، وذلك لصعوبة تقدير قطر قدره ( 0.125 بوصة ) . ولكن للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن مقارنة خيط التربة بسلك أو قضيب قطره ( 0.125 بوصة ) ، حيث يمكن إجراء التجربة من قبل فنيين مختلفين والحصول على نتائج في حدود 1-3% لنفس نوع التربة.

7- يجب إيجاد قيمة معامل اللدونة **PI** (قرينة أو مؤشر اللدونة)

فهو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويمكن كتابته كما يلي  $PI = LL - PL$

8- تكون التربة عديمة اللدونة في الحالات التالية :

- \* عندما يصعب تعيين حد السيولة أو حد اللدونة .
- \* عندما يكون حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة .







### نظام تصنيف التربة الموحد USC , Unified Soil Classification

الأقسام الرئيسية Major Divisions	الرمز Symbols	الاسم المتعارف عليه Typical Names	وصف التربة في الموقع			
			طريقة الوصف Iden. Procedure (على أجزاء أقل من منخل رقم 40)			
			قوة القص Strength	قابلية التمدد Dilatancy	مقدار اللدونة Toughness	
تربة ناعمة Fine Grained Soils أكثر من نصف العينة أقل من منخل رقم 200 more than half of the material is smaller than #200 sieve	طمي وطين حد السيولة < Silts & Clays 50 50 > LL	طمي غير عضوي مع رمل ناعم رمل ناعم مع طين أو طمي مع طين بلدونة قليلة	لا شيء إلى قليل	سريع إلى بطيء	لا شيء	
		CL	طين غير عضوي قليل أومتوسط اللدونة ، طين مع رمل أو حصى أو طمي	متوسط إلى عالي	لا شيء إلى بطيء جداً	متوسط
		OL	طمي عضوي وطين مع طمي عضوي قليل اللدونة	قليل إلى متوسط	بطيء	قليل
		MH	طمي عضوي ، رمل أو طمي ناعم	قليل إلى متوسط	بطيء إلى لا شيء	قليل إلى متوسط
		CH	طين غير عضوي ذو لدونة عالية	إلى عالي جداً	لا شيء عالي	عالي
		OH	طين عضوي بلدونة متوسطة إلى عالية	متوسط إلى عالي	لا شيء إلى بطيء جداً	قليل إلى متوسط
		PT	الخبث والتربة العالية العضوية	اللون والرائحة والملمس الأسفنجي		
Coarse Grained Soils العينة أقل من منخل	حصى أكثر من نصف الجزء الخشن	حصى نظيف Clean Gravel	GW	حصى متدرج تدرجاً مناسباً	حبيبات التربة متعددة المقاسات وتظهر المقاسات المتوسطة بشكل أكبر	





Less than half of the material is smaller than #200 sieve	أكبر من منخل رقم 4) More than half of the coarse fraction is larger than #4 sieve		مختلط مع الرمل ويحتوي على قليل من التربة الناعمة	GP	حصى متدرج تدرجاً مناسباً مختلط مع الرمل ويحتوي على قليل من التربة الناعمة	الغالبية العظمى من مقاس واحد مع فقدان بعض المقاسات المتوسطة منها
					حصى مع حبيبات ناعمة Gravel With Fines	GM
	GC	حصى مع طمي خليط من الحصى والرمل والطيني	حبيبات ناعمة لدنة (انظر أيضاً طريقة الوصف (CL)			
	رمل أكثر من نصف الجزء الخشن أكبر من منخل رقم 4) More than half of the coarse fraction is larger than #4 sieve	رمل نظيف Clean Sands	SW	رمل متدرج تدرجاً مناسباً مختلط مع الحصى ويحتوي على قليل من التربة الناعمة	حبيبات التربة متعددة المقاسات مع توفر المقاسات المتوسطة بشكل أكثر	
			SP	رمل متدرج تدرجاً مناسباً مختلط مع الحصى ويحتوي على قليل من التربة الناعمة	الغالبية العظمى مقاس واحد أو عدة مقاسات مع فقدان بعض المقاسات المتوسطة منها	
		رمل مع حبيبات ناعمة Sands With Fines	SM	رمل مع طمي ، خليط من الرمل والطيني	حبيبات ناعمة غير لدنة أو ذات لدونة قليلة (انظر طريقة الوصف (ML)	
			SC	رمل مع طين ، خليط من الرمل والطين	حبيبات ناعمة لدنة (انظر طريقة الوصف (CL)	



## رابعاً تجربة الدمك (تجربة الارتصاص أو اختبار بروكتور القياسي) **Standard Proctor Test (ASTM D698)**

اختبار الدمك أو الدمك يسمى باختبار " البروكتور " نسبة إلى العالم " بروكتور " الذي اكتشف عملية الدمك ويتمثل الاختبار بدمك عدة عينات من نفس التربة بجهد ثابت وينسب رطوبة مختلفة لاستنتاج الكثافة الجافة العظمى **Y d-max Density Max** و نسبة المياه الحرجة **OMC** المناظرة لها عن طريق معادلة ورسمها .

الغرض من اختبار بروكتور القياسي هو تحديد أقصى كثافة جافة **Y d-max** (الكثافة الجافة العظمى) للتربة وكذلك تحديد نسبة المياه الحرجة **OMC** المناظرة لها حيث ان انخفاض قيمة الكثافة الجافة العظمى **Y d-max** يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية . (وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة) فعندما تكون التربة أقل من نسبة المياه الحرجة **OMC** فإنها تكون خشنة وصعبة الدمك وعندما تكون التربة أكبر من نسبة المياه الحرجة **OMC** فإنها تكون قابلة للحركة والانزلاق والتباعد اثناء الدمك .

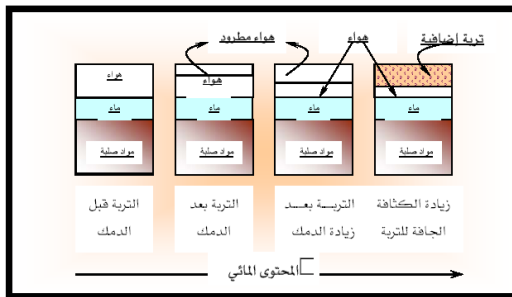
الكثافة الجافة العظمى (كن م3) هي الوزن الحجمي الأعظمي الجاف (كن م3)

التجربة:

1- تجهيز عدد 4 عينات من التربة بحيث تتضمن كل عينة محتوى مائي يزيد عن سابقتها بحوالي 2% ثم تدمك كل عينة في قالب **mold** له الابعاد التالية:

Diameter of mold = 4 in (101.6 mm)  
Height of mold = 4.58 in (116.43 mm)  
Volume of mold = 1/30 ft<sup>3</sup> = 943.3 cm<sup>3</sup>

فيما يلي شكل القالب القياسي ومطرقة الدمك



2- يتم خلط التربة جيدا بنسبة الماء المضافة ثم توضع في القالب على ثلاث طبقات متساوية وتدمك كل طبقة بمقدار 25 ضربة بواسطة المطرقة التي تزن 2.5 كيلو جرام وارتفاع سقوطها حوالي 30.5 سنتيمتر وبعد دمك التربة يتم ايجاد وزن التربة ومن ثم كثافتها الجافة **Y** لكل عينة من العلاقة :

$$\gamma = \frac{W}{V_m}$$

حيث ان

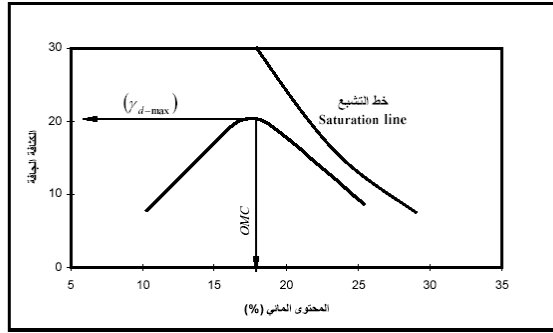
**W** = وزن عينة التربة المستخدمة

**Vm** = حجم القالب





نطبق الاختبار على كل عينة من التربة المستخدمة وبتطبيق المعادلة السابقة يتم تحديد نسبة المحتوى المائي OMC وتحديد  $\gamma_{d-max}$  (الكثافة الجافة العظمى) لكل عينة ثم ترسم العلاقة على هيئة منحنى يبين نسبة المحتوى المائي للتربة على المحور الأفقي والكثافة الجافة على المحور الراسي لكل العينات كالتالي :



وتمثل أعلى نقطة على المنحنى نقطة التقاطع بين أقصى كثافة جافة ونسبة المياه الحرجة المناظرة لها.

#### خامساً تجربة النفاذية (ASTM D2434) باستخدام جهاز الضغط الثلاثي لتحديد نفاذية التربة

النفاذية **Permeability** هي خاصية التربة التي تسمح بمرور الماء خلال فراغاتها. فالتربة ذات الحبيبات الخشنة لها نفاذية أعلى من التربة ذات الحبيبات الناعمة وبالتالي فإن انخفاض النفاذية تعني زيادة القابلية للتلوث. ان اختبار لتحديد نفاذية التربة **Field Permeability** الغرض الاساسي منه الوصول الى قيمة معامل النفاذية **Permeability** أو معامل النفاذية الوحدة هي (سم/ثا) حيث ان انخفاض معامل النفاذية **Permeability** للعينة يعني ارتفاع في تلوث التربة بالمواد الهيدروكربونية (وذلك بمقارنتها بعينة غير ملوثة قريبة من المنطقة)

القيم التقريبية للنفاذية لأنواع التربة الرئيسية

K(m/s)	نوع التربة
$10^{-2} - 10^{-5}$	رمل Sand
$10^{-5} - 10^{-8}$	طمي Silt
$<10^{-8}$	طين Clay
$>10^{-2}$	حصى Gravels





## هناك طريقتان لتحديد معامل النفاذية 1- اختبار الجهد الثابت Constant head test

الأدوات المستخدمة:  
جهاز الضغط الثابت



عن طريق هذا الجهاز يتم تحديد معامل النفاذية للتربة الغير متماسكة والتي لها نفاذية عالية مثل الرمل والحصى.

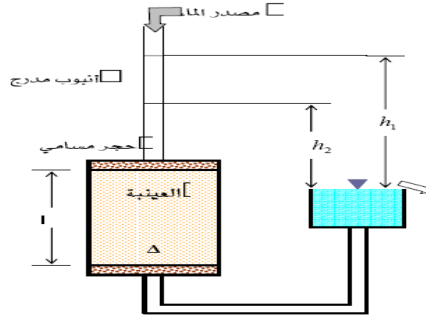
طريقة العمل:

- 1- تؤخذ ابعاد الاسطوانة (القطر و الارتفاع)
- 2- يتم وضع العينة في الاسطوانة مع ملاحظة وضع منخل و طبقة من الحصى الناعم في اسفل و اعلى الجهاز
- 3- يتم توصيل الجهاز بالانابيب المدرجة
- 4- يتم ملء الخزان بالماء للعلامة مع استمرار التزويد على طول التجربة بمعنى ان منسوب الماء ثابت و من هنا جاءت تسمية الاختبار باختبار الضغط الثابت
- 5- السماح للماء بالتدفق خلال العينة و ذلك من خلال تحريك المفتاح الموجود على سطح الاسطوانة العلوي
- 6- بعد عدة دقائق يبدأ الماء بالرشح من الاسطوانة, عندما ينتظم التدفق نجمع كمية من الماء في مخبر مدرج خلال زمن معين.
- 7- نأخذ قراءة (h) من الأنابيب المدرجة.
- 8- نطبق القانون لحساب قيمة k
- 9-  $Q=kiAt$  حيث ان الميل الهيدروليكي (i) يمكن تحديده بمعرفة ارتفاع عينة التربة (L) وفرق الضغط المائي
- 10- (h) و بالتعويض بالمعادلتين يمك استنتاج العلاقة التالية  $Q=(h/L)*At$
- 11- معامل النفاذية يتم تحديده من العلاقة  $k=QL/Aht$



## 2- اختبار الجهد المتغير Falling head test

الأدوات المستخدمة:  
جهاز اختبار متغير الجهد



عن طريق هذا الجهاز يتم تحديد معامل النفاذية للتربة المتماسكة مثل الطمي وبعض أنواع التربة التي تكون نفاذيتها منخفضة يتدفق الماء الى عينة التربة من انبوب موصول بالخزان لتصبح العينة مشبعة. و الجهد المتغير في هذا الاختبار يدل على ان منسوب الماء في الخزان يتغير و يتناقص مع الزمن. ويبدأ حساب معامل النفاذية عندما ينخفض الماء في الانبوب من المنسوب  $h_1$  الى المنسوب  $h_2$  خلال فترة معينة من الزمن من خلال العلاقة التالية :

$$K=2.30 (aL/At) \log_{10} (h_1/h_2)$$

حيث ان :

$a$  = مساحة مقطع الانبوب

$A$  = مساحة مقطع عينة التربة

$L$  = طول عينة التربة

$h_1$  = الارتفاع الاولي لمنسوب الماء في الانبوب

$h_2$  = الارتفاع النهائي لمنسوب الماء في الانبوب

وقت تناقص منسوب الماء في الانبوب من  $h_1$  الى  $h_2$  =  $t$

طريقة العمل:

- 1- تؤخذ ابعاد الاسطوانة (القطر و الارتفاع). و قطر الانابيب المدرجة
- 2- يتم وضع العينة في الاسطوانة مع ملاحظة وضع القطعة الحديدية ذات الثقوب في اعلى و اسفل العينة
- 3- يتم توصيل الجهاز بالانابيب المدرجة
- 4- يتم ملء الخزان بالماء للعلامة.
- 5- السماح للماء بالتدفق خلال العينة و ذلك من خلال تحريك المفتاح الموجود على سطح الاسطوانة العلوي
- 6- بعد فترة من الزمن يبدأ الماء بالرشح من الاسطوانة, عندها نأخذ قراءة اولى ( $h_1$ ) من الانابيب المدرجة
- 7- بعد وقت محدد ( 30 دقيقة مثلا) نأخذ قراءة ثانية ( $h_2$ ) حيث يتناقص الضغط.
- 8- نطبق القانون السابق.

مثال

عند مقارنة عينة غير ملوثة بعينة ملوثة نلاحظ انخفاض قيمة معامل النفاذية من  $10^{-4} \times 1.35$  سم/ثا للعينة الغير ملوثة الى قيمة  $10^{-5} \times 1.22$  سم/ثا للعينة الملوثة (الفرق كبير يعني تلوث كبير والمتوسط متوسط) وهكذا تجري المقارنات بين العينات التي في بؤرة التلوث والتي ابعد قليلا من بؤرة التلوث بـ 5 أمتار وكذلك التي على اطراف موقع التلوث فكلها تقارن بالعينات الغير ملوثة ثم تقارن العينات الملوثة بعضها البعض.





### سادساً الوزن النوعي النسبي Specific Gravity , SG

لا يستخدم هذا الاختبار للتربة الملوثة بل للتربة غير الملوثة القريبة من موقع التلوث فقط لتوضيح نوع التربة في الأساس.

يستخدم الوزن النوعي في حساب نسبة الفراغات في التربة عند معرفة نسبة الرطوبة ووحدة الوزن ، وهذا الاختبار من الاختبارات الصعبة والتي يمكن الاستعاضة عنه باستخدام القيم الموضحة في الجدول نظراً لتقاربها :

الوزن النوعي لأنواع التربة

نوع التربة	الوزن النوعي
ركامية	2.65 – 2.68
رملية	2.65 – 2.68
طينية	2.62 – 2.68
طينية عضوية	2.58 – 2.65
طينية غير عضوية	2.68 – 2.75
التربة العضوية	أقل من 2

وفي العادة تكون قيمة الوزن النوعي 2.67 للتربة المفككة و 2.70 للتربة الطينية الغير عضوية.

### سابعاً نسبة الرطوبة Water Content,wc (%)

يتم تحديد نسبة الرطوبة في التربة اللزجة Cohesive Soils للعينات المستخرجة من الحفر الاختبارية من أجل معرفة كمية الماء التي تحتويها التربة الطبيعية ويعتبر تحديد نسبة الرطوبة من المتطلبات الأساسية لتقارير التربة ، وتصل نسبة الرطوبة الطبيعية في التربة الرملية أو الركامية من 15 إلى 20% بينما قد تصل النسبة في التربة الطينية والطينية من 80 إلى 100 % . وفي التربة العضوية قد تصل هذه النسبة إلى 500 % .

تستخدم الطريقة الوزنية او طريقة التجفيف في الفرن لتحديد نسبة الرطوبة

وهي طريقة مباشرة لتقدير الرطوبة في التربة وذلك بأخذ عينة من التربة وتجفيفها في فرن كهربائي على درجة 105 مئوية لمدة 24 ساعة أو حتى يثبت الوزن . حيث تقوم الحرارة بتحويل الماء الموجود في التربة إلى صورة بخار ماء يخرج من العينة وتصبح بذلك جافة تماماً ( اي خالية من كل صور الرطوبة بها).

الأدوات المطلوبة:

علبة رطوبة – ميزان حساس – عينة التربة – فرن تجفيف كهربائي



طريقة العمل:

- 1- توزن علبة الرطوبة فارغة ويسجل الوزن (1W)
- 2- توضع كمية من التربة المراد تقدير محتواها الرطوبي في علبة الرطوبة وتجرى عملية الوزن مرة أخرى ( وزن علبة الرطوبة + التربة الرطبة) وتسجل القيمة (2W)



3- توضع علبه الرطوبة في فرن كهربى مضبوط على درجة 105 مئوية ويغلق الفرن وتترك العينة للتجفيف لمدة 24 ساعة او حتى ثبات الوزن .

4- نخرج علبه الرطوبة بعد التجفيف وتوزن على ميزان حساس ( وزن علبه الرطوبة + التربة جافة تماماً) ويسجل الوزن (3W)

5- نحسب المحتوى الرطوبي للتربة من المعادلة المناسبة

$$\begin{aligned}
 & \text{وزن علبه الرطوبة فارغة (1W) = جرام} \\
 & \text{وزن علبه الرطوبة + عينة التربة الرطبة قبل التجفيف (2W) = جرام} \\
 & \text{وزن علبه الرطوبة + عينة التربة الجافة تماماً بعد التجفيف (3W) = جرام} \\
 & \text{وزن عينة التربة الرطبة = 1W - 2W جرام} \\
 & \text{وزن عينة التربة الجافة تماماً = 1W - 3W جرام} \\
 & \text{وزن الرطوبة في العينة = وزن عينة التربة الرطبة - وزن عينة التربة الجافة تماماً} \\
 & \text{وزن الرطوبة في العينة = (1W - 3W) - (1W - 2W) = 3W - 2W جرام} \\
 & \text{المحتوى الرطوبي الكتلي = } \frac{\text{وزن الرطوبة في العينة}}{\text{وزن التربة الجافة تماماً}} \\
 & \text{المحتوى الرطوبي الكتلي = } \frac{3W - 2W}{1W - 3W}
 \end{aligned}$$

3- طرق معالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية بالاستناد لنتائج التحاليل

نظراً للتأثير السلبي لتلوث الترب بالمواد الهيدروكربونية في مناحي الحياة المختلفة، لوحظ اهتمام عالمي بمتابعة تطوير أساليب معالجة تلك الترب والاستفادة منها إن أمكن ذلك. تهدف طرق المعالجة المختلفة إلى تخفيف نسب التلوث إلى الحدود التي لا تشكل خطراً على صحة الإنسان والبيئة تبعاً لاستخدامات الموقع.

تم تقسم طرق المعالجة إلى نوعين (أو كلاهما) حسب EPA 1989 هما :

طرق داخل الموقع in-site

طرق خارج الموقع off-site

1- المعالجة بالطمر :

المعالجة بالطمر تتم داخل أو خارج الموقع وتعتمد على عملية التفكك البيولوجي بمساعدة عوامل خارجية بعد حجز التربة وحصرها.

في حال كانت نتيجة التحاليل ان هناك تغير في خواص التربة كزيادة في قيم قريئة لدونتها، ونقصان قيم كثافتها الجافة العظمى ونقصان في قيم نفوذيتها فان هذا يعني ان هناك تلوث متوسط في التربة من المواد الهيدروكربونية وبذلك تكون أنسب الطرق لمعالجة التراكيز المتوسطة هي :الطمر أو حرث التربة.

2- المعالجة بالأبخرة :

المعالجة بالأبخرة تتم داخل الموقع وتعتمد على ضخ تيارات من الهواء النظيف ضمن التربة الملوثة بحيث يطرد الهواء الملوث بالمواد الهيدروكربونية إلى خارج التربة.





### 3- المعالجة البيولوجية (ميكروبيولوجيا البترول) :

المعالجة البيولوجية تتم داخل الموقع وتعتمد على تجهيز نظام ينشط البكتريا الطبيعية الموجودة في التربة الملوثة من أجل تحفيز التفكك البيولوجي.

\*تطبيقات المواد النانوية تستخدم لتحسين التحلل الحيوي للملوثات الهيدروكربونية في التربة بواسطة سلالات بكتيرية مختلفة فقد تأكد اكتشاف أربع كائنات حية دقيقة من تربة ملوثة بالبترول وتم اختبار قدره هذه الكائنات على التحلل الحيوي للهيدروكربونات البترولية وتأكد ان هذه الكائنات لها القدره على التفسير الحيوي للهيدروكربونات البترولية بنسبه تتراوح بين 75-90 % في مده سبع ايام فقط. كما ان هذه الكائنات الحية الدقيقة بالاضافة الى قدرتها على التفسير الحيوي للهيدروكربونات البترولية فانها قادرة على تكوين المواد ذات النشاط السطحي التي تساعد على زياده نسبة التفسير. ولقد تم زياده تركيز نسبة الهيدروكربونات البترولية الي ثلاث اضعاف لمعرفة قدره هذه الكائنات على التحلل الحيوي في وجود وعدم وجود المواد النانوية (جزينات المواد العضويه البسيطة). حيث ان وجود المواد النانوية تزيد من قدره الكائنات الحية الدقيقة على التفسير الحيوي الي 90 % عن غيرها من العينات مع زياده تركيز نسبة الهيدروكربونات البترولية.

(جزينات المواد العضويه البسيطة يتراوح حجمها بين 0.5 الي 5 نانومتر حيث تتغذي الكائنات الحية الدقيقة على 50% من الكربون العضوي و 15% من النيتروجين الكلي (نيتروجين عضوي ولاعضوي Total Kjeldahl Nitrogen TKN) و 3% من الفسفور العضوي والباقي من المواد العضوية الأخرى. وهذه المغذيات تتواجد على شكل بروتينات وكربوهيدرات ودهون وزيوت.)

النانومتر Nanometer: هو واحد من المليار من المتر . قطر شعره واحدة من الإنسان تقريبا تساوي 70000 نانومتر ووقطر خلايا الدم الحمراء تقريبا تساوي 5000 نانومتر والجزينات العضويه البسيطة يتراوح حجمها بين 0.5 الي 5 نانومتر.

### 4- المعالجة بمرث التربة :

المعالجة بمرث التربة تتم داخل الموقع وتعتمد على مزج التربة الملوثة مع تربة غير ملوثة وفرشها على سماكات صغيرة لتقليل تراكيز الملوثات بالتفكك البيولوجي بعوامل طبيعية.

### 5- المعالجة بالتلاشي الطبيعي :

المعالجة بالتلاشي الطبيعي تتم داخل الموقع وتعتمد على التفكك البيولوجي للملوثات وانخفاض تراكيزها مع الزمن بعوامل طبيعية ودون تدخل عوامل خارجية .

### 6- المعالجة الحرارية :

المعالجة الحرارية تتم داخل أو خارج الموقع وتعتمد على تطبيق القدرة الحرارية لتسخين الملوثات حتى درجة التبخر والتطاير.

\*المعالجة بغسل التربة داخل أو خارج الموقع : تعتمد مبدأ عملية الغسيل تماماً وتستخدم لتخليص التربة من الملوثات بواسطة الماء والمنظفات .

بالنسبة لطريقتي الطمر وغسل التربة يمكن أن تستخدم لكل أنواع التربة في حين أن بقية الطرائق لا يمكن تطبيقها لمعالجة التربة الغضارية (الطينية) ، أما بالنسبة لكثافة الهيدروكربونات، فإن التربة التي تحتوي على الهيدروكربونات الثقيلة تحتاج إلى معالجة حرارية بالدرجة الأولى وهي الطريقة الأكثر فاعلية لتنظيف جميع أنواع التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية...وتعد المعالجة البيولوجية وحرث التربة في الموقع هي الأكثر فاعلية لتنظيف التربة النفوذة من الهيدروكربونات المتوسطة الكثافة، على حين لا تصلح هاتان الطريقتان - وبالعكس جميع الطرائق المتبقية - لمعالجة التربة الحاوية على الهيدروكربونات الخفيفة.







وبمقارنة الكلف الاقتصادية، فإن المعالجة البيولوجية وغسل التربة هي أكثر الطرائق كلفة أما طريقة التلاشي الطبيعي بالموقع فهي أقلها كلفة وطريقة الطمر ذات كلفة متوسطة ومقبولة نسبياً.

ومن ناحية نسب تراكيز الهيدروكربونات في التربة (TPH) نجد أن غسل التربة هي الطريقة الأكثر فاعلية للتراكيز العالية والتي تصل إلى 100000 مغ/كغ، أما طريقة التلاشي الطبيعي فهي لا تستخدم إلا للتراكيز المنخفضة والتي لا تتجاوز 25000 مغ/كغ. أما بقية طرائق المعالجة، فيمكن استخدامها لمعالجة الترب ذات تركيز بحد أقصى 60000 مغ/كغ والحاوية على هيدروكربونات بتراكيز تتراوح بين 40000 و 60000 مغ/كغ.

#### 4- تقنيات إزالة الملوثات الهيدروكربونية من التربة

##### In Situ Methods في موقع التلوث المستخدمة

وتستخدم هذه الطرق في موقع التلوث ولا يتم في هذه الطرق نقل التربة من موقعها مما يخفض من احتمالات تلوث مناطق أخرى.

##### 1. التطاير Volatilization

وتتم هذه التقنية في الموقع وذلك عن طريق إمرار تيار من الهواء خلال أنابيب شبكية تسمح بسرير الهواء في التربة. وفي هذه الحالة تستخدم بعض المعاملات مثل الكربون النشط activated carbon لإمتصاص الملوثات المتطايرة وهذه التقنية محدودة فقط للمركبات العضوية الكربونية المتطايرة.

##### 2. التحلل البيولوجي Biogradation

وفي هذه الطريقة يتم زيادة قدرة الكائنات الحية الدقيقة على تحلل الملوثات طبيعياً وذلك عن طريق زيادة أعدادها ونشاطها. وتتأثر عملية التحلل البيولوجي للملوثات بالصفات البيئية والكيميائية للتربة مثل الرطوبة ودرجة الحموضة Ph، درجة الحرارة والميكروبات الموجودة وصلاحيات العناصر. وتتم عملية التحلل البيولوجي في التربة تحت الظروف الهوائية وفي مدى Ph تتراوح بين 5.5-8 (المثلى Ph=7)

ودرجة حرارة تتراوح بين 293-313k. ويجب أن تأخذ في الاعتبار أن الميكروبات قد تكون فعالة في تحلل ملوث ما دون الآخر.

##### 3. الغسيل Leaching

وفي هذه الطريقة يتم غسل التربة بالماء وغالباً ما يستخدم أيضاً Surfactants (مادة نشطة سطحياً تتكون من مناطق محبة للماء وأخرى كارهة للماء وتعمل على تخفيض التوتر السطحي) لإزالة الملوثات ويتم تجميع الماء بعد الغسيل باستخدام نظام تجميع ثم التخلص منه. واستخدام هذه الطريقة محدودة للغاية لأنه يتطلب استخدام كميات كبيرة من الماء لإزالة الملوثات بالإضافة إلى أن التخلص من الماء وما يحتويه من ملوثات يكون مكلفاً للغاية.

وكفاءة عملية الغسيل تعتمد على نفاذية ومسامية وقوام التربة والتركيب المعدني للتربة ودرجة تجانس التربة. حيث أن كل هذه العوامل تؤثر على درجة تحرر وانطلاق desorption (release) الملوثات من التربة ومعدل غسل الملوثات خلال التربة.

##### 4. العزل Isolation / Containment

وفي هذه الطريقة يتم عزل الملوثات في مكانها ومنها من الانتشار وذلك باستخدام عازل طبيعي physical barrier مثل الطين وذلك لتقليل الهجرة الأفقية. وحديثاً فإن العلماء يدرسون استخدام Surfactants مع الطين وذلك لزيادة امتصاص الملوثات العضوية على سطوح هذه المواد وبالتالي تقلل من حركة الملوثات .mobility of pollutants



## ثانياً الطرق المستخدمة بعيداً عن موقع التلوث **Non- in Situ Methods**

وفي هذه الطرق يتم إزالة التربة الملوثة ومعالجتها في نفس المكان أو نقلها إلى مكان آخر ثم معالجتها. ويعيب هذه الطرق احتمالات نقل التلوث إلى مناطق أخرى خلال عمليات النقل والمعالجة.

### 1. معالجة الأرض **Land Treatment**

وفي هذه التقنية يتم إزالة التربة ونشرها على مساحة من الأرض حتى يمكن للعمليات الطبيعية مثل التحلل البيولوجي والتحلل الضوئي أن تأخذ مجراها للتخلص من الملوثات، وفي هذه الطريقة يتم ضبط درجة حموضة التربة إلى  $Ph=7$  لخفض حركة العناصر الثقيلة ولزيادة نشاط وفعالية ميكروبات التربة كما يتم أيضاً إضافة المغذيات لتنشيط الميكروبات وبعد ذلك تخلط التربة الملوثة مع تربة أخرى وذلك لزيادة التلامس بين الملوثات والميكروبات وخلق ظروف هوائية.

### 2. المعالجة الحرارية **Thermal Treatment**

وفي هذه الطريقة يتم تعريض التربة لدرجة حرارة عالية باستخدام فرن حراري. وتعمل درجة الحرارة العالية على تكسير الملوثات وتنطلق غازات ويتم تجميع الغازات وحرقتها أو استخلاصها بواسطة مذيبيات.

### 3. استخدام الأسفلت **Asphalt Incorporation**

وفي هذه الطريقة يتم إضافة الأسفلت الساخن إلى التربة وخلطها واستخدام المخلوط في رصف الطرق. وهذه الطريقة تعمل على إزالة بعض الملوثات من التربة بالتطاير والجزء الباقي يصبح غير متحرك لخلطه بالأسفلت.

### 4. التصلب **Solidification/ Stabilization**

وفي هذه التقنية يتم إضافة بعض المواد إلى التربة المزالة وذلك لتغطيتها بمادة صلبة أي أن التربة تتحول إلى ما يشبه الكبسولة **encapsulated**. وبعد ذلك يستخدم المخلوط في **Landfill**. وبذلك تصبح الملوثات غير قادرة على الحركة ويعيب هذه الطريقة أن الملوثات لم يتم التخلص منها. وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة لتقليل التلوث بالملوثات غير العضوية.

### 5. الاستخلاص الكيميائي **Chemical Extraction**

وفي هذه التقنية يتم خلط التربة المزالة بمذيب أو **Surfactant** أو مخلوط منهما. وذلك لفصل الملوثات واستخلاصها من التربة. وبعد ذلك يتم غسل التربة للتخلص من المذيب وما يحمله من ملوثات ثم يتم ترشيح المذيب بعد ذلك ومعالجته لإزالة الملوثات وهذه التقنية عالية التكاليف ونادراً ما تستخدم.

### 6. إزالة التربة **Excavation**

وفي هذه الطريقة يتم نقل التربة الملوثة إلى مكان آخر وغالباً ما يكون **Landfills** التي تحتوي على حواجز طبيعية تمنع حركة الملوثات. وعمليات إزالة ونقل تكلفتها عالية بالإضافة إلى أن نقل التربة إلى مكان آخر قد يؤدي إلى تلوث الماء الأرضي.

ينتضح مما سبق أن التكنولوجيات المستخدمة لإزالة الملوثات من التربة هي في الأعم الأغلب مضيعة للوقت ومكلفة للغاية بالإضافة إلى إمكانية خلق مخاطر إضافية للعاملين وإنتاج مخلفات ثانوية. لذلك فإنه من البديهي أن نتطلع إلى تكنولوجيا جديدة يتم تطويرها بحيث تصبح قادرة على إزالة الملوثات من مواقع التلوث بكفاءة عالية وتكلفة معقولة. وتعتبر التكنولوجيا الحيوية أحد البدائل الواعدة لإزالة الملوثات من التربة عن طريق تنشيط العمليات الطبيعية في التربة ويمكن للنباتات أن تلعب دوراً هاماً في هذا الشأن وبتكلفة بسيطة بالمقارنة إلى الخيارات الأخرى.





## ثانياً كيفية تقييم ومعالجة التربة الزراعية الملوثة

لا يتأتى العلاج الأمثل لحماية التربة من التلوث من تطبيق سياسات إقليمية إنما يتطلب الأمر تطبيق خطة شاملة لحماية البيئة بوجه عام من الملوثات المختلفة، فالهواء الملوث يأتي بأكسيد النيتروجين والكبريت ويؤدي إلى تكوين المطر الحمضي الذي يتسبب بدوره في تلوث المسطحات المائية والتربة، ومياه الأنهار الملوثة تنقل الملوثات إلى البحار والأراضي الزراعية والطيور والإنسان.

### أولاً القيام بالإصلاحات التالية :

1- التوسع في استخدام الأعداء الطبيعيين للحشرات والديدان بدلا من المواد الكيماوية، واستخدام الوسائل الحديثة التي توصل إليها العلماء مثل استخدام أشعة جاما المتولدة من الكوبالت المشع لإحداث عقم لذكور الحشرات الضارة، وقد نجحت هذه الطريقة في إحداث عقم لذكور حشرات ذباب الفاكهة والذبابة الحلزونية.

2- مكافحة السلوكيات الخاطئة التي تؤدي إلى حدوث التلوث بكافة صورته، وأتباع طرق الري الملائمة حتى تحتفظ التربة بمستوى معين من الملوحة يتناسب مع النباتات المزروعة ونوعية التربة مع توفير نظام صرف جيد حتى لا تتراكم الأملاح في التربة.

3- استخدام الأسمدة العضوية لأنها تعتبر من أهم عوامل خصوبة التربة وتحسين خواصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، مع قصر استخدام الأسمدة الكيماوية على التربة التي تحتاج إلى أنواع معينة من العناصر.

4- عدم السماح للمصانع بتصريف مخلفاتها نهائياً في مجارى المياه الطبيعية وبخاصة في الأنهار وتحريم ذلك نهائياً.

### ثانياً تجميع البيانات التالية :

- التعرف على التأثيرات الصحية والبيئية وتقييمها وذلك بتحديد مخاطر الملوثات على الصحة (تحديد الملوثات وتوزيعها بالموقع) ، ثم تقييم الخطر الناتج عن الملوثات.
- تحديد أولويات العمل بالمناطق المتضررة
- تقييم الأراضي الملوثة مبدئياً
- وذلك عن طريق القيام بالتالي :

#### 1- تقييم الموقع

إن عملية تقييم الموقع يجب أن تأخذ في الحسبان الخطر على الصحة والخطر على البيئة واختيار نهج معين وحتى يتم هذا العمل يجب أن يتضمن عمل مكتبي وإستكشافي للموقع ودراسة طبيعة الموقع ووصف الموقع، جيولوجية الموقع، نوعية التربة، هيدرولوجية وهيدروجيولوجية الموقع. تاريخ الموقع والدراسات السابقة والأعمال السابقة لمحاولة إستصلاح الموقع والتعرف على نوعية الملوثات. وفي هذا الصدد يمكن الإستفادة من نظام البيانات الجغرافية بواسطة الحاسب الآلي.

إن تقييم مقدار التلوث ضروري لإتخاذ القرار السليم بشأن الموقع الملوث، وعليه يجب أن تتوفر فيمن يقوم بعملية التقييم الخبرة الكافية ، وإستخدام الإستراتيجيات المناسبة للمعالجة ، وإن خلاصة عمله وتوصياته تكون مدعمة بالبيانات التي يتم تجميعها أثناء الدراسة.







ينتج عن تقييم الموقع في العادة أحد القرارات الآتية:

- أن الموقع مناسب للإستعمال الحالي والمقترح.
- أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أو المقترح إلا بعد إجراء عمليات الإستصلاح المناسبة.
- أن الموقع غير مناسب للإستعمال الحالي أو المقترح.

## 2- تطبيق المعايير

يوجد العديد من المعايير لتلوث التربة بالمواد الملوثة حيث يتم الاستناد إلى أحد تلك المعايير وتحديد التركيزات المسموح بها والتركيزات التي تشكل خطراً على البيئة.

## 3- تخطيط الاستعمال المستقبلي للأرض وذلك بتحديد الخواص الطبيعية للتربة

## 4- وضع خطة عمل للإستصلاح

تتم عملية إستصلاح المواقع المتضررة بطرق عديدة مثل الطرق الهندسية والتي تشمل على جمع ودفن الملوثات بموقع آخر مناسب. التخلص من الملوثات في موضع يتم إعداده بالموقع وفق مواصفات معينة عزل الموقع وذلك إما بعمل سياج حوله أو بعمل غطاء مناسب لمنع انتقال الملوثات.

## ملخص طرق الإستصلاح

- المعالجة الطبيعية: غسيل التربة، تبخير المواد الكيميائية المتطايرة، الفصل بالجاذبية .
- المعالجة الحرارية: التبخر والحرق .
- المعالجة الكيميائية: تعديل درجة التفاعل، الاختزال/الأكسدة، التميؤ، التثبيت، تكوين مركبات غير قابلة للذوبان .
- المعالجة الحيوية: ويستخدم لهذا الغرض البكتريا والفطريات. إن اختيار عملية الإستصلاح تعتمد على نوعية الملوثات وكمياتها .
- منع حدوث أي تلوث جديد: يجب على السلطات المحلية التوجية بتنظيف الملوثات الموجودة باستمرار.





## ثالثاً معالجة الأراضي الملوثة باستخدام النباتات (Phytoremediation)

يستخدم **Phytoremediation** أساساً للتعبير عن إمكانية استخدام أنواع النباتات ذات القدرة العالية على امتصاص وتجميع وتركيز مستويات عالية من العناصر في أنسجتها وذلك لمعالجة الأراضي الملوثة. وأغلب هذه النباتات تكون عشبية محدودة النمو وتنمو في مواقع المناجم القديمة الغنية بالعناصر. ولذلك تتركز الجهود الآن على تحسين نمو النباتات المجمعة للعناصر **hyperaccumulation** لاستخدامها في معالجة الأراضي الملوثة، ومن الناحية الأخرى ولمحدودية المجموع الخضري للنباتات المجمعة للعناصر فإنه يجري دراسة استخدام وتقويم بدائل من النباتات ذات المجموع الخضري الكبير مثل الأشجار والحشائش لاستخدامها في المعالجة على الرغم من ضعف مقدرة هذه النباتات نسبياً على تجميع العناصر بالمقارنة بالنباتات العشبية الأخرى.

مجال استخدام النباتات في معالجة الأراضي الملوثة في الوقت الحاضر أصبح أكثر اتساعاً ليشمل جميع العمليات التي تستخدم فيها النباتات بهدف احتواء (عزل) أو إزالة الملوثات مثل خفض حركة وتحلل وتطاير الملوثات غير العضوية مثل العناصر الثقيلة والنظائر المشعة والملوثات العضوية، وسوف يتم التركيز على استخدام النباتات بجميع أنواعها بما في ذلك المحاصيل الحقلية في معالجة الأراضي الملوثة بالمواد العضوية وغير العضوية. ولما كانت المعالجة النباتية للأراضي الملوثة تعتبر تقنية جديدة فإن معظم الدراسات التي أجريت عليها هي عبارة عن تجارب معملية أو تجارب صوبه أو تجارب حقلية على نطاق ضيق كان الغرض منها اختبار وتطوير هذه التقنية الجديدة.

### العمليات الأساسية في معالجة الأراضي الملوثة باستخدام النباتات phytoremediation Processes

تعرف **phytoremediation** بأنها التقنية التي تستخدم النباتات الخضراء لمعالجة الأراضي الملوثة بالكيمياء وبتثبيت المواد المشعة. وتوجد خمس عمليات أساسية يمكن عن طريقها استخدام النباتات لمعالجة الأراضي والرسوبيات والمياه الملوثة. وهذه العمليات ينتج عنها إزالة الملوثات من التربة أو احتوائها وذلك تبعاً لاستراتيجية المعالجة شكل (2).

### اقسام عمليات المعالجة النباتية phytoremediation Processes

#### القسم الاول عمليات عزل الملوثات Containment Processes

وتنقسم إلى :

(أ) تثبيت بواسطة النباتات **Phytostabilization** وتعريف بأنها استخدام النباتات المقاومة للملوثات بغرض التثبيت الميكانيكي للتربة الملوثة وذلك لمنع انتقال حبيبات التربة الملوثة بواسطة عوامل التعرية والهواء إلى البيئات الأخرى. بالإضافة إلى أن غسيل الملوثات يقل بشدة نتيجة لارتفاع معدل البخر - نتج من التربة المنزرعة بالمقارنة بالتربة غير المزروعة.

(ب) تقييد الحركة بواسطة النباتات **Phytoimmobilization** وهي استخدام النباتات لتقييد حركة وانتقال الملوثات الذائبة في التربة. ويعتبر هذا التعريف هو تعديل لتعريف **phytostabilization** والذي نعتقد أنه يعبر تعبيراً صحيحاً عما يحدث في الواقع.





## القسم الثاني عمليات إزالة الملوثات Removal Processes

وهي عمليات استخلاص المكونات العضوية والمعدنية من التربة عن طريق الامتصاص بواسطة النباتات وانتقالها إلى المجموع الخضري الموجود فوق سطح التربة (Salt et al., 1995a).  
(ii) عمليات التحلل بواسطة النباتات Phytodegradation

وهي عمليات الامتصاص والتحلل داخل النبات أو تحلل المواد العضوية بواسطة النباتات بمساعدة الميكروبات في منطقة الجذور (Rhizosphere) (Cunningham, 1995).  
(iii) عمليات التطاير بواسطة النباتات Phtovolatilization  
وتتم عن طريق إنزيمات متخصصة يمكنها تحوير وتحلل في النهاية تطاير الملوثات في نظام التربة - النبات والميكروبات (Meagher & Rugh, 1996).  
وعن طريق الثلاث عمليات السابقة (الاستخلاص والتحلل والتطاير بواسطة النباتات) يمكن التخلص من ملوثات التربة وتتوقف درجة إزالة الملوثات من التربة على نوع الملوثات والخواص الجيوكيميائية للتربة. ونتيجة لأن البكتريا والفطريات في التربة مع الجذور تلعب دوراً هاماً في هذه العمليات فإننا سوف نشير إلى المعالجة النباتية بأنها نظام المعالجة النباتية والميكروبية.

## النباتات المتحملة للملوثات Plant tolerance to Pollutants

تكنولوجيا استخدام النباتات في معالجة الأراضي الملوثة تعتمد أساساً على مقاومة النباتات للملوثات والتي تعني مقدرة النباتات على تجميع تركيزات عالية من المواد السامة في أنسجتها دون أن تتأثر دورة حياتها. ولكي يتم تطوير النباتات المتحملة للملوثات يجب أولاً فهم مقاومة النباتات للأثر السام والضرر للملوثات العضوية وغير العضوية.

أ. تحمل النباتات للعناصر الثقيلة:

سبب مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة إلى ما يلي:

- (i) ارتباط العنصر بجدران الخلايا.
- (ii) وجود غشاء مقاوم للعناصر الثقيلة.
- (iii) النشاط الزائد للخلايا للتخلص من العناصر الثقيلة.
- (iv) وجود إنزيمات مقاومة للعناصر الثقيلة.
- (v) حصر العناصر الثقيلة في مكان واحد مثل تجمع العناصر في فجوات الخلايا vacuoles.
- (vi) خلب العناصر بواسطة الروابط العضوية أو غير العضوية.
- (vii) تركيب مركبات العنصر قليلة الذوبان.

ولقد أوضح العلماء (Obata et al., 1996, Thurman, 1981) حدوث عمليات بيوكيميائية تساعد على مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة فحمض الفوسفاتير في جدران الخلايا و Atpase في غشاء بلازما خلايا الجذور يلعبان دوراً هاماً في التحولات التي تحدث للعناصر الثقيلة والتي تؤدي إلى إزالة الأثر السام للملوثات في النبات.

توجد الآن بعض النظريات تبين سبب مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة إلى وجود جين معين متخصص فلقد أثبتت (Ortiz 1995) وجود جين مقاوم للعناصر الثقيلة داخل بعض النباتات يعمل على التحكم في انتقال ال Cd المخلوب عبر غشاء النواة إلى مكان التخزين في خلايا الخميرة المقاومة للكادميوم. وعموماً حتى الآن لم يثبت بالدليل القاطع أن مقاومة النباتات للعناصر الثقيلة يرجع إلى حين واحد فقط أم إلى مجموعة من الجينات داخل النبات.







ويعتبر حصر التركيزات الزائدة من العناصر في الفجوات العصارية (vacuoles) للخلايا أو في الأوراق استراتيجية فعالة يتبعها النبات لتفادي التأثير السام لهذه العناصر. ولقد ثبت بالفعل تجمع عنصر الكاديوم والزنك في فجوات خلايا النباتات المقاومة للعناصر (Brune- Vdquez 1994).

كما أن تجمع العناصر في الأوراق وسقوط الأوراق فيما بعد تعتبر ميكانيكية محتملة يتبعها النبات لمقاومة العناصر الثقيلة. فإذا كانت النباتات المقاومة تتبع هذه الإستراتيجية لتحمل العناصر الثقيلة وكان كمية الأوراق المتساقطة كبيرة فهذا يعني أن هذه النباتات يجب ألا تستخدم في المعالجة النباتية للأراضي الملوثة.

ب. النباتات المطهرة للتربة "ممتصة العناصر الثقيلة":

تمتص الزرنيخ والمبيدات الزراعية من التربة وتحول السموم إلى مواد تذوب في الماء تمهيداً للتخلص منها تقارير منظمة الصحة الدولية تشير إلى أن ملايين الناس مهددون بالأمراض الجلدية والسرطانية بسبب تلوث المياه الجوفية. تكتسب مهمة تطهير تربة الأرض، والمياه الجوفية، أهمية بينية استثنائية هذه الأيام بسبب انتشار الأمراض، وخصوصاً الأمراض السرطانية والجلدية والحساسيات، نتيجة لتسلل المواد السامة المختلفة إلى التربة بفعل المواد المستخدمة في الصناعة والزراعة. وتقدر منظمة الصحة العالمية التابعة للأمم المتحدة أن 112 مليون إنسان في البنغال الغربية والهند وبنغلاديش مهددون بالأمراض الجلدية والسرطانية بسبب تلوث المياه الجوفية في هذه المنطقة.

العمل جاري على تطوير طرق طبيعية توظف فيها نباتات مختلفة تمتص المعادن، والمعادن الثقيلة من التربة وهي النباتات التي تحتاج في تطورها ودورة حياتها إلى هذه المواد، فتستخدمها في الوظائف المختلفة ثم تطلقها من جديد بشكل مركبات غير ضارة بالبيئة.

#### العشبة الجدارية الصغيرة

إحدى أهم ملتهمات السموم هي عشبة برية منخفضة ذات زهيرات أنبوبية بيضاء صغيرة وأوراق بيضوية صغيرة واسمها "العشبة الجدارية الصغيرة". واكتسبت هذه النبتة، التي تنمو عادة على حافات الشوارع وقرب الجدران دون أن تثير اهتمام أحد، أهمية جديدة من خلال تصنيفها الجديد ضمن مجموعة جديدة تسمى النباتات "المطهرة للأرض". والمهم فيها أنها نبتة برية، رخيصة الثمن، تنمو وتتكاثر بسرعة وتمكن زراعتها على مساحات شاسعة وميزة العشبة الجدارية الصغيرة أنها مفترس كبير لمادة الزرنيخ من الأرض.

ونجح باحثون اميريكيون في زيادة نهم هذه النبتة للزرنيخ عن طريق إضافة جينين استمد من البكتيريا، لخريطتها الجينية وكتب العلماء المختصون بالهندسة الوراثية في مجلة **Nature Biology** انهم نجحوا من خلال هذا التحوير في مضاعفة قدرة النبتة على التهام الزرنيخ 300 مرة. ويفترض ان يساعد هذا الاكتشاف في التوصل الى حل مشكلة الأراضي والمياه الملوثة بمركبات الزرنيخ.

وتقوم النباتات المطهرة للأرض بمهام أخرى فهي تمتص المعادن الثقيلة السامة من خلال الجذور ثم تعمل على تحويلها إلى مركبات ذائبة في الماء حيث أن بعض النباتات تمتص المواد المبيدة للقوارض من الأرض وتعمل على تغييرها بواسطة انزيمات خاصة وثبت ان بعض النباتات قادرة على تحييد حتى الزنق والسيلينيوم بعد امتصاصهما من الأرض وتتحكما إلى الخارج بشكل مركبات وغازات غير ضارة.





### نبته ذيل الثعلب

نبته ذيل الثعلب **Amaranthus Retroflexus** تعمل على امتصاص السيزيوم المشع 40 مرة أكثر من غيرها من النباتات ونجح العالم الفيزيولوجي الاميركي ليو كوشيان من "مختبر الزراعة والتربة والتغذية الاميركي" في خفض نسبة السيزيوم المشع في التربة بنسبة 3% بعد ثلاثة أشهر فقط من زراعة ذيل الثعلب

فيها ويأمل كوشيان ان يحرر الأرض تماما من السيزيوم المشع من خلال زراعة هذه النبتة البرية في ثلاثة مواسم في السنة وطوال 15 سنة من الآن ويقول العالم الاميركي ان تخلص المناطق الاميركية من المواد المشعة بواسطة التقنية الحديثة سيكلف الإدارة الاميركية ما يزيد عن 300 مليار دولار.

### نبته Agropyron Desertorum

وهي تعمل على امتصاص مادة **PCB** "بولي كلورينيد بايفينيل" وهي مادة تستخدم في شتى التطبيقات الصناعية، من الأرض والمياه الجوفية وأثبتت إحدى التجارب الاميركية ان هذه النبتة تمكنت من خفض مادة **PCP** في التربة بنسبة 58% خلال 15 يوما فقط.

### نبته HYBRID PEOPLE

وهي نوع من شجرة الحور البرية القادرة على سحب مادة "ترايكلوريثيلين" **Trichlorethylen** من المياه الجوفية وإطلاقها عبر مسامات وريقاتها الصغيرة. وتحدث إحدى التجارب عن قدرة سيقان هذه الشجيرات الصغيرة على سحب الترايكلورايثيلين من الأرض بنسبة 90%. بينما يشار الى نبتة **Thlaspi caerulescens** بانها نبتة قادرة على امتصاص النيكل والزنك من الأراضي الملوثة بالمعادن الثقيلة ويصنف الباحث روفوس شيني من خدمة الأبحاث لزراعية في ماريلاند هذه النبتة ضمن النباتات "المدورة للتربة". وكشفت الفحوصات التي أجراها شيني على هذه النبتة ان الزنك يكون 30-40% من محتوياتها واستنتج بالتالي حاجتها الدائمة لامتناس الزنك من التربة.





## الفصل الرابع

### طرق جمع وتحليل عينات التربة Analysis of Soil Samples

أولا طريقة وقواعد جمع عينات التربة واجهزة التحليل

1- يتم تقسيم المنطقة الملوثة الى مربعات وكل مربع مساحته 1000 متر مربع (50 متر طول أو عرض X 20 متر طول أو عرض)

2- باستخدام مغرفة حديدية أو مثقاب ذي بريمة Soil Auger تجمع العينات .

\* من كل مربع تؤخذ عينتين (سطحية وتحت سطحية) بحيث تجمع العينات من المربعات على شكل دائرة ثم دائرة اصغر فنحصل على شكل نجمي لتغطي كامل المنطقة .

\* من كامل المنطقة وبخط متعرج تؤخذ عدد 5 عينات سطحية و 5 عينات تحت سطحية (10 عينات ممثلة للمنطقة بالكامل)

\* العينة السطحية تكون بعمق من 0 حتى 30 سم بوزن 1 كيلو جرام توضع في كيس بلاستيكي اصفر وتخلط جيدا وتكتب ورقة وتوضع بداخل الكيس تبين المكان والتاريخ والعمق ولون التربة مع وجوب نشر العينة لتجف قبل اخضاعها للتحليل (او وضعها في فرن التجفيف عند درجة حرارة 105).

\* العينة تحت سطحية تكون بعمق من 30 حتى 60 سم بوزن 1 كيلو جرام توضع في كيس بلاستيكي ازرق وتخلط جيدا وتكتب ورقة وتوضع بداخل الكيس تبين المكان والتاريخ والعمق ولون التربة مع وجوب نشر العينة لتجف قبل اخضاعها للتحليل (او وضعها في فرن التجفيف عند درجة حرارة 105).

ملاحظة :

\* يمكن أخذ عينات التربة السطحية والتحت سطحية عن طريق جهاز خاص مثبت بسيارة

#### Taking a soil core with a hydraulic probe

\* لتقييم الملوحة فقط تجمع العينات على عمق 1-10 سم .

#### قواعد اخذ عينات التربة

- 1- عند اخذ عينات التربة يجب أن نضع نصب أعيننا الهدف من اخذ العينة لذا يجب أن يتم تحديد الموقع بما يتماشى مع الغرض من الدراسة أو يظهر المشكلة بوضعها الفعلي دون تحيز.
- 2- في حالة دراسات التوسع الرأسي يجب الاستعانة بخريطة طبوغرافية أو خريطة تربة حديثة حيث أن توافرها يساعد كثيراً في تحديد مواقع اخذ العينات.
- 3- تقسيم الحقل أو منطقة الدراسة إلى أجزاء يفيد كثيراً في تحقيق التماثل و التجانس داخل كل جزء حيث تؤخذ عينات من كل جزء على حدة .
- 4- مساحة الجزء الممثلة له العينة يستحسن ألا تزيد عن 2.5 هكتار في دراسات الخصوبة و تحسين التربة ويفضل أن تقل عن ذلك , كما يراعى أن تكون مساحة كل جزء متجانسة قدر الإمكان.
- 5- يجب تجنب المناطق ذات الظروف الخاصة مثل مناطق أكوام الأسمدة أو تجمعات الماشية أو بالقرب من الحظائر و الطرق و الأسوار أو المنخفضات الصغيرة داخل الحقل.
- 6- يختلف العمق الذي تؤخذ منه العينات حسب الهدف من الدراسة.
- 7- عادة ما يفضل اخذ العينات من التربة عند سعتها الحقلية إلا أننا قد نضطر لأخذها مبتلة أو جافة فتؤخذ في أكياس بلاستيك و يجري تجهيزها بسرعة.







## أجهزة تحليل التربة

أولاً جهاز الكروماتوجرافي الغازي والغازي السائل

### (Gas Chromatography: GC & liquid Chromatography)

يعد الكروماتوجرافي الغازي من أدق وأسرع وأبسط وأهم طرق التحليل الأساسية لفصل (Separation) مكونات أي مخلوط من المركبات ثم تعريفها (identification) وهو ما يسمى بالتحليل الوصفي النوعي (Qualitative Analysis) ثم تقدير كل مكون (مركب) على حده كميًا وهو ما يعرف بالتحليل الكمي (Quantitative Analysis) وبدرجة عالية من الحساسية والدقة والتي قد تصل على جزء في الترليون (Part per trillion) أي لمستوى البيكوجرام (pictogram) وذلك علاوة على السرعة في الفصل والتعريف والتقدير (بما في ذلك المركبات المتطايرة ذات نقطة الغليان حتى 350 م). ويرجع انتشار نطاق استخدامه إلى تنوع الأعمدة والكاشفات المستخدمة معه (Detectors) وتعد الفكرة الأساسية والمنبثقة منها فكرة عمل الجهاز هي عملية التجزئ (partitioning) لمكونات مخلوط العينة الموجودة بين طورين هما :

#### 1- الطور المتحرك (Un-stationary (Mobile) :

يتمثل في الغاز النقي الحامل الخامل (pure inert carrier Gas) والمنسب داخل العمود (Column) بضغط معين ومعدل سريان معين ثابت يختلف تبعاً للطريقة المستخدمة على نوعية التركيب الكيميائي لمخلوط العينة ودرجة قطبيته (polarity). وهنا يتوقف اختيار نوع الغاز الحامل على نوع الكاشف المستخدم (Detector) والذي بدوره يتوقف على طبيعة التركيب الكيميائي للمركب المستخدم ومن أمثلة هذه الغازات النيتروجين والهليوم والأرجون والهيدروجين.

#### 2- الطور الثابت (Stationary (Immobile) Phase) :

ويتمثل في طور سائل غير متطاير وغير متبخر (Non-Volatile & Non) يغلف حبيبات المادة المدعمة المدعمة المعبأ بها العمود المدعمة حيث يثبت العمود (قلب الجهاز) في فرن كهربائي ذو درجة حرارة متغيرة يتحكم فيها بالدرجة الواحدة وبالتالي يمكن التحكم في توزيع العينة وبدوره يتحكم في معدا ازاحتها حيث تتأثر مقدرة العمود على الفصل بتفاوت درجة الحرارة.

### ثانياً جهاز الكروماتوجرافي الغازي GC Gas Chromatography:

#### ثالثاً جهاز الكروماتوجرافي الغازي السائل liquid Chromatography GLC

رابعاً جهاز كروماتوجرافي السائل عالي الأداء

### (High Performance Liquid Chromatography : HPLC)

يعتبر كروماتوجرافي السائل عالي الأداء أحدي الطرق الأساسية لتحليل مخلفات السموم في بعض مكونات الأنظمة البنائية حيث يمتاز بالدقة والحساسية العالية شأنه شأن الكروماتوجرافي الغازي (GC) الكروماتوجرافي الغازي السائل (GLC) كما تظهر مميزات استخدامه في عدم الاعتماد على تطاير العينة أو تأثيرها بالحرارة كما هو الحال في الكروماتوجرافي الغازي والغازي السائل هذا بالإضافة إلى كفاءة الفصل العالية جداً لفصل العديد من المركبات المختلفة. ويقوم الجهاز بفصل مكونات العينة ثم التعرف عليها وتقديرها كميًا ويتم الفصل عن طريق توزيع العينة ما بين طورين :

الأول طور متحرك سائل والثاني طور ثابت سائل أو صلب والذي عادة يكون في عمود طوله حوالي 25 سم وقطره الداخلي 4 مم وتعتمد كفاءة الفصل على مواصفات العمود وبصفة خاصة على قطر جزيئات المادة المدعمة ويلاحظ أن خفض قطر الجزيئات يؤدي إلى تحسين أداء العمود ومن ناحية أخرى يرفع الضغط للحصول على معدل سريان مناسب للطور المتحرك خلال العمود ولهذا السبب فإنه يعبر عنها بالضغط العالي للكروماتوجرافي السائل. كروماتوجرافيا السائل عالي الأداء HPLC





## ثانياً التحليل العام لعينات التربة

اولاً تحديد قيمة الرقم الهيدروجيني للتربة

خطوات التحليل

- 1- ضع 10 جرام من العينة (قم بتحنية الحبيبات الكبيرة والاحجار) في كأس سعة 50 مل .
- 2- اضف للكأس 25 مل من الماء المقطر.
- 3- حرك العينة بساق زجاجية لمدة 30 دقيقة (نتحصل على محلول العينة)
- 4- قم بمعايرة الجهاز وذلك بوضع 40 مل من المحلول المنظم (PH=9) في كأس سعة 50 مل وبغمس القطب الكهربائي Electrode نتحصل على قراءة PH=9 وهذا يعني ان الجهاز تم ضبطه على 9 .
- 5- قم بمعايرة الجهاز وذلك بوضع 40 مل من المحلول المنظم (PH=7) في كأس سعة 50 مل وبغمس القطب الكهربائي Electrode نتحصل على قراءة PH=7 وهذا يعني ان الجهاز تم ضبطه على 7 .
- 6- الان قم بغمس القطب الكهربائي Electrode في محلول العينة وسجل القراءة.

ثانياً تحديد قيمة التوصيل الكهربائي E.C. Electrical Conductivity

واجمالي المواد المذابة أو الاملاح الذائبة الكلية TDS Total Dissolved Salts

خطوات التحليل

- 1- ضع 10 جرام من العينة (قم بتحنية الحبيبات الكبيرة والاحجار) في كأس سعة 50 مل .
- 2- اضف للكأس 25 مل من الماء المقطر.
- 3- حرك العينة بساق زجاجية لمدة 5 دقائق (نتحصل على محلول العينة)
- 4- قم بمعايرة الجهاز وذلك بوضع 40 مل من محلول قياسي معلوم التوصيلة في كأس سعة 50 مل وبغمس القطب الكهربائي Electrode نتحصل على القراءة وهذا يعني ان الجهاز تم ضبطه أو معايرته .
- 5- الان قم بغمس القطب الكهربائي Electrode في محلول العينة وسجل القراءة الخاصة بالتوصيلة وفي نفس العينة سجل قراءة الاملاح الذائبة الكلية.

ثالثاً تحديد قيمة تركيز البوتاسيوم والصوديوم في التربة

خطوات التحليل

الاجهزة المستخدمة (ميزان حساس - فرن تجفيف - حمام رملي "لتسخين العينة" - منخل 0.7-0.2mm - جهاز الانبعاث الذري)

1- عملية النخل - توضع العينة (بعد التجفيف في فرن) في جهاز منخل متعدد الفتحات ثم يشغل الجهاز ويضبط على السرعة المناسبة بحيث تنزل حبيبات التربة من الشبك الاعلى (فتحة 0.7 mm) الى الشبك الادنى (فتحة 0.2 mm) ثم تفرغ الصينية اسفل الشبك الادنى في عبوة بلاستيكية لاستعمالها في الخطوات التالية.

2- عملية الهضم - يوزن 1 جرام من العينة المنخولة وتوضع في كأس 50 مل ويضاف عليها بضع قطرات من الماء المقطر حتى لا تتطاير ثم يضاف 10 مل من حمض النيتريك المركز HNO<sub>3</sub> (بحذر شديد لأنه حارق للجلد) يوضع كأس العينة على جهاز الحمام الرملي على درجة حرارة 80-90 مئوية مع تغطية كأس العينة بزجاجية وتستمر عملية التسخين حتى تمام عملية الهضم (يصل حجم العينة الى 2 مل تقريبا).





3- عملية الترشيح - بعد عملية الهضم يضاف 5 مل ماء مقطر الى كاس العينة ثم ترشح العينة باستخدام قمع ترشيح وورق ترشيح مقاس 2 ميكرومتر ثم يجمع المرشح (الرشيح) داخل دورق سعة 10 مل.

4- عملية التخفيف - يعبىء الدورق ذو سعة 10 مل حتى نهايته بالماء المقطر (10 مل).

5- عملية القياس - باستخدام جهاز الانبعاث الذري يتم قياس تركيز البوتاسيوم والصوديوم في العينة بعد التخفيف حيث يكون تركيز العنصر المقروء في الجهاز بالـ PPM

المعادلة:

التركيز بالميكروجرام/جرام = التركيز بالميكروجرام/مل  $\times$  معامل التخفيف ml/g  
 حيث ان التركيز بالميكروجرام/مل = التركيز المقروء بالجهاز PPM  
 وان معامل التخفيف Dilution factor يحسب كالتالي:  
 حجم دورق التخفيف 10 مل  $\div$  وزن العينة 1 جرام  
 النتيجة = 10 مل /جرام

رابعاً تحديد خصوبة التربة وصلاحياتها للزراعة

يتم اخذ عينات من مواقع مختلفة وتخلط جميع العينات ببعضها البعض ثم يؤخذ 1 كيلوجرام ليجري عليه اولاً تحليل نوع التربة (هل هي رمل او طمي او طين) وما نسب كل منهما في قوام التربة لمعرفة نوع التربة ، ثم يتم اجراء تحليل لمعرفة درجة خصوبة الأرض ( النيتروجين، حامض الفوسفوريك، البوتاسيوم ، الكالسيوم )

فإذا كان واحد كيلو جرام يحوي ( 1 جرام نيتروجين و 1 جرام حامض فسفوريك و 2 جرام بوتاسيوم و 50 جرام كالسيوم ) فهذا يعني ان التربة خصبة واذا زادت عن ذلك فالتربة خصبة جداً (النقص يعني انها تربة فقيرة او مجدبة).







## الفصل الخامس - معالجة النفايات بالبلازما

تستخدم حالة المادة الرابعة (البلازما) التي تنتجها المفاعلات البلازمية حالياً في العديد من الدول المتقدمة في التخلص من النفايات أو الفضلات الصلبة والسائلة والغازية الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما .

### أنواع مفاعلات البلازما البيئية:

#### A- مفاعلات بلازمية متطورة للفضلات الصلبة والسائلة الملوثة.

وهي مفاعلات بلازمية تعمل بنظام بالانحلال الحراري **Pyrolysis** وبتقنيات مختلفة أهمها تقنية **Plasma Torch** (نظام الانحلال الحراري لطاقة البلازما بتقنية المشعل البلازمي أو الأقواس البلازمية) وهي مخصصة تماماً لجميع أنواع النفايات والمخلفات حتى المخلفات العسكرية فهي مفاعلات صديقة للبيئة تتعامل مع جميع أنواع النفايات وتحويلها إلى مواد صلبة يمكن استخدامها في البناء أو الرصف ، وفيها يعمل المفاعل عند درجات حرارة عالية تصل من 1000 إلى 6000 وحتى 18000 درجة مئوية أو أكثر 50000 وبذلك يتم تبخير وتحطيم المواد السامة وتحويلها إلى غازات غير سامة ، وفي نهاية العملية يكون ما تبقى من مواد صلبة في صورة زجاج.

حيث يمكن عن طريق مفاعلات البلازما الصغيرة منها التخلص من 200 كيلو جرام من النفايات والمواد السامة في الساعة وهناك مفاعلات بلازما مطورة كبيرة تتخلص من 1000 كيلو جرام في الساعة (24 طن يوميا).

وأصبحت بذلك بديلاً أساسياً عن جميع المفاعلات البلازمية ذات نوع معين من النفايات وبدل عن محارق النفايات المعروفة **incinerators** ذات الانبعاثات الضارة . ومن أمثلتها الحالية:

#### - مفاعل البلازما PEPS (Plasma Energy Pyrolysis System - PEPS)

#### B- مفاعلات بلازمية متطورة للعوادم والنواتج الغازية الملوثة.

وفيها يعمل المفاعل على تحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل ( غاز ثاني أكسيد الكبريت **Sulphur dioxide (SO2)** "واكاسيد الكبريت المختلفة **SOX**" وثاني أكسيد النيتروجين **Nitrogen dioxide (NO2)** "واكاسيد النيتروجين المختلفة **NOX**" ) إلى مواد غير سامة فعلى سبيل المثال غاز **NO2** قبل ان يخرج من المدخنة إلى الغلاف الجوي، توجه عليه حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز مثبت في منتصف المدخنة تعمل على تأيين الغازات الموجودة (المادة السامة **NO2** والهواء) أي تحويلها إلى حالة بلازما ، وقبل خروجها إلى الجو تكون مرحلة التأيين قد انتهت وتتكون جزيئات النيتروجين والاكسجين نتيجة لعملية اعادة الاتحاد وهكذا يتم تحويل الغازات الملوثة إلى غازات ناعمة وبتكاليف قليلة.

يجدر الإشارة هنا أنه تم حديثاً التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات، حيث تم تركيب جهاز بلازما في عادم السيارة لمعالجة الغازات السامة قبل خروجها إلى الجو.

#### C- مفاعلات بلازمية محدودة للفضلات الصلبة والسائلة والغازية الملوثة.

وتسمى مصانع **Pyrolysis Plant** لأنها تعمل بنظام بالانحلال الحراري **Pyrolysis** كالتالي في المتطورة ولكن أقل حرارة ، حيث ان أغلبها تعمل على اعادة تدوير لنفايات بعينها **Recycling** ومن أمثلتها الحالية:

#### Pyrolysis Plant

- 1- waste tyre pyrolysis plant (load 6-8 tons of crushed tires).
- 2- waste plastic to oil machine
- 3- Waste oil distillation machine
- 4- Tire oil to diesel refining machine
- 5- Waste Rubber
- 6- Waste Sludge Oil Process





## D- مفاعلات بلازمية للطاقة من النفايات .

تعمل هذه المفاعلات على تحويل النفايات إلى طاقة وذلك بإنتاج غاز من النفايات ، حيث ان عملية تحويل النفايات إلى الغاز في المفاعل البلازمي عن طريق تقنية المشعل البلازمي Plasma Torch أو القوس البلازمي حيث يعتبر من أحدث وأكثر تقنيات إنتاج الطاقة من النفايات تطورا حيث يتم إنتاج مزيد من الطاقة بترك أقل لتلوثات بيئية كما يتم إزالة مخاطر النفايات الكيميائية والصناعية السامة .

يستخدم مشعل البلازما في ايجاد الحرارة ذات الدرجة العالية جدا التي يتعذر على سائر الاجهزة إنتاجها ودرجة حرارة الغاز المتصاعد من هذا المشعل التي تتوقف على الحجم وقدرة استهلاكه قد تتراوح ما بين 6000 و 30000 كلفن ، ففي حرارة كهذه يحال أي جسم مقابل شعلة هذا المشعل لبخار ويوسع هذا الجهاز انتاج درجات حرارية عالية للغاية وأن من اهم خواصه يمكن اعتباره صديق الطبيعة لعدم افرازه أي نوع من الغازات الدفينة المسببة للاحتباس الحراري. فاستخدام مشعل البلازما لا يسبب أي تلوث للبيئة.

يستخدم مشعل البلازما Plasma Torch في الصناعة في قطع الفلزات ولحمها والصبغة المتطورة والان يستخدم في تفكيك النفايات + انتاج الطاقة.

امكانية التفكيك وانتاج الطاقة بواسطة مشعل البلازما له أهميته المميزة لكل انواع النفايات وخصوصاً نفايات المستشفيات التي يتعذر تفكيكها أساسا ما يترتب على دفنها الكثير من المشكلات من نقل ملوثات المستشفيات للبيئة وتلوث مصادر المياه الجوفية وما يعقب ذلك من اضرار كبيرة تهدد السلامة العامة.

## E- مفاعلات بلازمية علمية للبيئة.

ومن امثلتها الحالية:

- مفاعل البلازما PE-CVD

وهو مفاعل بلازما يستعمل لترسيب الأبخرة الكيميائية

هو عبارة عن مفاعل لترسيب الأبخرة الكيميائية بتقنية البلازما (PE-CVD) ، وهو نظام مخصص لقياس الترسيبات من الأنايبب النانوية المصنوعة من الغرافين والكربون، ويستطيع التعامل مع أسطح الركائز حتى حجم 4 بوصة، وهو صناعة الشركة الألمانية AIXTRON SE .

- مفاعل البلازما الكهربائي للغازات

هو عبارة عن مفاعل بلازما كهربائي لتحليل الغازات الى مكوناتها الاساسية.

مكون من مختبر بلازما وحوض للتصفية وغرفة للسيطرة (بدون لهب أو نار) حيث يتم تحويل العادم بمساعدة غاز البلازما إلى نيتروجين صاف باستخدام قطبين للكهرباء بقدرة 650 فولت يتدفق التيار بشكل مستمر خلال البلازما المشكلة حديثا إلى حقل الطاقة بسرعة البرق لتحلل العوادم إلى عناصرها الاساسية بطريقة تمزيق روابطها الجزيئية.





## الفصل السادس - دليل وإستراتيجية تقييم الأثر البيئي لقطاع النفط والغاز

### ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT MANUAL EIA

#### مقدمة

قوانين حماية البيئة الدولية تنص على أن تخضع المنشآت أو المشروعات الجديدة وكذلك التوسعات في المنشآت القائمة لتقييم الأثر البيئي قبل إصدار تصريح لها.

إن تقييم الأثر البيئي هو عملية تدريجية منظمة توفر هيكلًا لجمع وتوثيق المعلومات والآراء حول الآثار البيئية لأنشطة حتى يمكن إجراء التقييم الملائم لأهمية هذه الآثار ونطاق زيادتها أو تعديلها أو تخفيفها.

يستخدم نظام تقييم الأثر البيئي منهج القوائم لتصنيف المشروعات الى ثلاثة تصنيفات اعتمادا على المستويات المختلفة لتقييم الأثر البيئي المطلوب وفقا لشدة الآثار البيئية المتوقعة .

#### قوائم التصنيف البيئي لمشروعات النفط والغاز

- 1- قائمة التصنيف البيئي ( أ ) ويسمى بالقائمة البيضاء EIA FORM (A)
- 2- قائمة التصنيف البيئي ( ب ) ويسمى بالقائمة الرمادية EIA FORM (B)
- 3- قائمة التصنيف البيئي ( ج ) ويسمى بالقائمة السوداء EIA FORM (C)

#### 1- قائمة التصنيف البيئي ( أ ) EIA FORM (A)

- محطات الغاز الطبيعي في المناطق غير الحساسة بيئيًا.
- محطات وقود السيارات سائل أو غاز طبيعي.

#### 2- قائمة التصنيف البيئي ( ب ) EIA FORM (B)

- المسح الاستكشافي ( الجيولوجية / الجيوفيزيقية (على البر أو في البحر للبحث عن النفط والغاز).
- الحفر الاستكشافي فقط دون تنمية على البر أو في البحر للبحث عن النفط والغاز.
- إنشاء خطوط أنابيب على البر أو في البحر بطول أقل من 50 كم في المناطق غير الحساسة.
- مستودعات تخزين الوقود البنزين أو الغاز أو الديزل وبسعة تخزينية إجمالية 15000 م<sup>3</sup> أو أقل.
- محطات تموين وخدمة السيارات/محال تشحيم السيارات.
- محطات وقود السيارات) سائل ، غاز طبيعي (ومضخات الرصيف في المناطق الحساسة بيئيًا.
- الخط الإنتاجي بمناطق بها تسهيلات مع ربط الآبار الجديدة بهذه التسهيلات دون إضافة أي توسعات جديدة.

#### 3- قائمة التصنيف البيئي ( ج ) EIA FORM (C)

- الحفر الاستكشافي والتنمية على البر أو في البحر للبحث عن النفط والغاز.
- تنمية حقول النفط والغاز على البر أو في البحر.
- إنتاج النفط / الغاز على البر أو في البحر.
- إنشاء خطوط أنابيب على البر أو في البحر بطول أقل من 50 كم في المناطق الحساسة بيئيًا.
- إنشاء خطوط أنابيب على البر أو في البحر بطول 50 كم أو أكثر.
- مستودعات تخزين الوقود - البنزين أو الغاز أو الديزل (بسعة تخزينية إجمالية أكبر من 15000 م<sup>3</sup>
- محطات تكرير النفط والبتروكيماويات.
- شبكات توزيع الغاز الطبيعي للمدن.
- وحدات فصل ومعالجة وتداول وتخزين النفط والغاز.
- المنطقة الحساسة هي على سبيل المثال المناطق السكنية والمحميات الطبيعية والمناطق الزراعية وشواطئ البحار والأنهار وغيرها







## نموذج تجميع معلومات التصنيف البيئي ( أ )

### معلومات عامة

اسم المشروع ..... اسم مالك المشروع..... عنوانه.....  
بالكامل..... اسم الشخص المسئول..... العنوان.....

### بيانات المشروع:

مكان وموقع المشروع -- ترفق خريطة توضح موقع المشروع والأنشطة المحيطة -- عنوان المشروع --  
طبيعة المشروع -- جديد -- توسعات -- طبيعة التوسعات .

• إذا كانت طبيعة المشروع توسعات فهل تم تقديم دراسة تقييم بيئي للمشروع الأساسي ؟

### مراحل المشروع و تواريخ بدايتها المتوقعة الإنتشاء -- التشغيل الفعلي.

### وصف موجز للمشروع

مكونات المشروع -- الطاقة الكهربائية المستخدمة -- مصدرها .  
مصدر المياه -- عمومية ، جوفية ، مسطحات مائية ، أخرى.  
استخدامات المياه -- معدل الاستهلاك.

### المخلفات الناتجة عن النشاط خلال مرحلة الإنشاء و التشغيل وطرق معالجتها:

المخلفات السائلة ----- : نوعيتها  
كميتها ----- : كيفية التخلص منها  
المخلفات الصلبة ----- : نوعيتها  
كميتها ----- : كيفية التخلص منها  
الانبعاثات الهوائية وطرق التحكم فيها -- طرق الحماية والتحكم في الضوضاء -- الاحتياطات المتخذة لضمان  
أمان العاملين-- الاحتياطات المتخذة لمكافحة الحريق .

## نموذج تجميع معلومات التصنيف البيئي ( ب )

### معلومات عامة

اسم المشروع -- نوع المشروع -- سيزمى، مستودعات لتخزين الوقود، محطات تموين الوقود، ... أخرى  
اسم مالك المشروع وعنوانه -- اسم الشخص المسئول.

### موقع المشروع والبيئة المحيطة

وصف موقع المشروع بالتحديد والمساحة التي سيتم شغلها مع إرفاق خريطة مقروءة تبين بوضوح موقع  
المشروع وحدوده بالنسبة للمناطق السكنية والأنشطة المجاورة والطرق المستخدمة والمزمع إنشاءها... الخ  
على أن تكون الخريطة ذات مقياس رسم مناسب  
نوع المشروع-- جديد -- توسعات-- نوع التوسعات  
إذا كان نوع المشروع هو " توسعات " فهل تم تقديم دراسة لتقييم الأثر البيئي للمشروع الأصلي؟

### البيئة المحيطة

وصف عام للمنطقة المحيطة بالمشروع شاملا وصف الأنشطة المختلفة، المناطق التاريخية، المناطق  
المحمية، المناطق السياحية والترفيهية... الخ  
بيانات الوضع الراهن-- وصف لظروف البيئة القائمة أو تحليل كمى للمياه والهواء والترربة المحيطين... الخ





### أهداف المشروع ومراحله والبرنامج الزمني

وصف موجز للمشروع مع إرفاق رسومات ورسم تخطيطي و المكونات الرئيسية للمشروع  
الكهرباء المستخدمة -- المصدر -- معدل الاستهلاك -- مصدر المياه -- عمومي، مياه جوفية، مياه سطحية،  
مصادر أخرى  
استخدام المياه -- معدل الاستهلاك

### نوع الوقود

غاز طبيعي-- بنزين نافطة -- مصدر الوقود -- معدل الاستهلاك  
الكيمويات أنواعها وكمياتها

أسباب اختيار التكنولوجيا المستخدمة  
العدد المتوقع للعمالة

المخلفات الناتجة عن المشروع في مرحلتى الإنشاء والتشغيل -- المخلفات الصلبة -- النوع -- الكمية  
المخلفات السائلة -- النوع الكمية -- الانبعاثات الغازية -- النوع -- معدل تولدها -- المخلفات الخطرة  
النوع -- الكمية -- المخلفات، طرق معالجتها ، نقلها ، التخلص النهائي منها -- المخلفات السائلة.

### مياه الصرف الصحي

معدل التصريف ( ) : متر مكعب / يوم طرق التصريف مياه الصرف الصناعي معدل التصريف ( ) :  
متر مكعب / يوم  
التحليل المتوقع لمياه الصرف الصناعي فى حالة المعالجة - مواصفات وحدة المعالجة ومواصفات الصرف  
بعد المعالجة  
أسلوب التخلص النهائي

### الانبعاثات إلى الهواء

نوع الانبعاثات إلى الهواء وتركيزات أكاسيد الكبريت والهيدرو كربون وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكربون  
والمواد العالقة... الخ أسلوب التحكم فيها

المخلفات الصلبة -- النوع -- الكمية -- طرق نقلها والتعامل معها وتخزينها طرق التخلص منها المخلفات  
الخطرة -- النوع -- الكمية  
طرق معالجتها -- طرق التخلص منها  
يمكن إرفاق صفحات إضافية لشرح البيانات التالية

### الآثار البيئية الهامة وأساليب التخفيف:

أثر المشروع على نوعية الهواء وطرق التخفيف - دليل الإرشادات لقطاع النفط والغاز- أثر المشروع  
على نوعية المياه وتوفرها وطريقة التخفيف - أثر المشروع على نوعية التربة وخصوبتها وطريقة  
التخفيف - أثر المشروع على الحياة البرية ، البحرية وطريقة التخفيف - الآثار الاجتماعية الاقتصادية  
وطريقة التخفيف الضوضاء وأساليب التحكم فيها.

### الآثار الأخرى المتوقعة للمشروع و أسلوب الحد منها

الإجراءات المتبعة لحماية صحة وسلامة العمال والمجتمع المحيط -  
بدائل المشروع برنامج المتابعة والرصد خطة الإدارة البيئية) خطط الطوارئ... الخ برنامج إعادة  
التأهيل

### نموذج تجميع معلومات التصنيف البيئي ( ج )

هو نفس ما ورد في

نماذج تجميع معلومات التصنيف البيئي ( أ و ب ) مع التركيز على التفاصيل.





## إرشادات تقييم الأثر البيئي لمشروعات النفط والغاز

فيما يلي قائمة بملخص متطلبات تقييم الأثر البيئي لمشروعات النفط والغاز ، لا تنطبق الموضوعات التي تم تحديدها على كل مشروعات النفط والغاز حيث يمكن أن تنطبق بعض الموضوعات بصورة أكبر على بعض الحالات المعينة أكثر من غيرها اعتمادا على نوع المشروع، ولذا يجب أن يتم تطويع تقييم الأثر البيئي بحيث يلائم المشروعات المختلفة مع التركيز على القضايا الرئيسية في كل منها.

يجب أن يعكس مستوى تحليل كل موضوع من موضوعات تقييم الأثر البيئي مستوى أهمية آثارها وأن يركز التحليل على الموضوعات الرئيسية، ويجب أن تكون المعلومات المذكورة في تقييم الأثر البيئي دقيقة وواضحة وموجزة مع التركيز على النوعية وليس الكمية.

## كيفية اعداد تقرير تقييم الأثر البيئي EIA REPORT REQUIREMENTS

### 1- الملخص التنفيذي Executive Summary

يجب أن يوفر الملخص فكرة شاملة موجزة للمشروع والآثار البيئية المتوقعة. ويجب كتابة هذا الملخص بلغة غير فنية وواضحة ليسهل على كل القراء استيعابه بما في ذلك القراء غير المتخصصين. ويجب تقديمه في صفحة منفصلة في صدارة تقرير تقييم الأثر البيئي، كما يجب كذلك تقديم ترجمة للملخص باللغة العربية في حالة كتابة التقرير باللغة الإنجليزية.

### 2-المقدمة Introduction

يجب أن تتضمن المقدمة معلومات عامة عن المشروع مثل الاسم الذى سيستخدم لإصدار التصاريح والتراخيص ونوع المشروع) حفر، حقول تنمية، حقول إنتاج، أنواع أخرى (اسم صاحب/أصحاب المشروع...الخ.

### 3- التشريعات البيئية Environmental Legislation

بيان وافي عن الإجراءات الخاصة بإجراء دراسات تقييم الأثر البيئي المنصوص عليها قانونيا مثل قانون حماية البيئة ، كما يجب أن يتضمن تقرير تقييم الأثر البيئي على قائمة بالتشريعات الوطنية والإقليمية والدولية ذات الصلة بالمشروع ويجب أن يضاف قائمة بكل معايير الانبعاثات وسوانل الصرف ذات الصلة بالمشروع المقترح.

### 4- وصف المشروع المقترح Description of the Proposed Project

#### أهداف المشروع Project objectives

يجب أن يتضمن التقرير بيان بأهداف المشروع يشمل مراحلته وبرنامج الزمنى ودوره حياته بالإضافة إلى أساليب إعادة التأهيل إن وجدت.

#### مكان المشروع ووصف الموقع Location and Site Description

وصف موقع المشروع بالتحديد والمساحة التى سيشغلها، ويجب تقديم المعلومات التالية:  
 • الاستخدامات القائمة للأراضى والمياه بالموقع والبيئة المحيطة  
 • موقع المشروع مدعم بالخرائط – خرائط موقع عام – خرائط مكونات المشروع والصور التى تحدد بوضوح موقع المشروع المقترح  
 • المناطق الزراعية والزراعات بالمنطقة  
 • البنية الأساسية الطرق والمرافق بما فى ذلك خطوط النقل وخطوط الأنابيب...الخ.







### وصف المشروع المقترح والمرافق المصاحبة له

#### Proposed project description and associated facilities

- وصف موجز للمشروع ومكوناته الرئيسية ومواصفاته وتصميمه مع توفير المعلومات التالية:
- أقصى مساحة من الأراضي والمياه التي تتأثر من المشروع.
- تحديد موارد المياه المستخدمة وكمية ونوعية المياه التي ستستخدم في الأغراض المختلفة.
- تحديد مصادر الطاقة اللازمة للمشروع ومصدرها ومعدلات استهلاكها.
- عدد وحجم خزانات الوقود وأساليب التخزين والتداول.
- أنواع الكيماويات والمواد الخطرة الأخرى وكمياتها وطريقة تداولها وتخزينها... الخ.
- أنظمة إدارة المياه السطحية بالموقع وتحديد خطوط الصرف وطرق وأنظمة التحكم في التلوث وأنظمة تخزين المخلفات والتخلص منها.
- مواصفات محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي.
- الطرق المستخدمة لمرور المقطورات والروافع... الخ.
- طرق التخلص من المخلفات الصلبة والسائلة والأساليب والمواقع المقترحة لتدويرها أو التخلص النهائي منها.

### 5- وصف البيئة المحيطة والوضع الراهن

#### Description of the Existing Environment – Baseline Data

الغرض من هذا القسم هو عرض فكرة شاملة عن الظروف البيئية في منطقة المشروع والتي يمكن بناء عليها تقييم الآثار البيئية المتوقعة للمشروع. ويجب أن يتوافق مستوى التفصيلات لكل من الموضوعات التالية مع أهمية كل منها بالنسبة لعملية اتخاذ القرار، كما يجب توفير المعلومات التالية:

#### الخصائص الطبيعية لموقع المشروع

#### Physical characteristics of the project area

##### الخصائص الطبيعية للمنطقة على البر في حالة وجود المشروع على البر

يجب وصف طوبوغرافية تضاريس المنطقة بما في ذلك أشكال الأراضي وارتفاعاتها والخصائص الأخرى ذات الصلة، كما يجب إعطاء وصف عام لجيولوجية المنطقة مدعماً بالخرائط الجيولوجية. ونوصى بإرفاق الخريطة الطوبوغرافية للمنطقة.

##### الخصائص الطبيعية للمنطقة في البحر في حالة وجود المشروع في البحر يجب توفير المعلومات التالية لإيضاح خصائص المنطقة داخل البحر:

يجب وصف قياس الأعماق في المنطقة وطوبوغرافية قاع البحر وخصائص ترسبات القاع. وكذلك بأخذ عينات للترسبات وتحليلاتها وأخذ عينات وإجراء تحليلات لترسبات قاع البحر، وللشروعات التي تم إجراء دراسات سابقة لها في نفس المنطقة ونفس التكنولوجيا المستخدمة يرفق هذه الدراسات في الملاحق الخاصة بالدراسة.

وصف خصائص التيارات السطحية وتحت السطحية في المنطقة سرعتها واتجاهها وصف نظام الأمواج في المنطقة، الطول، الارتفاع والمدة

#### المناخ Climate

يجب تقديم وصف موجز للأحوال الجوية الموسمية بمنطقة المشروع) درجة الحرارة، الرطوبة، سرعة الرياح واتجاهها، الأمطار وأية بيانات موسمية عن العواصف التي قد تصيب المنطقة. ويجب أن تعتمد المعلومات على أحدث بيانات الأرصاد الجوية من أقرب محطة للأرصاد بالمنطقة. ويجب إيضاح موقع محطة الأرصاد بالنسبة لموقع المشروع.





### Water quality نوعية المياه

• وصف الحالة القائمة لأي مسطح مائي أو مياه جوفية يمكن أن تتغير كنتيجة للمشروع

يجب التركيز على الخصائص التي قد تتغير كنتيجة للمشروع مثل:  
توفر المياه السطحية والجوفية في منطقة المشروع وحولها  
استخدامات المياه في المنطقة سحب المياه من المصادر المختلفة للرى والصناعة أو الاستخدامات المنزلية.  
تحليل للمياه في المنطقة.

### Air quality نوعية الهواء

إذا كان من المحتمل تغير نوعية الهواء المحيط كنتيجة للمشروع فإنه يجب دراسة مصادر التلوث الموجودة الثابتة مثل الماكينات (والمحركة) السيارات ... الخ. إجراء تحليل للهواء المحيط

### Noise الضوضاء

إذا كان من المحتمل حدوث ضوضاء من المشروع فيجب دراسة مستويات الضوضاء الناتجة عن المصادر الثابتة والمحركة.

### Flora and Fauna الحياة النباتية والحيوانية

إذا كان من المحتمل أن تتأثر الحيوانات أو النباتات البرية والبحرية فيجب دراسة الموضوعات التالية:  
تحديد البيئات النباتية والحيوانية البرية والبحرية والمجتمعات البيئية وإن أمكن وتحديد تعدادها وأجناسها في المنطقة والتي يمكن أن تتأثر تأثيراً مباشراً أو غير مباشر بالمشروع. يتم ذلك عن طريق إجراء برنامج مسح مكثف.

تحديد مدى ندرة هذه الكائنات والمجتمعات البيئية وتعدادها وأجناسها محلياً وإقليمياً

وتحديد معدلات تواجد الحالات التالية بالموقع:  
الكائنات والأنواع والمجتمعات  
البيئية المهددة والمحمية والنادرة - المناطق أو المجتمعات التي تحميها القوانين مثل:  
-قائمة بالأنواع المحمية  
-الأهمية الاقتصادية للأنواع التي من المحتمل أن تتأثر .

### Land use استخدام الأراضي

يجب وصف نمط استخدام الأراضي في منطقة المشروع والمناطق المحيطة بها مع التركيز على:  
•نوع وحجم المستوطنات البشرية في المنطقة بلدة، قرية... الخ  
•النشاط الاجتماعي والاقتصادي (في المنطقة) أنشطة صناعية، ترفيهية، زراعية... الخ  
•المواقع ذات القيمة التاريخية والطبيعية والثقافية أو ذات الأهمية الأثرية  
•المناطق المحمية المجاورة  
•الخصائص الأخرى التي قد تتأثر نتيجة للمشروع





### الخصائص الاجتماعية والاقتصادية Socioeconomic issues

يجب أن تعالج موضوعات مثل الديموغرافية ( توزيع السكان ) ، قضايا المرأة والثقافة. وبالإضافة إلى الموضوعات الاجتماعية التي تم تحديدها يجب دراسة القضايا التالية: قضايا الصحة والسلامة وقضايا العمالة والتوظيف و التهجير وإعادة الاستيطان.

### الحركة المرورية Traffic

يجب إجراء دراسة لحركة المرور على البر أو داخل البحر بالنسبة لبعض المشروعات التي تتطلب حركة كبيرة للسيارات والمراكب. ويمكن إجراء الدراسات كذلك عند احتمال وجود تأثير كبير للسيارات وسيارات النقل والحفارات على المجتمع المحيط نتيجة لخصائص الموقع.

### 6- الآثار البيئية للمشروع المقترح Environmental Impacts of the Project

تم تحديد الموضوعات المحددة التالية كقضايا ذات أهمية خاصة عند تقييم الآثار من أجل دعم اتخاذ القرار بشأن أى مشروع. ولا تشمل القائمة على كل الموضوعات المحتملة وتختلف علاقة كل منها بحسب المشروع المراد إنشائه. لا يجب أن يتناول تقييم الأثر البيئي إلا القضايا ذات الصلة والتي تنطبق على المشروع. ويجب أخذ الموضوعات التالية فى الاعتبار تحسبا لأى أثر متوقع يكون له صلة بأى مشروع مقترح معين.

### مياه الصرف Wastewater

يجب تحديد مصادر مياه الصرف الناتجة عن موقع المشروع صرف صحتي و/أو صناعي مياه صرف العملية الصناعية، مياه الغلايات، ملوثات المياه نتيجة لتسرب الوقود والزيت والكيماويات... الخ (ويجب أن يشتمل ذلك على المعلومات التالية):

تقدير لكمية مياه الصرف المنصرفة يوميا  
وصف خصائص كل نوع من أنواع مياه الصرف التي يتم التخلص منها

إذا كان سيتم صرف مياه الصرف إلى البحر يتم شرح المعالجة التي ستتم عليها قبل صرفها إذا كانت مياه الصرف سيتم تجميعها ونقلها إلى البر للتخلص منها يتم وصف مرافق الاستقبال على البر وطريقة المعالجة إن وجدت قبل التخلص منها يجب تقييم أثر هذا الصرف على الأراضي والمساحات المائية وخزانات المياه الجوفية فى منطقة الاستقبال يجب تقييم التراكمات البيولوجية المحتملة للمكونات السامة وآثارها الناتجة على صحة الإنسان.

### المخلفات الصلبة Solid Waste

يجب تحديد مصادر المخلفات الصلبة (العادية والصناعية) التي ستنتج عن المشروع المقترح، كما يجب إدراج المعلومات التالية:

• وصف تكوين محتويات كل نوع من المخلفات الصلبة وتصنيفها إلى مخلفات خطرة وغير خطرة.  
• يجب وصف النظام الذى سيتم استخدامه للتعامل مع المخلفات الصلبة من لحظة إنتاجها وحتى التخلص النهائي منها

• تقدير كمية المخلفات الصلبة المتوقع تولدها من المشروع  
• وصف طريقة التخلص النهائي

تقييم أثر المخلفات الصلبة على صحة الإنسان وعلى المياه الجوفية والسطحية بالقرب من منطقة التخلص النهائي.







### الانبعاثات الغازية Gaseous Emissions

تحديد مصادر الانبعاثات الغازية) أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين، أكاسيد الكربون، إجمالي المواد العالقة، الهيدروكربونات، كبريتيد الهيدروجين... إلخ كما يجب إدراج البيانات التالية:  
تقديرات المستويات المتوقعة من الانبعاثات من كل مصدر تقديرات الآثار قصيرة وبعيدة المدى لهذه الملوثات على صحة الإنسان والأنظمة البيئية في موقع المشروع والمنطقة المحيطة به أساليب السيطرة على هذه الملوثات وتقييم أثر الانبعاثات الغازية على صحة الإنسان وبيئة الهواء المحيط.

### الضوضاء Noise

تحديد مصدر الضوضاء ومدة التعرض لها بالإضافة إلى المعلومات التالية:  
بيانات الوضع الراهن حول مستويات الضوضاء.  
تقدير المستوى المتوقع من الضوضاء من كل مصدر رئيسي.  
تقدير الأثر المتوقع للضوضاء على صحة الإنسان في بيئة العمل وعلى أقرب المناطق السكنية لمنطقة المشروع وأسلوب التحكم.

### المواد الخطرة Hazardous materials

تتضمن الموضوعات الواجب دراستها ما يلي:  
• تحديد كل المواد الخطرة وكمياتها ومقترحات تخزينها وتداولها الآمن  
• تحديد المخاطر المحتملة الناتجة عن هذه المواد خلال التخزين والتداول

### تقييم الأثر البيئي Environmental Impact Assessment

بناءً على التحليل الذي تم إجراؤه يجب جمع الآثار التالية في هذا القسم مع ضرورة تحديد الآثار المباشرة وغير المباشرة والآثار التي يمكن عكسها وتلك التي لا يمكن عكسها بالإضافة إلى الآثار التراكمية. ونوصي برفاق جدول أو نموذج أو نظام معلومات جغرافي أو أي أسلوب ملائم آخر لعرض التقييم يوضح الآثار البيئية الرئيسية لكل موضوع رئيسي من الموضوعات المذكورة سابقاً مع توضيح مناسب.

الآثار على استخدام الأراضي

الآثار على نوعية المياه

الآثار على نوعية الهواء

أثار الضوضاء

الآثار على النباتات والحيوانات

الآثار الاجتماعية والاقتصادية

الآثار على حركة المرور

أثار المواد الخطرة على الموقع

### 7- إجراءات التخفيف Mitigating Measures

يجب ذكر إجراءات التخفيف المقترحة للسيطرة على الآثار وضمان الالتزام بالمعايير ذات الصلة بما في ذلك تقدير لمدى الفاعلية المتوقعة لهذه الإجراءات وعواقب الفشل وأنظمة فصل الكيماويات ومكافحة الحريق، واستخدام المواد القابلة للاشتعال... إلخ.

### إدارة مياه الصرف ونوعية المياه Waste Water Management and Water Quality

ضوابط التخفيف المقترحة لمنع تلوث المياه من أنشطة الصيانة والإصلاح أو التسرب أو الانسكاب العفوى للبتروول أو المواد الضارة وذلك عن طريق وضع إجراءات لتخزين ونقل المخلفات والتخلص الآمن منها بالنسبة لكل أنواع المواد الخطرة المستخدمة براً وبحراً. يجب أن يشمل التقييم وصفاً لمحطات المعالجة لكل من مياه الصرف الصناعي ومياه الصرف الصحي مع التحليل المتوقع لسوائل الصرف النهائية وأسلوب التخلص النهائي.





### إدارة المخلفات الصلبة **Solid Waste Management**

إجراءات التخفيف المقترح تنفيذها للتخلص من المخلفات الصلبة الخطرة وغير الخطرة الناتجة عن المشروع أو تدويرها.  
يجب الشرح التفصيلي الوافي لكيفية التخلص من البقايا المخلوطة بسوائل الحفر الطينية الناتجة عن عمليات الحفر كجزء من خطة إدارة مخلفات أنشطة الحفر.

### نوعية الهواء والضوضاء **Air quality and Noise**

إجراءات التنفيذ المقترح تنفيذها للسيطرة على تلوث الهواء والضوضاء في منطقة المشروع من أجل تحسين نوعية الهواء وتقليل آثار الضوضاء

### 8- البدائل **Alternatives**

يجب أن يتضمن تقرير تقييم الأثر البيئي تقييم لبدائل المشروع التي يمكن تنفيذها من حيث التصميم والتكنولوجيا والموقع... الخ وكذلك أساليب بدء تشغيل المشروع بالإضافة إلى بدائل إجراءات التخفيف، كما يجب دراسة عواقب عدم تنفيذ المشروع كأحد البدائل الممكنة. ويجب كذلك إيضاح البديل الذي يقع عليه الاختيار مع بيان مبرر اختياره.

### 9- خطة الرصد والمتابعة **Monitoring Plan**

يجب تصميم خطة الرصد والمتابعة المقترحة لتحديد فاعلية التخفيف والتحقق من التوقعات والتوافق مع قوانين البيئة المصرية. ويجب إيضاح نظام الرصد والمتابعة لتحديد ما إذا كانت إجراءات التخفيف قد تم تطبيقها بما يتوافق مع الجدول الزمني المتفق عليه وما إذا كانت تؤدي وظيفتها المتوقعة أم لا.  
ويمكن استخدام خطة الرصد والمتابعة خلال التقييم الدوري للمشروع لتنفيذ إجراءات التصحيح إذا استدعى الأمر.

### 10-برنامج إعادة التأهيل **Rehabilitation Program**

وهو البرنامج المتبع لإعادة الموقع الى ما كان عليه قبل تنفيذ المشروع.

### 11-خطة الإدارة البيئية **Environmental Management Plan (EMP)**

خطة الإدارة البيئية هي مستند يتم إعداده لضمان تنفيذ الالتزامات الواردة في تقرير تقييم الأثر البيئي وما يستتبعه من تقارير تقييم واشترطات للحصول على الموافقات والتراخيص. وهو مستند فني شامل والذي يتم عادة استكماله خلال التصميم التفصيلي للمشروع أو بعده بما في ذلك أية إجراءات لبدء التشغيل بعد الحصول على الموافقة على تنفيذ المشروع , يجب أن يتضمن تقرير تقييم الأثر البيئي إطار خطة الإدارة البيئية مع

ملخص لمبادئ الإدارة البيئية يجب أن تتضمن خطة الإدارة البيئية قسمين :  
الأول يوضح برنامج إدارة المشروع المقترح (برنامج الإدارة البيئية)

### Environmental management outline

والثاني يوضح برنامج الرصد والمتابعة (برنامج الرصد والمتابعة) **Monitoring outline**

### برنامج الإدارة البيئية **Environmental management outline**

يتضمن هذا القسم تفاصيل حول:

إدارة المواد بالموقع بما في ذلك المنتجات النفطية والكيماويات والوقود إدارة نوعية المياه والهواء خطط الصيانة والأمن بالموقع خطط الطوارئ للاستجابة للحالات الطارئة والحوادث أو أية أعطال في الأداء البيئي استراتيجيات نقل المعلومات من برنامج الرصد والمتابعة وترجمتها إلى ممارسات للإدارة وخطط للعمل من أجل تحسين الأداء والاستدامة البيئية لكل مكونات المشروع.  
برامج التدريب لموظفي التشغيل وحوافز الأداء البيئي الجيد





### برنامج الرصد والمتابعة Monitoring outline

يجب تصميم برنامج الرصد والمتابعة بعناية بحيث يتوافق مع التنبؤات المذكورة في تقييم الأثر البيئي والمؤشرات البيئية الرئيسية التي توضح الاستدامة البيئية المتوقعة للمشروع. ويجب على تقييم الأثر البيئي أن يوضح الاحتياج إلى أية إجراءات مقترحة للرصد والمتابعة واستخداماتها وفترات المتابعة وإجراءات إعداد التقارير بنتائجها. وتشتمل المعايير الخاصة بذلك ما يلي:

- نوعية المياه المنصرفة أو المتسربة إلى المياه الجوفية أو السطحية أو التربة
- نوعية الهواء والضوضاء
- كمية المخلفات ونوعيتها
- مؤشرات الصحة العامة الأخرى ذات الصلة بالمشروع وكمية ونوعية الكيماويات.

### خطة الطوارئ Emergency Response Plan

يجب عمل تقدير لاحتمالية حدوث الحوادث الممكنة مثل الانفجارات ، تسرب الزيوت مع وصف تفصيلي للإجراءات التي ستستخدم لاحتوائها في حالة وقوعها ومعالجة آثارها على البيئة.

هذا الدليل تم اعداده حسب

## 1- التشريعات الوطنية National Legislation

- قانون حماية البيئة
- اللائحة التنفيذية
- قانون المحميات الطبيعية
- قانون صيد الأسماك والحياة البحرية
- قانون الزراعة
- دليل إرشادات تقييم الأثر البيئي الليبي

## 2- التشريعات الدولية والإقليمية International and Regional Legislation

- اتفاقية بازل المتعلقة بمراقبة حركة النفايات الخطرة عبر الحدود وبالتخلص منها 1995
- اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية المتعلقة بتغير المناخ 1992
- الاتفاقية بشأن التنوع البيولوجي 1992
- OPRC الاتفاقية الدولية بشأن الاستعداد والاستجابة والتعاون لمواجهة التلوث النفطي 1990
- اتفاقية حفظ أنواع الحيوانات البرية المهاجرة بون 1983
- اتفاقية الأمم المتحدة المتعلقة بقانون البحر (UNCLOS) 1983
- الاتفاقية الإقليمية لحفظ بيئة البحر الأحمر وخليج عدن والبروتوكولات المنبثقة عنها)جدة 1982
- ( MAPROL ) الاتفاقية الدولية لمنع التلوث الناجم عن السفن 73 - 78
- اتفاقية حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث برشلونة 1976
- اتفاقية منع التلوث البحري من مصادر برية) باريس 1974
- اتفاقية منع التلوث البحري) باريس 1974
- RAMSAR اتفاقية الأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية اتفاقية 1971







## نموذج تقييم التأثير البيئي للتصنيف (أ)

### Environmental Impact Assessment - Form (A)

1- معلومات عامة

1-1 اسم المشروع :-

2-1 نوع المشروع : (بنية أساسية - صناعي - زراعي - طاقة - مشروعات صحية - سياحي - أخرى...)

3-1 عنوان المشروع :

4-1 اسم مالك المشروع (شخص - شركة - أخرى...):

5-1 اسم الشخص المسئول :

رقم التليفون : رقم الفاكس :

بريد إلكتروني :

6-1 طبيعة المشروع:  جديد  توسعات، نوعها

إذا كانت طبيعة المشروع توسعات:

هل تم تقديم نموذج/دراسة تقييم التأثير البيئي للمشروع الأساسي؟  نعم  لا

تاريخ الحصول على أول ترخيص للمشروع مع إرفاقه:

7-1 هل يقع المشروع في تنمية أوسع (منطقة صناعية، مركز سياحي، أخرى).  نعم  لا

في حالة الإجابة بنعم، أذكر اسم هذه التنمية:

2- بيانات المشروع :

1-2 المساحة الكلية للمشروع (متر<sup>2</sup>) :

المساحة الكلية لمبنى المشروع (متر<sup>2</sup>) :

2-2 المنتج الأساسي :

3-2 المنتج الثانوي :

4-2 مكان وموقع المشروع:

يرفق وصف عام لموقع المشروع من جميع الجهات، موضحاً حدود الموقع بالنسبة للأنشطة والتنمية المجاورة، استخدامات الأراضي، الطرق، المناطق الأثرية والمحميات الطبيعية إن وجدت. (برجاء إرفاق





خريطة مفصلة ومعتمدة من الجهة الإدارية المختصة بمقياس رسم مناسب وواضح وموضاً عليها اتجاه الرياح (السائدة).

5-2 المسافة بين الموقع وأقرب كتلة سكنية : .....

6-2 طبيعة المنطقة التي يقع بها المشروع (يمكن أن يكون أكثر من اختيار):

- |  |  |                                       |
|--|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> مدينة               | <input type="checkbox"/> يعلوه سكن           | <input type="checkbox"/> مبنى مستقل   |
| <input type="checkbox"/> خارج الكتلة السكنية | <input type="checkbox"/> داخل الكتلة السكنية | <input type="checkbox"/> قرية         |
| <input type="checkbox"/> منطقة صناعية        | <input type="checkbox"/> منطقة صحراوية       | <input type="checkbox"/> منطقة زراعية |
| <input type="checkbox"/> محمية طبيعية        | <input type="checkbox"/> منطقة ساحلية        | <input type="checkbox"/> منطقة حرفية  |
|  | <input type="checkbox"/> أخرى، أذكرها .....  | <input type="checkbox"/> منطقة أثرية  |

7-2 وصف عام لمنطقة المشروع:  
يرفق وصف عام لمنطقة المشروع فيما يخص البيئة الطبيعية والبيولوجية والاجتماعية والثقافية.

- 8-2 البنية الأساسية:
- |                                     |                                 |                   |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة المياه       |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة الكهرباء     |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة صرف صحي      |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة طرق/سكة حديد |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | مصادر الوقود      |

3 - وصف مراحل المشروع :

1-3 مرحلة الإنشاء:

\*تاريخ الإنشاء: .....

\*الجدول الزمني للتنفيذ: .....

1-1-3 وصف موجز للأنشطة أثناء مراحل الإنشاء:

.....  
.....

\*مصادر المياه : .....

استخداماتها: .....

معدل الاستهلاك : .....

\*نوع الوقود : .....

مصدر الوقود : .....

معدل الاستهلاك : .....

\*العمالة المتوقعة وأماكن إقامتهم: .....

2-1-3 المخلفات الناتجة عن الإنشاء وكيفية التخلص منها:

\*مخلفات صلبة: .....

نوعيتها : .....

كميتها : .....

كيفية التخلص : .....





\*مخلفات سائلة :----- نوعيتها :-----  
كميتها :----- كيفية التخلص :-----

\*إنبعاثات غازية (دخان - رائحة - مواد عالقة):-----

\*موضوعات-----

\*أخرى-----

### 2-3 مرحلة التشغيل

1-2-3 وصف تفصيلي لمرحلة التشغيل (ترفق أشكال أو رسومات توضيحية):

\*المكونات الرئيسية للمشروع :-----

\*مصادر المياه (عمومية/ جوفية/مسطحات مائية/...):-----

معدل الاستهلاك (م/3يوم):-----

\*نوع ومصادر الوقود:-----

معدل الاستهلاك:-----

\*الطاقة المحركة المستخدمة----- مصدرها :-----  
ارفق وصفاً للأنشطة والعمليات لكل مكون من مكونات المشروع، مدعماً برسوم توضيحية لتتابع الأنشطة وخرائط التشغيل مع توضيح المدخلات والمخرجات لكل مكون وكمياتها :

مرفق رقم (6):-----  
العمالة المتوقعة وأماكن إقامتهم :

2-2-3 المخلفات ومعالجتها وكيفية التخلص منها:

\*ملوثات الهواء:

معدل انبعاث الملوثات الغازية: ( ) م/3ساعة

توصيف عمليات المعالجة للإنبعاثات الغازية والمعايير المتوقعة بعد المعالجة:-----

برجاء إرفاق التحليل المتوقع للإنبعاثات الغازية .

\*المخلفات السائلة:

الصرف الصحي :-----

معدل الصرف : ( ) م/3يوم

كيفية التخلص : ( شبكة عمومية - - أخرى....)-----

فى حالة وجود وحدة لمعالجة الصرف الصحي:

يرجى إرفاق وصف لمكونات الوحدة مع بيان كيفية التخلص من الحمأة وأسلوب التخلص من الصرف بعد المعالجة ومعايير الصرف الناتج عن وحدة المعالجة.







الصرف الصناعي :  
معدل الصرف : ( ) م<sup>3</sup>/يوم  
التحليل المتوقع للصرف الصناعي :

طرق التخلص من الصرف:  
 على شبكة البلدية مباشرة  يجمع في بئارة بدون معالجة ويتم كسحه  
 يتم الصرف على مسطح مائي مع بيان اسم المسطح  
 أخرى

في حالة وجود وحدة لمعالجة الصرف الصناعي:  
برجاء إرفاق وصف لمكونات الوحدة مع بيان لكيماويات المستخدمة وأساليب التخلص من الصرف بعد  
المعالجة ومعايير الصرف الناتج عن وحدة المعالجة.

المخلفات الصلبة والخطرة :  
أنواع المخلفات الناتجة ومعدل التولد:

طرق النقل والتداول والتخزين :

طرق التخلص من المخلفات (متعهد - مدفن آمن - أخرى) :

بيئة العمل  
مؤشرات بيئة العمل:

طرق حماية العاملين (أدوات وقاية، أنظمة شفط غازات، الخ):

أخرى

4- القوانين والتشريعات السارية  
ارفق قائمة بالقوانين البيئية المنطبقة على المشروع مع تحديد الجوانب التي تحددها التشريعات ورقم المواد.

5 - تقييم التأثيرات البيئية  
ارفق تحليل للتأثيرات البيئية المحتملة للمشروع في كل من مرحلتى الإنشاء والتشغيل والتي قد تشمل  
التأثيرات على نوعية الهواء أو التربة أو المياه السطحية والجوفية أو البيئة البيولوجية أو الحياة الاجتماعية  
أو البنية الأساسية والأنشطة المجاورة، ما إلى ذلك حسب طبيعة المشروع وموقعه. مع تناول التأثيرات خلال  
حالات الطوارئ مثل الانسكابات والتسربات.

6- خطة الإدارة البيئية لتخفيف التأثيرات البيئية :

1-6 وصف إجراءات التخفيف لكل تأثير :

2-6 وصف برنامج الرصد البيئي :

3-6 وصف المتطلبات المؤسسية (تحديد المسؤوليات والمتطلبات والترتيبات اللازمة لتطبيق إجراءات  
التخفيف والرصد):





## نموذج تقييم التأثير البيئي للتصنيف (ب)

### Environmental Impact Assessment - Form (B)

#### 1- معلومات عامة

1-1 اسم المشروع: .....

2-1 نوع المشروع: (بنية أساسية - صناعي - زراعي - طاقة - مشروعات صحية - سياحي - أخرى...)

3-1 عنوان المشروع: .....

4-1 اسم مالك المشروع (شخص - شركة - أخرى...): .....

5-1 اسم الشخص المسئول: .....

رقم الهاتف: .....

بريد إلكتروني: .....

6-1 الجهة المانحة للترخيص: .....

7-1 طبيعة المشروع:  جديد  توسعات، نوعها .....

• إذا كانت طبيعة المشروع توسعات:

هل تم تقديم نموذج/دراسة تقييم التأثير البيئي للمشروع الأساسي؟  نعم  لا

تاريخ الحصول على أول ترخيص للمشروع مع إرفاقه: .....

مرفق رقم (2) .....

8-1 هل يقع المشروع في تنمية أوسع (منطقة صناعية، مركز سياحي، أخرى).  نعم  لا

في حالة الإجابة بنعم، أذكر اسم هذه التنمية: .....

#### 2- بيانات المشروع:

1-1 المساحة الكلية للمشروع (متر<sup>2</sup>): .....

المساحة الكلية لمباني المشروع (متر<sup>2</sup>): .....

2-2 المنتج الأساسي: .....

3-2 المنتج الثانوي: .....





#### 4-2 مكان وموقع المشروع:

يرفق وصف عام لموقع المشروع من جميع الجهات، موضحاً حدود الموقع بالنسبة للأنشطة والتنمية المجاورة، استخدامات الأراضي، الطرق، المناطق الأثرية والمحميات الطبيعية إن وجدت. (برجاء إرفاق خريطة مفصلة ومعتمدة من الجهة الإدارية المختصة بمقياس رسم مناسب وواضح وموضحاً عليها اتجاه الرياح السائدة).

#### 5-2 المسافة بين الموقع وأقرب كتلة سكنية : -----

#### 6-2 طبيعة المنطقة التي يقع بها المشروع (يمكن أن يكون أكثر من اختيار):

- |  |  |                                       |
|--|--|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> مدينة               | <input type="checkbox"/> يعلوه سكن           | <input type="checkbox"/> مبنى مستقل   |
| <input type="checkbox"/> خارج الكتلة السكنية | <input type="checkbox"/> داخل الكتلة السكنية | <input type="checkbox"/> قرية         |
| <input type="checkbox"/> منطقة صناعية        | <input type="checkbox"/> منطقة صحراوية       | <input type="checkbox"/> منطقة زراعية |
| <input type="checkbox"/> محمية طبيعية        | <input type="checkbox"/> منطقة ساحلية        | <input type="checkbox"/> منطقة حرفية  |
|  | <input type="checkbox"/> أخرى، أذكرها -----  | <input type="checkbox"/> منطقة أثرية  |

#### 7-2 وصف عام لمنطقة المشروع:

يرفق وصف للبيئة الطبيعية والبيولوجية والاجتماعية والثقافية بمنطقة المشروع.

#### 8-2 البنية الأساسية:

- |                                     |                                 |                   |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة المياه       |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة الكهرباء     |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة صرف صحي      |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | شبكة طرق/سكة حديد |
| <input type="checkbox"/> غير متوفرة | <input type="checkbox"/> متوفرة | مصادر الوقود      |

#### 9-2 البدائل المقترحة لموقع المشروع

مع ذكر البدائل المقترحة للموقع وأسباب اختيار هذا الموقع (درجة الحماية من الأخطار الطبيعية والتوافق مع التنمية للمنطقة المحيطة).

-----  
-----

#### 3 - وصف مراحل المشروع :

##### 1-3 مرحلة الإنشاء:

- تاريخ الإنشاء: -----
- الجدول الزمني للتنفيذ: -----

#### 1-1-3 وصف موجز للأنشطة أثناء مراحل الإنشاء:

- مصادر المياه : ----- استخداماتها : ----- معدل الاستهلاك : -----
- نوع الوقود : ----- مصدر الوقود : ----- معدل الاستهلاك : -----
- العمالة المتوقعة وأماكن إقامتهم : -----

#### 2-1-3 المخلفات الناتجة عن الإنشاء وكيفية التخلص منها:

- مخلفات صلبة : ----- نوعيتها : -----
- كميتها : ----- كيفية التخلص : -----





- مخلفات سائلة :----- نوعيتها :  
كميتها :----- كيفية التخلص :-----
- إنبعاثات غازية (دخان - رائحة - مواد عالقة):-----
- ضوضاء
- أخرى

### 2-3 مرحلة التشغيل

#### 1-2-3 وصف تفصيلي لمرحلة التشغيل (ترفق أشكال أو رسومات توضيحية):

- المكونات الرئيسية للمشروع :-----
- مصادر المياه (عمومية/جوفية/مسطحات مائية/...):-----
- معدل الاستهلاك (م/3يوم):-----
- نوع ومصادر الوقود:-----
- معدل الاستهلاك:-----
- الطاقة المحركة المستخدمة----- مصدرها :-----
- ارفق وصفاً للأنشطة والعمليات لكل مكون لكل مكون من مكونات المشروع، مدعماً برسوم توضيحية لتتابع الأنشطة وخرائط التشغيل) مع توضيح المدخلات والمخرجات لكل مكون وكمياتها: البدائل المأخوذة في الاعتبار للمدخلات المستخدمة أو التكنولوجيا أو التصميم أو توزيع الأنشطة، الخ-----
- العمالة المتوقعة وأماكن إقامتهم :-----

#### 2-2-3 المخلفات ومعالجتها وكيفية التخلص منها:

- ملوثات الهواء:  
معدل انبعاث الملوثات الغازية: ( م/3ساعة )  
توصيف عمليات المعالجة للانبعاثات الغازية والمعايير المتوقعة بعد المعالجة:-----
- مع إرفاق التحليل المتوقع للانبعاثات الغازية .
- المخلفات السائلة:  
الصرف الصحي :-----
- معدل الصرف : ( م/3يوم )  
كيفية التخلص : ( شبكة عمومية - بيارت - أخرى.... )-----
- في حالة وجود وحدة لمعالجة الصرف الصحي:





مع إرفاق وصف لمكونات الوحدة مع بيان كيفية التخلص من الحمأة وأسلوب التخلص من الصرف بعد المعالجة ومعايير الصرف الناتج عن وحدة المعالجة.

الصرف الصناعي : .....

معدل الصرف : ( ) م/3يوم

التحليل المتوقع للصرف الصناعي : .....

طرق التخلص من الصرف:

على شبكة البلدية مباشرة  يجمع في بيارة بدون معالجة ويتم كسحه

يتم الصرف على مسطح مائي مع بيان اسم المسطح .....

أخرى .....

في حالة وجود وحدة لمعالجة الصرف الصناعي:

مع إرفاق وصف لمكونات الوحدة مع بيان الكيماويات المستخدمة وأسلوب التخلص من الصرف بعد المعالجة ومعايير الصرف الناتج عن وحدة المعالجة.

المخلفات الصلبة والخطرة :

أنواع المخلفات الناتجة ومعدل التولد: .....

.....

.....

طرق النقل والتداول والتخزين : .....

طرق التخلص من المخلفات (متعهد - مدفن آمن - أخرى) : .....

بيئة العمل

مؤشرات بيئة العمل: .....

.....

طرق حماية العاملين (أدوات وقاية، أنظمة شفط غازات، الخ) : .....

.....

أخرى .....

#### 4- القوانين والتشريعات السارية

مع إرفاق قائمة بالقوانين البيئية المنطبقة على المشروع مع تحديد الجوانب التي تحددها التشريعات ورقم المواد.

#### 5 - تقييم التأثيرات البيئية

مع إرفاق تحليل للتأثيرات البيئية المحتملة للمشروع في كل من مرحلتى الإنشاء والتشغيل والتي قد تشمل التأثيرات على نوعية الهواء أو التربة أو المياه السطحية والجوفية أو البيئة البيولوجية أو الحياة الاجتماعية أو البيئة الأساسية والأنشطة المجاورة، ما إلى ذلك حسب طبيعة المشروع وموقعه. مع تناول التأثيرات خلال حالات الطوارئ مثل الانسكابات والتسربات. كما يرفق التأثيرات المحتملة للبيئة على المشروع (مثل الزلازل والسيول، الاستخدام الأسبق لموقع المشروع، الأنشطة المجاورة، الخ).

#### 6- خطة الإدارة البيئية لتخفيف التأثيرات البيئية :

4-1 ملخص التأثيرات البيئية : .....

.....

4-2 وصف إجراءات التخفيف لكل تأثير : .....

.....

4-3 وصف برنامج الرصد البيئي : .....

.....

4-4 وصف المتطلبات المؤسسية (تحديد المسؤوليات والمتطلبات والترتيبات اللازمة لتطبيق إجراءات التخفيف والرصد): .....





## الباب الرابع

التحكم في تلوث الهواء عبر المفاعلات البلازمية والتقنيات المتطورة

### الفصل الاول

تعريفات ومصطلحات

### الفصل الثاني

تلوث الهواء

### الفصل الثالث

الملوثات الرئيسية في الهواء وأثرها على الصحة العامة والبيئة

### الفصل الرابع

مقاييس مصادر تلوث الهواء

طرق التخلص والوقاية من التلوث الهوائي

المفاعلات البلازمية المستخدمة في التخلص من الغازات السامة

### الفصل الخامس

البرنامج التنفيذي لضبط جودة الهواء (المراقبة والقياس)

### الفصل السادس

الجغرافية المناخية Climatology (علم المناخ)







## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

### الغلاف الجوي

هو عبارة عن غطاء غازي سميك يحيط بالكرة الأرضية احاطة كاملة ثم يبدأ في التلاشي بصورة تدريجية بعد ذلك ، ويتركز نحو نصف الوزن الاجمالي للغازات المكونة للغلاف الجوي في طبقات الجو حتى ارتفاع ستة كيلومتر تقريباً من سطح البحر.

حيث تتغير مكونات الغلاف الجوي بتغير الارتفاع وذلك اعتماداً على :

- 1- كثافة العناصر : فالعناصر الثقيلة تبقى قريبة من الأرض ، لذلك نجد أن الهيدروجين والهيليوم مثلاً موجودة بكميات ضئيلة في الغلاف الغازي القريب من الأرض .
- 2- الفضاء الخارجي : هو فضاء تفاعلات (في النجوم وغيرها) لذلك تكثر فيه أنوية الهيدروجين والهيليوم.

### مكونات الهواء :

يتكون الهواء أو الغلاف الجوي المحيط بنا اساساً من خليط من الغازات التالية  
 21% اكسجين O oxygen ، 77-78% نيتروجين N nitrogen ، 4 - 1 % بخار الماء  
 1% غازات خاملة Inactive gases (الهيليوم He، والنيون Ne، والأرجون Ar، والكريبتون Kr،  
 والزينون Xe، والرادون Rn (وهو عنصر جميع نظائره مشعة)) و 0.03 % ثاني أكسيد الكربون  
 (حيث ان الحرائق هي أهم عوامل اختلال توازن الهواء الجوي).

### ملاحظات هامة علي مكونات الغلاف الجوي

- نسبة الاكسجين تقل كلما ارتفعنا ويحدث للإنسان اختناق عند الارتفاعات الشاهقة.
- الطبقات العليا علي ارتفاع أكثر من خمسين كيلومتر تتكون من الهيدروجين والهيليوم حتي نهاية الغلاف الجوي الذي يندمج مع الغاز (الهيدروجين) عند ارتفاع أكثر من ألف كيلومتر من سطح الارض.
- من أهم فوائد الجاذبية الأرضية احتفاظ الارض بالهواء اللازم للحياة بتقدير من الخالق عز وجل.





## طبقات الغلاف الجوي

قسم العلماء الغلاف الجوي الى ست طبقات بناء على اختلاف درجة الحرارة مع الارتفاع عن سطح الارض وهذه الطبقات من الادنى الى الاعلى كالتالي :

Exosphere	800 km	1-طبقة الجو السفلى(Troposphere)
Thermosphere	690 km	2-طبقة الجو العليا(Stratosphere)
Mesosphere	80 km	3-طبقة الجو الوسطى(Mesosphere)
Stratosphere	50 km	4-طبقة الجو الحراري(Thermosphere)
Troposphere	18 km	5-طبقة الجو الايوني(Ionosphere)
		6-طبقة الجو الخارجي(Exosphere)

Shuttle

Aurora

Weather Balloon

Mount Everest

وهي الطبقة التي يسكن عليها الأحياء (إنسان وحيوان ونبات) وتحدث فيها التغيرات المناخية كالأمطار والسحب والعواصف الرعدية وتمتد من سطح البحر وحتى ارتفاع 10 كم ويزداد هذا الارتفاع حوالي 16 الى 18 كم عند خط الاستواء وهي التي يكون فيها الاكسجين والنيتروجين وبخار الماء والغازات الخاملة وثاني اكسيد الكربون .

وهي الطبقة التي تعلو طبقة الجو السفلى مباشرة وحتى 50 كم ومن مميزات هذه الطبقة تخلو من التقلبات المختلفة فهي طبقة خالية من السحب لذلك تصلح للطيران ويوجد في هذه الطبقة غاز الأوزون الذي يمتص الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس والتي تؤدي الكائنات الحية (طبقة الأوزون الاستراتوسفيري Stratosphere Ozone Layer).

تعلو طبقة الجو العليا وتمتد الى 80 كم وفي تلك الطبقة تخترق فيها بقايا الشهب ومفتتات النيازك الساقطة من الفضاء الخارجي المتجهة نحو سطح الكرة الأرضية وتتميز هذه الطبقة بارتفاع درجة حرارة الهواء في قسمها السفلي ثم تنخفض تدريجيا مع الارتفاع الى اعلى النهايات العليا لهذه الطبقة.

وهي الطبقة الرابعة وتدور في هذه الطبقة السفن الفضائية والأقمار الصناعية ولا يوجد بين هذه الطبقة والطبقة التي تليها حد حراري تثبت درجة حرارة هذه الطبقة عند درجة حرارة 93 درجة مئوية ويبدو اسم هذه الطبقة قد اشتق من كلمة Thermo الاغريقية والتي تعني حارا وهي التي تدل على شدة حرارة هذه الطبقة.

وهي الطبقة الخامسة من طبقات الغلاف الجوي طبقة الجو الايوني تزداد في هذه الطبقة درجة الحرارة حتى تصل الى 1000 درجة مئوية بسبب قلة الغازات التي تعمل عكس اشعة الشمس ويؤدي ذلك الى تآكل مكونات الغلاف الجوي ، حيث ان نطاق الجو الايوني يتالف من غازات في حالة ايونية وذات كثافة ضئيلة جدا اي ( خفة الغازات ) وهي ايضا تعمل عكس موجات الارسال الاذاعي اتجاه الكرة الأرضية .

تمتد هذه الطبقة لمسافات شاسعة في الفضاء الخارجي وقد اشتق اسم هذه الطبقة من كلمة Exo التي تعني خارج وفي هذه الطبقة تتضائل كثافة الهواء نهائيا ان كانت موجودة من الاساس فلا يوجد بها اي احتكاك اذا هذا الجزء من الغلاف الجوي يلائم تسيير الاقمار الصناعية ومراكب الفضاء.





## تلوث الغلاف الجوي

لم يدرك الإنسان مقدار خطره على تغيير مكونات غازات الغلاف الجوي وتلوثه إلا منذ ظهور النهضة الصناعية في الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية. ومنذ ذلك الحين تميزت مدنها الصناعية بكثرة تعرضها للضباب الأسود **Black Smog** القاتل، وزيادة تلوث هوائها بالغبار والدخان وغازات ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكبريت الناتجة عن النشاط الصناعي فيها، ومن بين الكوارث، التي حدثت بسبب تلوث الهواء في المدن الصناعية، ما حدث في مدن حوض نهر الميز في بلجيكا سنة 1930، وفي مدينة بنسلفانيا (الولايات المتحدة الأمريكية) سنة 1948، وفي مدينة لندن سنة 1952، مما راح ضحيته أكثر من أربعة آلاف حالة وفاة بسبب تراكم الضباب الأسود، واستنشاق الدخان الصناعي والغازات الكبريتية المركزة في الهواء.

تبين للعلماء بأن درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض على المستوى العالمي في زيادة تدريجية مستمرة خاصة بعد سنة 1880، وقبل هذه السنة، لم تكن الزيادة في درجة الحرارة تتعدى أكثر من ربع درجة مئوية لكل قرن من الزمان، غير أنها زادت فيما بعد بمعدل يصل إلى أكثر من نصف درجة مئوية لكل ربع قرن من الزمان، ويرجع ذلك إلى انتشار المناطق الصناعية في أرجاء واسعة من العالم، وزيادة عدد المركبات والسيارات. ومع الارتفاع المستمر في درجة حرارة الهواء عالمياً، يزداد حدوث الجفاف في نطاقات واسعة من العالم. وينتج عن ارتفاع درجة حرارة الهواء عن المعدل، الذي كان سائداً من قبل، زيادة سرعة انصهار جليد المناطق القطبية، وبالتالي ارتفاع مستوى سطح البحر.

ولا يقتصر دور الملوثات الغازية والصلبة في الغلاف الجوي على الإضرار بصحة الإنسان واستمرار الحياة على سطح الأرض، بل إنها تؤدي إلى ظاهرتين خطيرتين وهما سقوط الأمطار الحمضية وحدث ثقب الأوزون.

## ثقب الأوزون Hole The Ozone

تؤثر الملوثات الغازية والصلبة في تلوث كل من الهواء والماء والتربة، وينعكس ذلك على صحة الإنسان، كما أن بعض هذه الملوثات الجوية **Air Pollutants** تهدد استمرار الحياة على سطح الأرض وينجم عن بعض هذه الملوثات تآكل طبقة الأوزون الاستراتوسفيري **Layer Stratosphere Ozone** وهو الدرع، الذي يحمي الكائنات الحية بما فيها الإنسان على سطح الأرض من التعرض لأخطار الأشعة فوق البنفسجية، التي تسبب إصابة الإنسان بسفحة الشمس **Sun Burn** وسرطان الجلد.

ويتمثل في طبقة الاستراتوسفير نوعان من الأشعة فوق البنفسجية تمتص نواتج التفاعلات الكيميائية، وتعمل إحداها على تعزيز وجود الأوزون وتنشيط تجمعه، في حين تعمل الأخرى على تحلله وتدميره. وهناك علاقة عكسية في غاية الحساسية بين الأشعة فوق البنفسجية وطبقة غاز الأوزون. فقد تبين للعلماء أنه عند نقص تجمعات الأوزون بنحو 1% من وزنه، تزداد الأشعة فوق البنفسجية، التي تخترق الدرع الأوزوني **The Ozone Shield** بنسبة 2% من شدتها ويصاحب وصول تلك الأشعة إلى سطح الأرض حدوث الغيوم والتغير **Dustiness**.

وتعد مركبات الكلوروفلوروكربون **Carbon Chlorofluoro** من أخطر المهتدات المباشرة لتجمعات الأوزون. ويستخدم الإنسان هذه المركبات في صناعة غازات التبريد، وفي صناعة أجهزة التكييف، وفي صناعة حفظ المواد الغذائية وتعليبها. كما تستخدم هذه المركبات في صناعة الأبخرة المضغوطة، وزجاجات العطور، ورش الأيروسول **Aerosol Spray**، ومواد إزالة رائحة العرق **Deodorants**، ورش الشعر وتثبيتته **Spray Hair**. ومنذ سنة 1974، حذر العلماء من الأضرار الناتجة عن الإفراط في استخدام منتجات هذه الصناعات.







وقد أظهرت قراءات الأجهزة، في المحطات الميتورولوجية البريطانية سنة 1985، تدني حجم الأوزون، وتكوين ثقب هائل فوق المناطق القطبية الجنوبية **The Antarctic's Ozone Hole**، وقد اعتقد العلماء في البداية بأن ذلك الأمر قد يكون مرجعه أخطاء في عمليات التسجيل الميتورولوجي، غير أنه تبين لهم بعد ذلك استمرار اتساع ثقب الأوزون القطبي الجنوبي، حتى صار يحتل مساحة تناهز مساحة قارة أوروبا. كما أوضحت أجهزة الرصد أن ثقب الأوزون قد ازداد حجمه في الثمانينيات بنسبة 50% مما كان عليه في السبعينيات من هذا القرن.

وقد عنيت الدول المتقدمة بقياس حجم طبقة الأوزون والتسجيل اليومي لما يحدث فيها من تغيرات، عن طريق كل من أجهزة الرصد الأرضية والأجهزة الميتورولوجية المثبتة في الأقمار الصناعية المناخية. ونظراً لخطورة الأمر قررت بعض الدول (خاصة الولايات المتحدة الأمريكية وكندا والسويد والنرويج) تحديد كميات الإنتاج السنوي من مكونات الكلوروفلوروكربون. غير أن بعض الدول الصناعية الأخرى لم تلتزم بهذه السياسة.

### أضرار تلوث الهواء على طبقة الأوزون

الأوزون غاز سام وشفاف يميل إلى الزرقة، ويتكون الجزيء منه من ثلاث ذرات أكسجين، يوجد الأوزون في طبقتي الجو السفلى التروبوسفير **Troposphere** وطبقة الجو العليا الاستراتوسفير **Stratosphere**، يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحتوي على الهيدروكربونات (الفريون - الذي يدخل في الثلجات وأجهزة التكييف وكثير من الصناعات الأخرى). وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من المكونات الخطيرة على صحة الإنسان، فإذا استنشق الإنسان قدرًا ضئيلاً منه يحدث له هياج في الجهاز التنفسي وقد يسبب الوفاة.

أما الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأكسجين الحر، الذي ينتج عنهما انشطار هذه الجزيئات بفعل الأشعة فوق البنفسجية.

طبقة الأوزون في **Stratosphere** تعمل كدرع أو مرشح واق يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، ولا يسمح إلا بمرور جزء ضئيل من الأشعة، ولولا وجود طبقة الأوزون لانتهدت الحياة على سطح الكرة الأرضية.

وكذلك وجد أن مركبات الكلوروفلوروكربون (بعضها معروف صناعياً مثل الفريون) تقوم بتفتيت جزيء الأوزون ونظراً لزيادة استخدام هذه المركبات في الكثير من الصناعات مثل صناعة البخاخات المعطرة والمزيلة لرائحة العرق، واستخدام الأيروسول على هيئة سائل في معدات التبريد ومكيفات الهواء في الصناعات الإلكترونية مثل الحاسوب والتلفاز وأجهزة الاستقبال والإرسال وخلافه.

يتمثل خطر هذه المادة في انبعاثها وصعودها لطبقات الجو العليا، حيث يتحرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية من مركبات الكلوروفلوروكربون، وهذا الكلور هو الذي يعمل على تدمير الأوزون، وهو من أحد العوامل المسببة لثقب الأوزون. كما أن هناك غازات أخرى غير الكلور لها تأثير مدمر على الأوزون مثل الهيدروجين والنيتروجين.

### ومن أضرار تآكل طبقة الأوزون على البيئة :

انتشار سرطان الجلد لأن تآكل طبقة الأوزون يؤدي إلى زيادة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض والإصابة بالمياه البيضاء في العين (كتاركت) وحدوث اختلال في جهاز المناعة في جسم الإنسان؛ مما يزيد من نسبة تعرضه للأمراض المعدية المختلفة، وخاصة أمراض الجهاز التنفسي كما يسبب تسرب الأشعة





فوق البنفسجية أضرارًا للمحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية؛ حيث إن الحيوانات تتغذى على هذه النباتات والأعشاب، وهذا يعني أن الضرر سيلحق بها نتيجة تضرر النباتات .

زيادة الأشعة فوق البنفسجية يقلل من الطحالب والنباتات ذات الخلية الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك، كما أنه يهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريبة من سطح الماء .

يسبب زيادة غاز الأوزون في التروبوسفير **Troposphere** تلوثًا ونقصًا في طبقة الاستراتوسفير، ويسبب خللاً في توازن الغلاف الجوي الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة في الأرض أو الغلاف الجوي. ولا يعتبر الأوزون هو المتسبب الوحيد في ارتفاع درجة حرارة الأرض بل يشارك معه غاز ثاني أكسيد الكربون ومركبات الكلورفلوروكربون وأكاسيد النيتروجين وغاز الميثان .

### الأمطار الحمضية

تتفاعل أكاسيد الكبريت والنيتروجين المنبعثة من مصادر مختلفة مع بخار الماء في الجو لتتحول إلى أحماض ومركبات حمضية ذائبة تبقى معلقة في الهواء حتى تتساقط مع مياه الأمطار مكونة ما يعرف بالأمطار الحمضية وفي بعض المناطق التي لا تسقط فيها الأمطار تلتصق هذه المركبات الحمضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحمضي الجاف وأحياناً يطلق تعبير " الترسيب الحمضي" على كل من الأمطار الحمضية وعلى الترسيب الجاف. ونظراً لأن ملوثات الهواء قد تنتقل بفعل الرياح إلى مسافات بعيدة قد تعبر الحدود الوطنية إلى دول أخرى.





## الفصل الثاني – تلوث الهواء

بدأت مشكلة تلوث الهواء تظهر بشكل فعلي بعد ظهور البترول وبدء الثورة الصناعية، فقد انتشرت المصانع المختلفة في كل مكان كما انتشرت السيارات وآليات النقل مما أدى إلى ارتفاع حاد في نسبة الملوثات الهوائية وذرات الغبار في الجو وانصب اهتمام الناس بالتطور الصناعي والإقتصادي بدون النظر إلى أبعاده البيئية، وقد سبب هذا التطور العديد من الكوارث البيئية التي أدت إلى مشاكل صحية وبيئية أودت بحياة الكثير من الناس، و تسبب ملوثات الهواء في وفاة ما يزيد عن مليون إنسان سنويا والعديد من الأمراض الخطيرة، وبخسارة ما يزيد عن 5000 مليون دولار سنويا بسبب تأثير الهواء الملوث على المحاصيل والنباتات الزراعية وكان لمثل هذه الأحداث أن دفعت المجتمع إلى إعادة التفكير بجدية بموضوع التلوث الهوائي وكيفية التخلص والوقاية منه.



يتميز التلوث الهوائي عن غيره من أشكال التلوث في أنه سريع الانتشار حيث لا يقتصر تأثيره على منطقة المصدر وإنما يمتد إلى المناطق المجاورة والبعيدة، لذلك فإن التلوث الهوائي لا يمكن السيطرة عليه بعد خروجه من المصدر لذا يجب التحكم به ومعالجته قبل خروجه إلى الجو، كما أنه غالبا ما يكون لا يرى بالعين المجردة بالإضافة إلى أنه متعدد المصادر. كل هذه الصفات تجعل من تلوث الهواء " القضية البيئية الكبرى "

يتلوث الهواء بسبب النفايات الناتجة من عمليات التصنيع، وإفراط النشاط البشري في بناء المدن، وتفجير أحجار الجبال، والتعدين، وحرق الأخشاب.

### تعريف تلوث الهواء

هو وجود أي مواد صلبة أو سائلة أو غازية بالهواء بكميات تؤدي إلى أضرار حيوية أو فسيولوجية أو إقتصادية بالإنسان والحيوان والنباتات والآلات والمعدات ، أو تؤثر سلبا في طبيعة الأشياء وعليه يجب التقليل من تلك الانبعاثات

### Reduce Emissions







## مصادر تلوث الهواء

تنقسم مصادر التلوث الهوائي إلى مصدرين رئيسيين:

### 1-المصادر طبيعية

وهي المصادر التي لا دخل للإنسان بها وهي(الغازات المتصاعدة من التربة والبراكين وحرانق الغابات و الغبار الناتج من العواصف والرياح) وهذه المصادر عادة تكون محدودة وأضرارها ليست جسيمة.

### 2- المصادر الغير طبيعية

وهي التي يحدثها أو يتسبب في حدوثها الإنسان وهي أخطر من السابقة وتثير القلق والإهتمام حيث أن مكوناتها أصبحت متعددة ومتنوعة وأحدثت خللاً في تركيبة الهواء الطبيعي وكذلك في التوازن البيئي وأهم تلك المصادر:

1. استخدام الوقود لإنتاج الطاقة.
2. النشاط الصناعي.
3. وسائل النقل البري والبحري والجوي.
4. النشاط الإشعاعي.
5. النشاط السكاني ويتعلق بمخلفات المنازل من المواد الغازية والصلبة والسائلة.
6. النشاط الزراعي والمبالغة في استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية المصدر.





## الفصل الثالث - الملوثات الرئيسية في الهواء وأثرها على الصحة العامة والبيئة

مصادر الملوثات هي تلك الناجمة عن المصانع حيث تؤدي صناعة النفط إلى تلوث الهواء بغازات أكسيد الكبريت و النيتروجين و الامونيا وأول أكسيد الكربون و كبريتيد الهيدروجين. كما و تنبعث غازات الميثان و أول أكسيد الكربون و الامونيا و كبريتيد الهيدروجين من النفايات العضوية. و تنبعث أكاسيد الحديد من مصانع الحديد و الصلب وغيرها الكثير من الصناعات التي تؤدي إلى انبعاث غازات ضارة بالبيئة و الإنسان.

وتشمل مصادر الملوثات أيضاً على وسائل النقل من سيارات و مركبات و طائرات و قطارات و سفن وغيرها حيث تطلق هذه الوسائل العديد من الغازات الضارة مثل أول أكسيد الكربون و أكاسيد النيتروجين و الكبريت و أكاسيد و كلوريات الرصاص وغيرها.

### 1- غاز ثاني أكسيد الكبريت (SO2) Sulphur Dioxide

هو أحد أكاسيد الكبريت ، ينتج طبيعياً من البراكين وصناعياً من العديد من العمليات الصناعية ومن حرق المشتقات النفطية التي تحوي على مركبات الكبريت. يعد ثاني أكسيد الكبريت من الملوثات حيث يعد من أحد مسببات الأمطار الحامضية.

صناعياً ينتج من عملية إحتراق "الفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي" ، حيث يتصاعد الكبريت مع الدخان على شكل ثاني أكسيد الكبريت SO2 وهو عديم اللون نفاذ وكرهه الرائحة له آثار ضارة حيث يتحول في الهواء إلى حمض الكبريتيك H2SO4 نتيجة لتأكسده إلى ثالث أكسيد الكبريت SO3 وتفاعله مع بخار الماء ولكل من ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك تأثيراً خطيراً على الجهاز التنفسي (التهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس والآم في الصدر مما يؤدي إلى السعال وإفراز المخاط وتفاقم حالات الربو وحالات التهاب القصبات المزمنة وجعل الناس أكثر عرضة لأنواع العدوى التي تصيب الجهاز التنفسي) بالإضافة الى تشنج في الحبال الصوتية و تهيج في العيون والجلد كما يشارك في إحداث مشاكل بيئية منها الأمطار الحامضية. يمكن أن يلحق ثاني أكسيد الكبريت أضراراً بالجهاز التنفسي والوظائف الرئوية وأن يتسبب في تهيج العينين والتهاب السبيل التنفسي، ومن الملاحظ زيادة معدلات دخول المستشفى بسبب الأمراض القلبية ومعدلات الوفيات في الفترات التي ترتفع فيها مستويات ثاني أكسيد الكبريت. ويؤدي اختلاط تلك المادة بالماء إلى تشكل حمض الكبريتيك، وهو العنصر الأساسي في الأمطار الحامضية التي تتسبب في إزالة الغابات . يتميز غاز ثاني أكسيد الكبريت برائحته الكريهة النفاذة، وتزداد خطورته على عمليات التنفس لكل الكائنات الحية عند زيادة نسبته إلى 3 جزء في المليون، ويتسبب كذلك في الأمطار الحامضية الضارة على سطح الأرض.

إذا هو غاز حمضي ومن أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وبذلك يسبب إخلالاً بالتوازن البيئي.

حسب المعايير الدولية (المنظمة العالمية للصحة) يكون الحد الأقصى المسموح به في الجو ان لا يزيد متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت عن 0.169 جزءاً في المليون "441 ميكروجرام/م<sup>3</sup>" (µg/m<sup>3</sup>) الفترة الزمنية للقياس Average Period هي ساعة واحدة .

#### المقاييس Standard :

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الساعة الواحدة خلال أية فترة طولها ثلاثون يوماً 441 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (0.169 جزء في المليون) أكثر من مرتين في أي موقع.
  - يجب ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الاربع والعشرين ساعة خلال أية فترة طولها 12 شهر 217 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (0.083 جزء في المليون ) أكثر من مرة واحدة في أي موقع .
  - يجب ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد الكبريت في العام خلال أية فترة طولها 12 شهراً 65 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (0.067 جزء في المليون ) في أي موقع .
- طريقة القياس Measuring Method : تكون طريقة قياس تركيز ثاني أكسيد الكبريت على أساس قاعدة الفلورسنت الضوئي UV-Fluorescence وذلك بواسطة محلل جهاز ثاني أكسيد الكبريت وهي الطريقة المرجعية للقياس لدى ( ASTM ) المقترحة.





ملاحظة : القيم المرجعية الصحية  
20 ميكروجرام/م<sup>3</sup> متوسط القيمة المسموح بها في أربع وعشرين ساعة.  
500 ميكروجرام/م<sup>3</sup> متوسط القيمة المسموح بها في عشر دقائق.

الاجهزة المستخدمة فى قياس ثانى اكسيد الكبريت SO<sub>2</sub> (وغازات ملوثة اخرى):

### portable multi gas detector KT-602 -1

Portable Multi Gas Detector KT-602 (one-to-four type)



Gas Parameter List

Gas	Detecting Range	Alarm Threshold	Sensor Type
NH <sub>3</sub>	0-100 PPM	25 PPM / 50 PPM	Electrochemical sensor
Cl <sub>2</sub>	0-50.0 PPM	0.5 PPM / 1.0 PPM	
H <sub>2</sub>	0-1000 PPM	50 PPM / 100 PPM	
CH <sub>2</sub> O	0-100 PPM	25 PPM / 50 PPM	
O <sub>2</sub>	0-30.0%vol	18.5%vol / 23.5%vol	
H <sub>2</sub> S	0-100 PPM	10 PPM / 20 PPM	
HCl	0-30.0 PPM	5.0 PPM / 10.0 PPM	
HCN	0-50.0 PPM	5.0 PPM / 10.0 PPM	
PH <sub>3</sub>	0-20.0 PPM	0.3 PPM / 0.6 PPM	
HF	0-10.0 PPM	3.0 PPM / 6.0 PPM	
NO	0-250 PPM	25 PPM / 50 PPM	
CO	0-500 PPM	35 PPM / 70 PPM	
SO <sub>2</sub>	0-20.0 PPM	2.0 PPM / 4.0 PPM	
ClO <sub>2</sub>	0-50.0 PPM	0.3 PPM / 0.5 PPM	
NO <sub>2</sub>	0-20.0 PPM	1.0 PPM / 2.0 PPM	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	0-100 PPM	1 PPM / 10 PPM	
O <sub>3</sub>	0-20.0 PPM	5.0 PPM / 10.0 PPM	
CH <sub>4</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
H <sub>2</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
NH <sub>3</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
CH <sub>4</sub> O	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> Cl	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
C <sub>2</sub> H <sub>7</sub> N	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	
CH <sub>3</sub> Br	0-100%LEL	25%LEL / 50%LEL	

### Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman -2







### Typical ranges and alarms:

Gas	Range	Standard Alarm (UK)
Carbon monoxide (H <sub>2</sub> filtered)	0-500ppm	30ppm
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	0-100ppm	25ppm
Carbon monoxide (CO)	0-500ppm	30ppm
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	0-5%	0-5%
Chlorine (Cl <sub>2</sub> )	0-20ppm	0.5ppm
Flammable	0-100% LEL	20% LEL
Fluorine (F <sub>2</sub> )	0-1ppm	0.1ppm
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	0-2000ppm	N/A
Hydrogen cyanide (HCN)	0-25ppm	5ppm

Gas	Range	Standard Alarm (UK)
Hydrogen fluoride (HF)	0-10 ppm	1ppm
Hydrogen sulphide (H <sub>2</sub> S)	0-100 ppm	5ppm
Nitric oxide (NO)	0-100 ppm	25ppm
Nitrogen dioxide (NO <sub>2</sub> )	0-20 ppm	1ppm
Oxygen (O <sub>2</sub> )	0-25%	19/23%
Ozone (O <sub>3</sub> )	0-1 ppm	0.1ppm
Phosphine (PH <sub>3</sub> )	0-5 ppm	0.2ppm
Phosgene (CCL <sub>2</sub> )	0-1 ppm	0.1ppm
Sulphur dioxide (SO <sub>2</sub> )	0-20 ppm	1ppm





## 2- غاز كبريتيد الهيدروجين ( H<sub>2</sub>S ) Hydrogen Sulfide

هو غاز سام ذو رائحة تشبه البيض الفاسد ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل مياه الصرف الصحي. يتحد مع هيموغلوبين الدم محدثاً نقصاً في الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة وأعضاء الجسم ويحدث ضرراً بالجهاز العصبي المركزي و اضطراب وصعوبة في التنفس والخمول وضعف القدرة على التفكير كما أنه يهيج الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وملتحمة العين.

**حسب المعايير الدولية (المنظمة العالمية للصحة) يكون الحد الأقصى المسموح به في الجو ان لا تزيد نسبة كبريتيد الهيدروجين عن 0.140 جزءاً في المليون،  
الفترة الزمنية للقياس Average Period هي ساعة واحدة.**

### المقاييس Standard :

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز كبريتيد الهيدروجين في الساعة الواحدة خلال أية مدة طولها اثنا عشر شهراً 200 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (0.140 جزء في المليون) أكثر من مرة في أي موقع .
- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز كبريتيد الهيدروجين في الأربع والعشرين ساعة خلال أية مدة طولها اثنا عشر شهراً 40 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (0.03 جزء في المليون) أكثر من مرة واحدة في أي موقع .

### طريقة القياس Measuring Method :

تستخدم التقنية التحفيزية لتحويل كبريتيد الهيدروجين إلى ثاني أكسيد الكربون ومن ثم قياسه بتطبيق قاعدة الفلوريسنت الضوئي UV-Fluorescence بواسطة محلل جهاز ثاني أكسيد الكبريت وهي الطريقة المرجعية للقياس لدى ( ASTM ) المقترحة

### الاجهزة المستخدمة في قياس كبريتيد الهيدروجين H<sub>2</sub>S :

- 1 - portable multi gas detector KT-602
- 2 - Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman





### 3- ثاني أكسيد النيتروجين (NO2) Nitrogen dioxide

وهو أحد من أكاسيد النيتروجين العديدة وهو غاز في الحالة الطبيعية ، لونه بني -محمّر له رائحة نفاذة حادة. ثاني أكسيد النيتروجين من أهم ملوثات الهواء وأكثرها شيوعاً ، ويسبب التسمم عند استنشاقه. و تعتبر الانبعاثات المرورية وتشغيل المحركات والسفن هي المصدر الأساسي لأكاسيد النيتروجين بينما تنتج بعض التركيزات الصغيرة من محطات الكهرباء وبعض المصادر الصناعية الأخرى وعمليات الاحتراق كالتدفئة، وتوليد الطاقة إلا أن الانبعاثات الصادرة من محطات الكهرباء والمناطق الصناعية تكون في معظم الأحوال مرتفعة عن محطات الرصد و يساعد ارتفاعها علي سرعة انتشار الملوثات في الجو لذلك تعتبر الانبعاثات المرورية هي المصدر الأساسي.

يشكل مع بخار الماء في الجو حمضاً قوياً هو حمض النتريك الذي يساهم أيضاً في أضرار كبيرة على صحة الإنسان منها ( تهيج الأغشية المخاطية للمجري التنفسية والتهابات في الرئة و تهيج العين..)، ويسبب الأمطار الحمضية وعند وصوله مع بقية أكاسيد النيتروجين إلى طبقات الجو العليا ( طبقة الأوزون ) فيحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة .

أكاسيد النيتروجين تتكون عند اتحاد النيتروجين والأكسجين، خاصة عند احتراق البنزين والوقود عموماً في المركبات والسيارات والأجهزة المولدة للطاقة في محطات توليد القوى الكهربائية. وعند استنشاق نسبة عالية من أكاسيد النيتروجين تلتهب الرئتين، وقد يؤدي ذلك إلى الوفاة ، كما إنها تتحد مع الهيموجلوبين في الدم، وتعرقل من وصول الأكسجين إلى الدم.

ثاني أكسيد النيتروجين يؤدي عندما تتجاوز تركيزاته القصيرة الأجل 200 ميكروجرام/م<sup>3</sup> ، وظيفة الغاز السام الذي يسبب التهاباً حاداً في المسالك الهوائية.

كما أنه المصدر الرئيسي لهباء النترات، الذي يشكل عنصراً هاماً من الجسيمات التي تنتمي إلى صنف PM2.5، ومن مادة الأوزون (عند توافر الأشعة فوق البنفسجية).

حسب المعايير الدولية (المنظمة العالمية للصحة) يكون الحد الأقصى المسموح به في الجو ان لا تزيد نسبة ثاني أكسيد النيتروجين عن 0.35 جزءاً في المليون،  
الفترة الزمنية للقياس Average Period هي ساعة واحدة.

#### المقاييس Standard :

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في الساعة الواحدة خلال أي فترة طولها ثلاثون يوماً 660 ميكروجرام/م<sup>3</sup> ( 0.35 جزء في المليون) أكثر من مرتين في أي موقع.

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز ثاني أكسيد النيتروجين في العام خلال أية فترة طولها 12 شهراً 100 ميكروجرام/م<sup>3</sup> في أي موقع.

#### طريقة القياس Measuring Method :

يكون محلل ثاني أكسيد النيتروجين المصمم على أساس قاعدة كيميلومينيسنس ( انبعاث الضوء نتيجة التفاعل الكيميائي ) لأول أكسيد النيتروجين الطريقة المرجعية لقياس ثاني أكسيد النيتروجين (STM).

#### ملاحظة : القيم المرجعية الصحية

40 ميكروجرام/م<sup>3</sup> متوسط القيمة المسموح بها سنوياً.

200 ميكروجرام/م<sup>3</sup> متوسط القيمة المسموح بها في الساعة.

لقد تبين من الدراسات اليونانية أنّ أعراض التهاب القصبات الهوائية تزداد لدى الأطفال المصابين بالربو جرّاء تعرّضهم لثاني أكسيد النيتروجين على المدى الطويل. كما كشفت تلك الدراسات عن وجود علاقة بين انخفاض وظائف الرئة ووجود تلك المادة بتركيزات تُسجّل حالياً (أو تُلاحظ) في المدن الأوروبية ومدن أمريكا الشمالية .

#### الأجهزة المستخدمة في قياس ثاني أكسيد النيتروجين NO2 :

1- portable multi gas detector KT-602

2- Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman







#### 4- غاز أول أكسيد الكربون (CO) Carbon monoxide

هو غاز عديم اللون، وعديم النكهة (الطعم)، وعديم الرائحة. ينتج من عملية الأكسدة الجزئية (الاحتراق غير التام للكربون) والمواد العضوية مثل الفحم، وهذا يحدث عند ندرة الأوكسجين، أو عند احتراق ذي حرارة مرتفعة جداً. يعتبر من الغازات الشديدة السمية وهو من صور الكربون وأيضاً بعض الزيوت والشحوم من الآلات والمركبات. وهو من الجزيئات ثنائية الذرة غير المتجانسة وذلك لأنه يحتوي على عنصرين مختلفين هما الكربون والأوكسجين. هذا الغاز يمكن أن يحترق أيضاً، فتُستكمل عملية احتراقه التي كانت أصلاً غير تامة، ويصدر ناراً زرقاء.

- يمثل أكبر نسبة من ملوثات الهواء ويؤثر على الصحة خاصة على هيموغلوبين الدم حيث أن له قابلية شديدة لاتحاده مع هيموغلوبين الدم ( Hb ) وتكون الكاربوكسي هيموجلوبين ( COHb ) و تقليل قدرة حمل الأوكسجين في الدم ومن ثم فإنه يؤثر تأثيراً خطيراً على عمليات التنفس في الكائنات الحية بما فيها الإنسان ويتسبب في الشعور بالتعب و صعوبة التنفس و طنين في الأذن وفي حال زيادته فيؤدي ذلك إلى انخفاض في ضغط الدم ونقص في الرؤية والسمع ، وارتخاء في عضلات الجسم والإغماء ومن ثم الوفاة خلال ساعتين حال التعرض إلى تراكيز عالية .

كما يؤدي تعرض الإنسان إلى تراكيز قليلة من غاز أول أكسيد الكربون إلى ضعف ردة الفعل وتميز الزمن ( Time interval discrimination in paired reaction )  
- يتركز هذا الغاز في المدن الصناعية وبخاصة المدن الشديدة الازدحام المروري، ويؤثر هذا الغاز على عمليات التنفس لكل الكائنات الحية على سطح الأرض.  
- يصدر من عوادم السيارات ومن أحترق الفحم أو الحطب في المدافئ . وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان الحيوان. يتركز في الهواء بنسبة 0.01%.

**حسب المعايير الدولية (المنظمة العالمية للصحة) يكون الحد الأقصى المسموح به في الجو ان لا تزيد نسبة أول أكسيد الكربون عن 35 جزءاً في المليون،  
الفترة الزمنية للقياس Average Period هي ساعة واحدة.**

#### المقاييس Standard :

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز أول أكسيد الكربون في الساعة خلال أية مدة طولها ثلاثون يوماً 40000 ميكروجرام/م<sup>3</sup> (35 جزء في المليون) أكثر من مرتين في أي موقع .

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز أكسيد الكربون في أي ثماني ساعات خلال أية مدة طولها ثلاثون يوماً 10 ميكروجرام /م<sup>3</sup> (9 أجزاء في المليون) أكثر من مرتين في أي موقع.

#### طريقة القياس Measuring Method :

طريقة الأشعة تحت الحمراء الغير القابلة للتشتت (NDIR) بواسطة محلل CO وهي الطريقة المعتمدة لقياس أول أكسيد الكربون في الهواء المحيط ( وكالة حماية البيئة الأمريكية ) .

#### الاجهزة المستخدمة في قياس أول اكسيد الكربون CO :

1- portable multi gas detector KT-602

2- Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman





## 5- المؤكسدات الفوتوكيميائية ( Ozone غاز الأوزون O3 ) ليس طبقة الأوزون

هو غاز سام ذو لون أزرق يتكون من ثلاث ذرات من الأكسجين صيغته الكيميائية O3 ، ونسبته في الهواء الجوى المحيط ضئيلة قد لا تتجاوز في بعض المناطق واحد في المليون أو أقل .

غاز الأوزون من أهم مجموعة المؤكسدات الفوتوكيميائية في الهواء الجوى المحيط بنا، ويؤدي التعرض لتراكيز منخفضة منه إلى ضيق التنفس عند الأطفال وزيادة الأزمات التنفسية والتهاب العين وتدني قدرة الأداء الرياضي للأفراد، وعند التعرض لتراكيز تتراوح بين 0.2 إلى 0.7 جزء في المليون لمدة ساعة تتدهور حالة الأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي ويقتل الأوزون مقاومة أجسام الحيوانات بالإضافة إلى تأثيره السلبي على نموها وسلوكها.

### الأوزون في طبقات الجو العليا

السبب الرئيسي لوجود غاز الأوزون في الغلاف الجوى هو أنه يحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية التي تصلنا من الشمس والتي يتولى امتصاص أكثر من 99% منها، وبذلك يحمي أشكال الحياة المعروفة على سطح الأرض وهذا ما يجعل الحياة على كوكبنا ممكنة على خلاف بعض الكواكب الأخرى في نظامنا الشمسي. إذا لا ينبغي الخلط بين غاز الأوزون المنتشر على سطح الأرض وبين غاز الأوزون في طبقة الأوزون الموجودة في الغلاف الجوى "طبقة الستراتوسفير"

ويرجع وجوده هناك إلى سلسلة من التفاعلات بين الأكسجين الجزيء والذرى ولا يبقى الأوزون المتكون لفترة وجيزة ثم يتفكك بفعل ضوء الشمس إلى جزيء أكسجين ثم يتكون وفي النهاية نحصل على شكل يبقى دائماً على طبقة من الأوزون في منطقة الستراتوسفير متوازنة وهذا التوازن يعتمد على سرعة تكوينه وسرعة تفكك الأوزون. وعندما يحدث تداخل لبعض المواد مع هذه السرعة يحدث خللاً في الاتزان، إما بزيادة تركيز الأوزون أو بالعكس تحلل الأوزون من منطقة الستراتوسفير

### أما الأوزون في طبقات الجو السفلى وهو موضوعنا

فإن وجوده يسبب أضرار كبيرة فاستنشاق جزء يسير من الأوزون مع الهواء يسبب صداع واثار صحية غير محمودة. كما أنه يؤثر على الرينتين ويضعف مقاومتها للبكتريا وقد يسبب تحطماً للخلايا. كما أنه يدمر المطاط والبوليمرات ويجعل عمرها أقصر وخصوصاً اطارات السيارات. والسبب الرئيسي لتكون الأوزون في الطبقات السفلى هو عادم السيارات وادخنة المصانع.

غاز الأوزون المنتشر على سطح الأرض هو من المكونات الرئيسية للضباب الدخاني الكيميائي الضوئي. ويتشكل هذا الأوزون عن طريق تفاعل يحدث بين أشعة الشمس (تفاعل كيميائي ضوئي) وملوثات مثل أكاسيد النتروجين (NOx) المنبعثة من المركبات والمصانع، والمركبات العضوية المتطايرة Volatile organic compounds (VOCs) المنبعثة من المركبات والمذيبات والمصانع. ويبلغ التلوث الناجم عن الأوزون أعلى مستوياته خلال فترات الطقس المشمس .

يمكن أن يخلف تركيز الأوزون المفرط في الهواء آثاراً بالغة على صحة الإنسان. فهو كفيل بإحداث مشاكل تنفسية وحالات من الربو والحد من وظائف الرئتين وإحداث أمراض فيها. والجدير بالذكر أنّ الأوزون بات من ملوثات الهواء التي تسبب أكبر القلق في أوروبا. وقد أفادت عدة دراسات أوروبية بأنّ التعرض لنسبة إضافية قدرها 10 ميكروجرام/م<sup>3</sup> من هذه المادة يزيد من معدلات الوفيات اليومية بنحو 0.3% ومن أمراض القلب بقرابة 0.4%

### المقاييس Standard :

- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز المؤكسدات الفوتوكيميائية ( الأوزون ) في الساعة الواحدة خلال أي فترة طولها ثلاثون يوماً 265 ميكروجرام/م<sup>3</sup> ( 0.12 جزء في المليون ) أكثر من مرتين في أي موقع.





### طريقة القياس :Measuring Method:

يكون محلل غاز الأوزون المصمم على أساس قاعدة الامتصاص الضوئي للأشعة عند طول موجة 254 نانومتر الطريقة المرجعية لقياس الأوزون في الهواء المحيط بصورة أنية ( ASTM ).

ملاحظة : القيم المرجعية الصحية

100 ميكروجرام/م<sup>3</sup> متوسط القيمة المسموح بها في ثمان ساعات.

### ما الفرق بين الأوكسجين (O2) والأوزون(O3)

أن الأوكسجين نشيط وفعال وإن هناك من يخفف من حدته وفعاليتته في الهواء الجوي (النيتروجين والأرجون) وبالتالي سيكون الأوزون انشط منه لأنه يحتوي على ثلاث ذرات اكسجين. لا شك أنه سيحدث تفاعلات كثيرة لا يقدر عليها الأكسجين ، ومن حسن حظنا أن الأكسجين هو صاحب مملكة الهواء الأرضي وأن الأوزون هو صاحب مملكة عالية تبدأ عند ارتفاع حوالي 15 كم عن سطح البحر في طبقة الستراتوسفير وتصل إلى ارتفاع حوالي 50 كم أي أن سماكتها حوالي 30 35 - كم . إن الأوزون على هذا الارتفاع هو ذو أهمية قصوى فهو يحمي الأرض وساكنيها من أخطار كثيرة .

### فوائد الأوزون

- 1- عامل مؤكسد أقوى من الأكسجين .
- 2- يستخدم في تعقيم مياه الشرب ، حيث أنه يقضي على أنواع من البكتيريا والفيروسات لا يتمكن الكلور من القضاء عليها . كما أنه لا يخلّف آثاراً ضارة ولا يبقى بعد أداء عمله ولا يُكسب الماء طعماً أو رائحة ، ولكنه لا يقضي على جراثيم أو فيروسات وصلت الماء بعد انتهاء عملية تعقيمه ، وفي هذه الناحية يتفوق عليه الكلور . يستخدم أيضاً في تعقيم الأدوية والمعلبات .
- 3- يستخدم مع غازات أخرى في اسطوانات مضغوطة ، يزود بها الغواصون الذين يكشفون أعماق البحار ، أو الأشخاص الذين يتسلقون قمم الجبال العالية ، أو رواد الفضاء .
- 4- يستخدم في صناعة حمض الكبريتيك الذي هو أحد أهم المواد الصناعية .

### الاجهزة المستخدمة في قياس غاز الاوزون O3 :

- 1- portable multi gas detector KT-602
- 2- Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman







## 6- الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق ( Inhaled Particulate. PM10 PM2.5 )

### ( الجسيمات العالقة هي الدقائق المادية الناعمة ( Particulate Matter (PM) )

هي عبارة عن جسيمات تحتوي على مزيج معقد من المواد العضوية وغير العضوية في الهواء مثل الكبريتات والنترات والأمونيا وكلوريد الصوديوم والكربون وغيرها من المركبات بالإضافة إلى الغبار المعدني والماء على شكل صلب أو سائل .

سبب وجودها ان كثير من المصانع ( النفط والإسمنت والأسمدة الكيماوية) تطلق غازات في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسيلينيوم كما تطلق الغبار المحمل بالمعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكاديوم وغيرها وتبقى هذه المواد المعلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع و تحمله الرياح إلى أماكن بعيدة وتسبب هذه العوالق العديد من الأضرار الخطيرة لكافة الكائنات الحية بما فيها الإنسان فتسبب له ( الربو والسعال والانتفاخ الرئوي وتصلب الرئة، قصور في وظيفة الرئتين والقلب).

وهناك سبب اخر لوجودها فقد تكون من اصل نباتي كالنشارة والقطن وحبوب اللقاح والجراثيم الفطرية ومنها من اصل حيواني كقشور الحيوانات والشعر والصوف ومنها من اصل معدني كدقائق الحديد ومنها من اصل حجري كحبيبات الرمل والاسمنت وهي تتطاير في الهواء وتحملها الرياح الى مسافات بعيدة عن مصدرها بينما تتساقط الجزيئات الكبيرة منها او الهواء في منطقة قريبة من مصدر تكوينها وتسبب الجزيئات الكبيرة اضرار للخضروات والاشجار نظرا لوزنها الثقيل

ويتم تحديد تلك حجم تلك الجسيمات حسب قطرها الأيروديناميكي وهي نوعين:  
النوع الأول : PM10 وهي جسيمات ذات قطر أيروديناميكي أقل من 10 ميكروجرام .(الغبار الساقط)  
النوع الثاني : PM2.5 وهي جسيمات ذات قطر أيروديناميكي أقل من 2.5 ميكروجرام .

النوع الاول يسمى بالغبار الساقط وهي تتساقط بالقرب من مصدر انبعاثها، وعند استنشاقها يعتمد انتشارها داخل الجهاز التنفسي على حجمها وشكلها وكتافتها، فمعظمها لا تنتشر في القصبة الهوائية بعمق.

والنوع الثاني أكثر خطورة من الأول لأنه أصغر حيث يمكن للجسيمات التي تنتمي إليه عند استنشاقها بلوغ النواحي المحيطية من القصبيات التنفسية وعرقلة عملية تبادل الغازات داخل الرئتين فهي تخترق الأماكن العميقة في الرئتين ويمكن امتصاصها بالخلايا الملتهمة التي تقضي عليها أو تنقلها إلى الجهاز اللمفاوي، وتقل فعالية هذه العملية عند المدخنين والمصابين بأمراض الجهاز التنفسي. وتكمن خطورة هذا الملوث في كونه يحتوي على أملاح حامضية وقاعدية وكذلك فلزات ثقيلة كما ان هذه الجزيئات الصغيرة تؤثر عند تجمعها في الهواء فتقوم بامتصاص بخار الماء وبذلك تشكل ستارا رقيقا من الغيوم والذي يقوم بدوره بامتصاص الضوء مما يساهم في تكوين الضباب وعدم وضوح الرؤية حسب كثافتها في الهواء.

### المقاييس Standard :

- يجب ألا تتعدى أقصى درجة تركيز للدقائق العالقة القابلة للاستنشاق في الأربع والعشرين ساعة خلال فترة طولها 12 شهر 340 ميكروجرام/م<sup>3</sup> أكثر من مرة واحدة في أي موقع.
- يجب ألا يتعدى متوسط تركيز الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق في العام خلال أية فترة طولها 12 شهراً 80 ميكروجرام/م<sup>3</sup> في أي موقع.

(ملحوظة): لا يعتبر تجاوز مقياس الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق في الأربع والعشرين ساعة أو في العام والذي يكون بسبب تركيزات غير عادية ذات أصل طبيعي إخلالا بالالتزام بالمقياس المقرر.





### طريقة القياس :Measuring Method:

يتم تحديد تركيز الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق بواسطة جهاز فرز أحجام عالي السعة ( IP-Selective High Volume Sampler ) وهي الطريقة المعتمدة للقياس، إلا أن هناك طرق أخرى موازية يمكن تطبيقها والاستناد عليها مثل طريقة تعيين تركيز الدقائق العالقة بصورة مستمرة عن طريق جهاز ( Continuous IP Beta Gage Monitor ).

ملاحظة : القيم المرجعية الصحية

#### PM2.5

10 ميكروجرام / م3 متوسط القيمة المسموح بها سنوياً.

25 ميكروجرام / م3 متوسط القيمة المسموح بها في أربع وعشرين ساعة.

#### PM10

20 ميكروجرام / م3 متوسط القيمة المسموح بها سنوياً.

50 ميكروجرام / م3 متوسط القيمة المسموح بها في أربع وعشرين ساعة.

### الاجهزة المستخدمة في قياس الجسيمات العالقة:

- 1- جهاز فرز أحجام عالي السعة ( IP-Selective High Volume Sampler )
- 2- جهاز ( Continuous IP Beta Gage Monitor ).

### الاجهزة المستخدمة في تنقية الهواء الداخلي من الجسيمات العالقة:

- 1- جهاز لتصفية الجسيمات العالقة بكافة انواعها العضوية وغير العضوية بالهواء في المكتب او السكن

جهاز تنقية الهواء النقال وهو جهاز ICLEEN HP النقال لتنقية الهواء من أي تلوث وبنسبة %99.97 وهذه النتيجة غير موجودة حتى الآن في اي جهاز تنقية هواء نقال في العالم . وهو انتاج شركة هيلث بريميموم كويت ، فالجهاز سويسري نقال وهو احدث جهاز في العالم لتنقية الهواء من الغبار وخاصة «الغبار الناعم جداً» الناتج عن العواصف الرملية والروائح المزعجة مثل مواد التنظيف وروائح الطبخ والدخان خصوصاً دخان السجائر وجميع أنواع البكتيريا والميكروبات والغازات والمواد الكيماوية السامة ومبيدات الحشرات الموجودة في البيئة الداخلية وتزويدها بهواء نقي وصحي خال من كل الملوثات الهوائية على أنواعها.

وهو الاختيار الأول للمستشفيات ومعاهد البحوث والمختبرات الطبية والعيادات الطبية والمنازل والمكاتب والحضانات والمدارس وغرف الفنادق وبيوت المسنين وصالونات التجميل والصالات الرياضية ومصافي البترول والغاز وغيرها، ان الملوثات والمحسسات في الهواء تؤثر بالدرجة الأولى على النساء الحوامل والمصابين بمشاكل التنفس والحساسية والربو وخصوصاً عند الرضع والأطفال، وبما ان الرنتين هما المساحة الأكبر في جسم الانسان، فنحن جميعنا محكومون وبشكل دائم بتنشق الملوثات الموجودة في الهواء على أنواعها ونذكر منها الهواء الخارجي الملوث، الاشعاعات الصادرة من الالكترونيات، التلوث الميكروبي الناتج في معظم الأحيان عن أنظمة التدفئة والتهوية والتكييف، الوير، الغبار والغازات السامة مثل دخان السجائر، المواد الكيماوية، مواد التنظيف، دخان محركات السيارات والموتورات والروائح المزعجة والبكتيريا والجراثيم على أنواعها التي تؤثر سلباً على صحة الانسان سواء أكان على المدى القصير أم المدى الطويل.





### كيفية تحديد الملوثات الحيوية ومستويات الغبار العالق في الهواء الداخلي

اتضح عند تحديد مستوى الغبار والبكتيريا والفطريات العالقة في الهواء داخل أربع فصول دراسية باحدى المدارس أن متوسط نسبة الغبار العالق في الهواء 196 مجم/م<sup>3</sup> داخل الفصول، وأن متوسط نسبة الغبار خارج المدرسة 361 مجم/م<sup>3</sup>.

واتضح أن متوسط نسبة البكتيريا العالقة في الهواء هي 3.51 x 310 وحدة تكوين مستعمرة (وت م) /م<sup>3</sup> وتبين ان هناك انتشار للبكتيريا الموجبة لصبغة جرام داخل المدرسة .

وتوضح تلك القياسات الحاجة إلى المزيد من التهوية في هذه الأماكن و أن متوسط نسبة الفطريات في الهواء هي 3.03 x 210 (وت م) /م<sup>3</sup> داخل فصول الدراسة . وكان البنسيليوم والكلاداسبوريوم والرشاشيات والخمائر هي البكتيريا الغالبة في هذه الأماكن .

يقضي العديد من الناس 90% من وقتهم داخل أبنية محكمة الإغلاق وريئة التهوية أو في المدارس والمباني العامة (رجبولا 1996) . وتعتبر عدم كفاءة التهوية ووجود الغبار والكاننات الحية الدقيقة هي المشاكل الرئيسية داخل المباني (هوسمان 1996) . وقد قام العديد من الباحثين بإجراء العديد من الدراسات على الملوثات الميكروبية داخل المباني ، وفي بيئات مختلفة مثل المستشفيات (جوندرمان 1974) ، والمدارس (كمان وآخرون 1980) ، والمسالح (عبد الحميد 1996).

ويعتبر استنشاق الغبار والهواء المحتوي على رذاذ حيوي ناتج من البشر والحيوانات أحد العوامل الأساسية في إصابات الجهاز التنفسي كما يؤدي التعرض للبكتيريا والفطريات والسموم الفطرية والفيروسات المنقولة بواسطة الهواء إلى حدوث أضرار بيولوجية (كلارك وآخرون 1991).

تجربة قياس كميات البكتيريا والفطريات والغبار العالق في الهواء في مبنى مدرسة للكشف عن أنواع البكتيريا والفطريات المعزولة وتحديد نسبتها المنوية والقطر الهوائي الحركي لها.

تم فحص المدرسة أثناء فصل الربيع وتم اختيار أربعة فصول لعملية المسح ، وكان اثنان منها خاليان من أي تلاميذ ، أما الآخران فكانا معمل الحاسوب وأحد فصول الحضانة.

#### وللحصول على العينات الميكروبية :

يتم جمع عينات الهواء باستخدام جهاز أخذ العينات ذي الفتحة المستطيلة طراز TVP 818 جهاز أخذ العينات ذو الفتحة المستطيلة رقم 5587 من نوع CAERPAHO B СССР وكان معدل التدفق 25 لتر / دقيقة . وقد تراوحت فترات أخذ العينة بين 2 و 3 دقيقة. وتم استخدام أوساط أجار تربتيكيز الصويا و 3% أجار مستخلص المولت (Dfco, Detroit, MI) وذلك لعد الكمية الإجمالية من البكتيريا والفطريات الحية بالترتيب، وتمت حضانة أطباق البكتيريا عند 35-37م° وأطباق الفطريات عند 528 م لمدة 7 أيام.

وتم تحديد العينات المعزولة من البكتيريا باستخدام صبغة جرام وتم تحديد العينات المعزولة من الفطريات باستخدام المجهر . أما القطر الهوائي الحركي للبكتيريا والفطريات فتم حسابه من الكثافة والشكل والقطر الطبيعي (يتم قياس القطر الطبيعي باستخدام المجهر).

#### وللحصول على عينات من الغبار:

يتم تجميع الغبار من داخل وخارج الفصول الدراسية في غشاء ترشيح مُجهَّز من نيترات السليولوز وذو وزن معروف مسبقاً (حجم المسام 0.45 مم ، و قطر 25 مم) ، وباستخدام ماسك ذي وجه مفتوح ومضخة أخذ عينات مصممة بحيث تسحب 7لتر/م-1 . وتم تجهيز المرشحات في مجفف قبل وزنها وحساب تركيزات الغبار العالق في الهواء بالمجم /م<sup>3</sup> . ويتم شطف المرشحات باستخدام 5 مل من المادة المنظمة للأس







الهيدروجيني والمحتوية على 0.01 حجم/حجم من توين 80 وتم رجبها عند درجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة تقريبا. وتم قياس العدد الكلي للبكتيريا والفطريات بالطريقة السابق شرحها.

### نتيجة التجربة:

تراوح العدد الكلي للبكتيريا الحية بين  $310 \times 3.6$  و  $310 \times 7.14$  و  $310 \times 3$  وكان متوسط قيمتها  $310 \times 5.51$  و  $310 \times 3$ .

وتم قياس أعلى كمية من البكتيريا في الفصل رقم 2 (الحضانة) ، وكانت قيمتها المتوسطة  $310 \times 6.9$  و  $310 \times 3$  م/م. وقد أظهر ذلك أن هذا العدد ناتج عن نشاط بشري. تتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة أوستك وآخريين (1989) الذي وجد أن العدد الكلي للبكتيريا الحية في مباني المكاتب يكون في المتوسط  $310 \times 3$  م/م.

كانت البكتيريا الموجبة لصبغة جرام هي السائدة داخل المبنى (المكورات والعصويات) وتم العثور على الرباعيات، والعصويات، والمكورات الدقيقة، والمكورات العنقودية بنسب 33.3% و 16.7% و 16.7% و 13.9% بالترتيب والمصدر الأساسي لهذه البكتيريا داخل المباني هو الجلد والفم وتزداد نسبة المكورات العنقودية الخاصة بالبشرة في الهواء داخل المباني (فلانيجان 1992) وكذلك يرتبط وجود البكتيريا الموجبة لصبغة جرام بالزحام والتهوية غير الكافية. (ACGIH 1989) وفي الدراسة الحالية تراوح متوسط العدد الكلي للبكتيريا بين  $310 \times 3.4$  و  $310 \times 410$  و  $310 \times 3$  م/م وهو العدد الموصى به داخل المباني (نيفالينين 1989).

وقد تراوحت نسب الفطريات بين  $210 \times 2.2$  و  $210 \times 4.65$  و  $210 \times 3.03$  م/م بقيمة متوسطة  $210 \times 3$  م/م داخل قاعات الدراسة وقد تم تسجيل أعلى معدل للفطريات في قاعة دراسة ردينة التهوية (الفصل رقم 3) بقيمة متوسطة تبلغ  $210 \times 4.32$  م/م. وتتفق هذه النتائج مع ما أورده عبد الحميد (1999) الذي سجل وجود الفطر بنسبة تتراوح بين  $210 \times 4.5$  و  $210 \times 8.2$  م/م في المنازل. وقد تم تسجيل نتائج اختبار 51 عينة معزولة وكان أكثرها شيوعا هو البنسيليوم ، والرشاشيات ، والكلادوسبوريوم ، والفطور السكرية. وقد تم أيضا عزل المتناوبات والجذريات والجونين هامبلا. وقد أظهر أحد الأبحاث أن نسب البنسيليوم والرشاشيات كانت عادية داخل المباني بينما كانت الكلادوسبوريوم والمتناوبات قادمة من مصدر خارجي (ميللر 1992). وكذلك كانت نسب البنسيليوم والرشاشيات والكلادوسبوريوم عادية مما لم يكن يشكل مشكلة في المنازل (ليدفور 1994).





## 7- الهيدروكربونات غير الميثانية Nonmetha Hydrocarbon

الهيدروكربونات او بمعنى آخر المحروقات هي أي مركب كيميائي يتكون من الكربون (C) والهيدروجين (H) فقط وتتواجد هذه الهيدروكربونات تحت سطح الأرض، (الهيدروكربونات السائلة المستخرجة جيولوجيا هي البترول أو الزيت المعدني بينما الهيدروكربونات الغازية تسمى الغاز الطبيعي "الميثان CH<sub>4</sub>" وكلاهما يعد مصدرا أساسيا للوقود ومواد أولية لإنتاج الكيماويات العضوية .

الهيدروكربونات الميثانية هي :

الهيدروكربونات غير الميثانية هي :

يعتبر الاحتراق غير الكامل لمنتجات النفط هي المصادر الرئيسية لانبعاث الملوثات الهيدروكربونية غير الميثانية ( السيارات والمولدات وكل من يعمل ويحمل خزانات للوقود) وقد أثبتت الدراسات أن التعرض لانبعاث الهيدروكربونات تسبب العديد من أمراض الجهاز التنفسي والرئة لدى الإنسان ، وتخترق هذه الملوثات عناصر البيئة المختلفة حيث تتسبب بإخلال العمليات الفسيولوجية والخلوية للكانات الحية وتدخل الهيدروكربونات أيضاً في عمليات بناء المؤكسدات الكيموضونية التي تضر بالبيئة المحيطة بشكل عام.

المقاييس Standard :

يجب ألا يتعدى أقصى تركيز لمتوسط ثلاث ساعات خلال أي مدة طولها ثلاثون يوماً 0.24 جزء في المليون ( 160 ميكروجرام / م<sup>3</sup> ) في أي موقع.

طريقة القياس Measuring Method :

تكون طريقة تأين اللهب ( Flame Ionization Method ) هي الطريقة العملية والتطبيقية لقياس مستوى تركيز الهيدروكربونات غير الميثان في الهواء المحيط وتمتاز هذه الطريقة بأن عمليات القياس تتم بصورة آنية وتعتبر مستويات الدقة والكفاءة فيها عالية.

الاجهزة المستخدمة في قياس الهيدروكربونات غير الميثانية:

portable multi gas detector KT-602 -1





## 8- الرصاص ( Pb ) Plumbum

أثبتت العديد من الدراسات أن للرصاص سمية تستهدف الجهاز العصبي عند الإنسان، وينقسم التأثير السمي إلى درجتين: الأولى مزمنة وتنتج من التعرض إلى تراكيز ضئيلة نسبياً ولفترة طويلة. والثانية تأثيرات حادة تحدث عند التعرض للتركيز العالية وخلال فترات قصيرة. ووجد التأثير الأول بسبب مشاكل تتعلق بالتصرفات والسلوكيات العقلية عند الأطفال وتدني مستوى الذكاء وقدرة التحصيل الأكاديمي، وفي الحالة الثانية تحدث الأمراض الفتاكة التي تؤدي إلى التسمم وفقر الدم وأمراض الكلى.

يضاف الرصاص إلى بنزين وقود السيارات لتنظيم عملية احتراق الوقود (في بعض البلدان تم إضافة مادة كيميائية بدلا من الرصاص وتنتج ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وهي مركب الأيثر ميثيل ثالث البوتائل (MTBE) الذي يضاف للوقود بنسبة 7 إلى 12 في المائة) فيخرج الرصاص من عوادم السيارات إلى الهواء محدثاً تلوثاً به وخاصة في المدن المزدهمة والتي تستخدم بنزين محتوي على الرصاص وللرصاص أضرارا في غاية الخطورة على صحة الإنسان نذكر بعضاً منها(الصداع والضعف العام , إفراز حمض البول وتراكمه في المفاصل والكلى يقلل من تكوين الهيموغلوبين في الجسم, يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام, يؤدي إلى القلق النفسي والليلي, يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال, تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل..).

### المقاييس Standard :

يجب ألا يتعدى أقصى تركيز للرصاص في الأربعة وعشرين ساعة خلال أي فترة طولها ثلاثة أشهر 1.5 ميكروجرام / م<sup>3</sup> في أي موقع.

### طريقة القياس Measuring Method:

تجمع عوالمق الهواء في مرشح ألياف زجاجية بواسطة جهاز جمع عينات الغبار عالي السعة ( High Volume Sampler ) وذلك لمدة أربعة وعشرين ساعة. تعالج عينة الغبار المحتوية على الرصاص كيميائياً ثم قياس مستوى تركيز الرصاص بواسطة جهاز الامتصاص الذري ( Atomic Absorption Spectrometer ).

الرصاص له العدد الذري 82 في الجدول الدوري يعد أحد الفلزات الثقيلة السامة ويتواجد بالطبيعة كمركب كبريتيد الرصاص PbS وهو من أقدم الفلزات المكتشفة والمستخدمه عبر التاريخ وذلك نظرا لكونه مطاوعا سهل السبك ودرجة انصهاره المنخفضة.

التسمم بالرصاص هي حالة طبية ناتجة عن وجود مستويات مرتفعة من معدن الرصاص في الدم الناتج عن استنشاق جزيئات الرصاص الناجمة عن انبعاثات المركبات التي تسير بوقود يحوي على الرصاص ، وكذلك استنشاق الدهانات المحتوية على الرصاص وكذلك عمليات الصهر وإعادة التدوير ، واستنشاق الغبار الملوث بالرصاص وشرب المياه (المنقولة بواسطة الأنابيب الحاوية على الرصاص) وتناول الأطعمة (المحفوظة في حاويات مصنوعة من الرصاص المزجج أو ملحومة بواسطة الرصاص، ويمكن أيضاً أن يسفر استخدام بعض المستحضرات والأدوية التقليدية عن التعرض للرصاص.

مستويات عالية منه خصوصا عند الاطفال تهاجم الدماغ والجهاز العصبي المركزي وتسبب الغيبوبة والتشنجات، وزيادة مفرطة في الحركة و هبوط معدل ذكائه وتغيرات في سلوكه ، كما يتسبب التعرض للرصاص في الإصابة بفقر الدم وارتفاع ضغط الدم والقصور الكلوي وتسمم جهاز المناعة والأعضاء التناسلية، ومن المعتقد أن آثار الرصاص العصبية والسلوكية لا شفاء منها.

جزيئات الرصاص أقطارها من 0.01 ميكرومتر إلى عدة ملليمترات، إلا أن هذه الجزيئات ثقيلة الوزن مما يجعل معظمها (60%) يهوي مباشرة فور خروجها من عوادم السيارة على الطريق نفسه أو على حافته، ولذلك فإن تربة جوانب الطرق والنباتات النامية حوله تتلقى النصيب الأكبر من الرصاص







### نصائح وإرشادات:

- 1- التخفيف قدر الإمكان من تناول الأطعمة الجاهزة المحفوظة في المعلبات المعدنية، إذ تعمل مثل هذه المصادر على استيعاب كميات ملحوظة من الرصاص الذي يتسرب في المواد الغذائية المحفوظة فيها من جدار العلبة ومن مادة اللحام التي تعمل على لحم غطاء العلبة بها.
- 2- الحذر من الإفراط في استخدام صبغات الشعر ومواد التزيين الأخرى التي تحتوي على الرصاص.
- 3- الحذر من ترك الأطفال يعثون في كسرات الخشب المطلية أو كسرات الطلاء الساقطة من الجدر؛ فالكسرات قد تحتوي على كميات عالية جدًا من الرصاص
- 4- عدم الاعتماد في تبريد مياه الشرب على البرادات ذات النوع الرديء، والتي يكون خزان الماء فيها مصنوعًا من الزنك وملحومة أجزاءه بمادة اللحام المعدنية المحتوية على الرصاص. فهذا النوع قد يحرر في ماء الشرب كمية كبيرة من الرصاص.
- 5- الحذر من ترك الأطفال يعثون في البطاريات الجافة منتهية الصلاحية.
- 6- الحذر من بعض المستلزمات المدرسية مثل الأقلام السحرية، ومواد التلوين.
- 7- توعية أطفالنا بأخطار الرصاص والسبل المثلى للتعامل مع الأشياء الكثيرة المتنوعة التي تصاحبهم في حياتهم اليومية والتي قد يحتوى بعضها على الرصاص.

### الاجهزة المستخدمة في قياس الرصاص Pb :

- 1- جهاز الامتصاص الذري ( Atomic Absorption Spectrometer ).



## 9- الكبريتات ( SO4 )

الكبريتات والدقائق العالقة غالباً ما تتبع سوياً عند احتراق الوقود الأحفوري ويعتبران الملوثين الساندين في المناطق الصناعية. وفي الهواء الجوي هناك تحولات كيميائية ( Chemical Transformation ) لأكاسيد وأملاح الكبريت التي تستقر في آخر الأمر على هيئة كبريتات تصاحب الدقائق العالقة. ونظراً للارتباط المتبادل بين الدقائق العالقة والكبريتات في التأثير السلبي على الصحة فإن هذه المقاييس تهدف إلى تقليل تأثير الكبريتات المباشر والأضرار التضاعفية والتراكمية لدقائق الكبريتات العالقة والمصاحبة لبعض الملوثات الأخرى.

### المقاييس Standard :

يجب ألا يتعدى أقصى تركيز للكبريتات في الأربعة وعشرين ساعة خلال فترة طولها 12 شهراً 23 ميكروجرام / م<sup>3</sup> في أي موقع.

### طريقة القياس Measuring Method :

يتم جمع عينات الكبريتات من الهواء من خلال جمع عينات الدقائق العالقة وذلك باستخدام جهاز جمع العينات على السعة، يلي ذلك التحليل الكيميائي عن طريق الكروماتوغراف الأيوني لتحديد تركيز الكبريتات في الهواء المحيط.

### الاجهزة المستخدمة في قياس الكبريتات SO4 :

1- جهاز الكروماتوغراف الأيوني لتحديد تركيز الكبريتات في الهواء

### الطرق والاجهزة المستخدمة في التخلص من الكبريتات:

1- جهاز لتصفية الجسيمات العالقة بكافة انواعها العضوية وغير العضوية بالهواء في المكتب او السكن (جهاز تنقية الهواء النقال وهو جهاز ICLEEN HP النقال لتنقية الهواء من أي تلوث وبنسبة 99.97%)





## 10- الفلوريدات ( Fluorides )

الفلوريد هو العنصر الأساسي في تصنيع العديد من السموم و مبيدات الجردان و والصراصير (WTF) و اليوم نجده كعنصر أساسي مضاف في تركيبة أغلب مياه الشرب المعدنية و المنزلية و كذلك معاجين الأسنان الفلوريد استعمل من قبل النازيين لتعقيم المساجين... فالفلوريد مادة كيميائية عصبية سلسة للغاية وأضافته إلى مياه الشرب يتسبب تدريجياً في إضعاف الوظيفة الأساسية للخلايا العصبية في الدماغ، و اضعافه لوظيفة الإدراك يجعل الإنسان يميل دون وعي منه إلى الانقياد و الانصياع لأوامر لا ينتجها عقله.

فلوريد الصوديوم واحد من المكونات الأساسية في كل من ( PROZAC هيدروكلوريد FLUoxetine وغاز الاعصاب سارين (الأيزوبروبيل ميثيل فسفوريل الفلوريد) .  
أن فلوريد الصوديوم ليس أقل خطر من النفايات الخطرة في الصناعات النووية والألومنيوم. بالإضافة إلى كونها العنصر الأساسي في سموم الفران والصراصير، وإنما هو أيضا العنصر الرئيسي في التخدير والعقاقير المنومة، والنفسية، فضلا عن العسكرية غاز الأعصاب.  
الفلوريد ليس مفيد للأسنان فقد اثبتت الأبحاث المستقلة أنه مسبب لكثير من أمراض الأسنان و اللثة

تنبعث الفلوريدات في الهواء من عدة صناعات كيميائية وخاصة الأسمدة الفوسفاتية والألمنيوم الهيدروكربونات المحتوية على الفلورايد المستخدمة في صناعة الثلجات وعبوات الغازات المضغوطة وكذلك العديد من الصناعات البلاستيكية. وأثبتت الدراسات أن جسم الإنسان يمتص قدراً من الفلورايد ويتخلص من 50% من الكمية الممتصة عن طريق الكلى وتترسب الكمية العظمى الباقية في العظام وتتجمع البقية في الأنسجة العضلية وخاصة الكلى. ويؤدي تراكم الفلورايد في الجسم إلى تكلس العظام والأسنان ونقص في إنتاج حليب الأم المرضع، أما في الحيوانات فيسبب تراكم الفلورايد إلى نقص الوزن وبطء الحركة، مما يؤدي إلى العجز التام، ويؤدي تعرض النباتات والأعشاب لرذاذ أو غازات الفلورايد المنبعثة من الصناعات المستخدمة للمواد الأولية المحتوية على الفلورايد إلى تلف أطرافها وضعف نموها وتساقط ثمارها قبل أوانها.

ذكرت إدارة الغذاء والدواء (FDA) أن العلماء وجدوا ارتباط وثيق بين انخفاض معدلات الخصوبة الكلية لدى النساء بين سن 10 و 49 بسبب زيادة نسبة تقبل أجسامهم لمادة الفلورايد.  
كما أن الفلورايد يعتبر مادة غير مصرح بها من قبل إدارة الاغذية والعقاقير لاعتباره مادة سامة و خطيرة و غير قابلة للاستعمال الانساني اليومي و ترى أنه لا يوجد أي دليل على سلامة أو فعالية استعماله كما أنها لا تعتبره من المغذيات الأساسية للجسم بسبب ارتفاع درجات سميته كما أن الأكاديمية الدولية لطب الفم وعلم السموم كانت قد صنفت الفلورايد كمادة مضرّة بالأسنان نظراً لسميته العالية وحسب الأبحاث الحديثة وجد ان الفلور مثبت للمعادن الثقيلة في الجسم و هذا خطير على الصحة عامة و خاصة منها الذهنية .

المقاييس Standard :

يجب ألا يتعدى المتوسط الشهري لتركيز الفلورايد خلال أي مدة طولها ثلاثون يوماً 1.0 ميكروجرام / 3م في أي موقع.

طريقة القياس Measuring Method :

تستخدم طريقة قياس D 3270-80 المنشورة بواسطة ( ASTM ) لقياس مستوى تركيز الفلورايد في الهواء المحيط .







## 11- الأمونيا (NH3 Ammonia)

يتكون غاز الأمونيا من عنصرى النيتروجين والهيدروجين وهو غاز عديم اللون شديد الذوبان في الماء قلوي ولاذع. وينتج هذا الغاز عن النشاطات الحيوية وعند تحلل المواد النيتروجينية العضوية، وتلعب بعض الصناعات مثل صناعة الأسمدة النيتروجينية دوراً هاماً في انبعاث هذا الملوث إلى الهواء المحيط، ويعتبر غاز الأمونيا خانقاً ويؤثر سلباً على الأغشية المخاطية في الإنسان ويسبب العديد من أمراض الصدر والجهاز التنفسي وكذلك أمراض الجلد وتهيج العيون.

### المقاييس Standard

يجب ألا يتعدى متوسط تركيز الأمونيا في الساعة خلال أي مدة طولها ثلاثون يوماً 0.8 جزء في المليون أكثر من مرتين في أي موقع.

### طريقة القياس Measuring Method

تستخدم الطريقة التحفيزية لأكسدة الأمونيا وتحويلها إلى ثاني أكسيد النيتروجين ومن ثم قياسها باستخدام محلل أكاسيد النيتروجين المصمم على أساس تقنية كيميوميتر ( انبعاث الضوء نتيجة لتفاعل كيميائي ).

### الأجهزة المستخدمة في قياس الأمونيا NH3 :

1- portable multi gas detector KT-602

2- Personal single gas monitor 640\_Crowcon-Gasman

مقاييس جودة الهواء المحيط

### Ambient Air Quality Standards

طريقة القياس Measuring Method	متوسط خلال الفترة الزمنية Average Period	القياس Standard		الملوث Pollutant
		ميكروجرام / 3م Ug/m3	جزء من مليون ppm	
UV-Fluorescence	ساعة واحدة	441	0.169	ثاني أكسيد الكبريت Sulfur dioxide (SO2)
	24 ساعة	217	0.83	
	سنة واحدة	65	0.076	
UV-Fluorescence	ساعة واحدة	200	0.140	كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide (H2S)
	24 ساعة	40	0.030	
Chemiluminescence	ساعة واحدة	660	0.350	ثاني أكسيد النيتروجين Nitrogen Oxide (NO2)
	سنة واحدة	100	0.050	
UV-Photometry	ساعة واحدة	240	0.120	غاز الأوزون (O3)
	24 ساعة	340		
	ساعة واحدة	80		الدقائق العالقة القابلة للاستنشاق Microprill Inhalable Particulate (PM10)
	ساعة واحدة	80		
Non Dispersive IR	ساعة واحدة	40000	35	أول أكسيد الكربون Carbon Monoxide (CO)
	8 ساعات	10000	9	
GC-FID/PID	3 ساعات	160	0.24	الهيدروكربونات غير الميثانية Nonmetha Hydrocarbon
	24 ساعة	NA	NA	
Gravimetry +AAS	3 أشهر	1.5		الرصاص Lead (Pb)
	24 ساعة	NA	NA	
Gravimetry + Ion Chromatgraph	24 ساعة	23		الكبريتات Sulphate (SO4)
colorimetric	شهر واحد	1.0		الفلوريدات Fluoride (F)
Chemiluminescence	ساعة واحدة		0.8	الأمونيا Amonia (NH3)





وقد نشرت منظمة الصحة العالمية توجيهات تحدد جودة الهواء، ويمثل الجدول التالي قيم بعض ملوثات الهواء التي لا ينبغي تجاوزها للحفاظ على صحة جيدة

مدة التعرض	القيم	الملوثات
15 دقيقة	100 000 µg/m3	أحادي أكسيد الكربون CO
30 دقيقة	60 000 µg/m3	
ساعة	30 000 µg/m3	
8 ساعات	10 000 µg/m3	
سنة	0.5 µg/m3	الرصاص
ساعة	200 µg/m3	أكسيد النيتروجين (الازوت) NO2
سنة	40 µg/m3	
8 ساعات	100 µg/m3	الأوزون O3
10 دقيقة	500 µg/m3	أكسيد الكبريت SO2
24 ساعة	20 µg/m3	
سنة	50 µg/m3	
24 ساعة	25 µg/m3	الدقائق العالقة PM2.5 Microprill
سنة	10 µg/m3	
24 ساعة	50 µg/m3	الدقائق العالقة PM10 Microprill
سنة	20 µg/m3	

مصادر التلوث ونسبة انبعاثات الملوثات الرئيسية

PS	SO2	NOx	القطاع
80%	59%	39%	محطات توليد الكهرباء و مصافي النفط
7%	9%	38%	قطاع النقل
12%	29%	15%	قطاع الصناعة
1%	3%	8%	قطاعات اخرى

## 12- غاز ثاني أكسيد الكربون (CO2) Carbon dioxide

يتكون غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم ومشتقات البترول، ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات الدخيلة التي أدخلها الإنسان على الهواء ويسبب صعوبة في التنفس والشعور بالإحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية والحلق والتهاب القصبات الهوائية.

أن عملية الاتزان البيئي التي تذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوناً حمضياً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ويتفاعل مع بعض الرواسب مكوناً بركونات وكربونات الكالسيوم، كما تساهم النباتات أيضاً في استخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي وتجدر الإشارة إلى أن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من المساحات الخضراء ساهم في ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو والذي قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري.





### 13- الكاديوم Cd Cadmium

معدن الكاديوم عنصر موجود في الطبيعة (سام جدا)، ويعد إحدى عناصر قشرة الأرض، ويكون ملمسه ناعما ولونه يميل إلى الأبيض الفضي، وهو لا يوجد غالبا في صورته النقية في الطبيعة بل متحدا مع عناصر أخرى مشكلا حضورا متعدد لهذا العنصر بأشكاله كالأكاسيد والكبريتيد والكبريتات والكريونات في خامات معادن أخرى كالزنك والرصاص والنحاس.

ويندرج الكاديوم تحت فئة المعادن أو المواد التي لها تأثير سام، إذ تؤكد جميع الأبحاث والدراسات أن معدن الكاديوم شديد السمية على الكائنات الحية جميعها، وليس له أي دور حيوي، وتوضح الدراسات أن تعرض الإنسان لجرعات بسيطة للغاية من هذا المعدن ولفترات طويلة، من شأنه أن يحدث مع مرور الوقت تسما مزمنًا، ولقد تم إعداد الكثير من الدراسات عن الأضرار الصحية التي يسببها معدن الكاديوم على الإنسان.

يقدر أن هناك نحو 25 إلى 30 ألف طن من معدن الكاديوم تجد طريقها للبيئة في كل عام، نصفها يذهب للأنهار والمحيطات، وتتسبب ثورة البراكين وحريق الغابات في نشر جزء كبير منه في الهواء، والإنسان بأنشطته المختلفة يلعب دورا ملحوظا في انتشار هذا المعدن بيننا، إذ قدرت الكمية بنحو 4 إلى 13 ألف طن سنويا، وخصوصا في عمليات التعدين، حرق الوقود الأحفوري (كالفحم في محطات الكهرباء) والمخلفات المنزلية والصناعية.

طرق انتقال هذا المعدن إلى الإنسان متعددة «منها انتقاله عن طريق الهواء، إذ تتعلق الحبيبات المحتوية على هذا العنصر في الهواء، وتحمل إلى مسافات بعيدة قبل أن تتساقط على الأرض كغبار أو بواسطة الأمطار والثلوج وتدخل إلى مصادر المياه المختلفة، كما أنها تدخل إلى مصادر المياه والتربة من خلال عملية التخلص من النفايات وتناثر أو تسرب المواد الخطرة من مواقع التخلص من النفايات، ويمكن لهذا العنصر أن يتحد بقوة مع جزيئات التربة، ويذوب في الماء بنسب مختلفة ومحدودة، وتتعاطى الأحياء المائية من نباتات

وحوانات هذا العنصر من البيئة المحيطة، ويمكن أن يصل إلى جسم الإنسان نظرا لقدرته على البقاء في الجسم لفترة طويلة والتراكم بداخله، كما يمكن لهذا العنصر أن يأخذ طريقه إلى جسم الإنسان عن طريق السلسلة الغذائية والاستهلاك الغذائي، ويوجد في الأغذية بنسب قليلة، وأعلى نسبة توجد في الأصداف البحرية والمحار، لحوم الكبد والكلية الحيوانية، وكذلك تأتي الخطورة بالتعرض له عن طريق الجهاز التنفسي من خلال أماكن العمل في صناعة البطاريات، في عملية لحام السبائك والأجزاء المعدنية، وينتقل أيضا من خلال تنفس واستنشاق دخان السجائر والشيشة، وتنفس الهواء من أماكن قريبة لحرق الوقود كالفحم أو المخلفات.

ويعتبر استخدام المياه الساخنة في السخانات الكهربائية من أجل تجهيز الأطعمة أو المشروبات الساخنة أحد مصادر انتقال هذا العنصر إلى الإنسان، فالمعروف أن درجة تآكل المعادن تزداد بزيادة درجة الحرارة، ومن ثم فقد يكون نصيب المياه من التلوث بهذه الوسائل أكبر من المصادر الأخرى.

زيادة تركيز الكاديوم في جسم الإنسان تؤدي إلى أضرار كثيرة، منها الإصابة بالفشل الكلوي، إذ يخزن الجسم الغالبية العظمى من الكاديوم في الكليتين، وفي الكبد والأعضاء التناسلية أيضا، وغالبا ما تحدث أمراض الكلى عندما تصل كميات الكاديوم في الكلى بتركيزات تصل إلى 200 جزء في المليون، ويتخلص الجسم من الكاديوم عادة ببطء، ويرتبط هذا التخلص بنوعية الغذاء.

وجد في أوروبا وأميركا وكندا وأستراليا جمعيات ولجان حكومية وغير حكومية، تقوم بمهمة توصيل هذه المعلومات إلى المستهلك، إذ تعد حق من حقوق المعرفة لديه، وتم وضع معايير ونسب محددة كما في الملونات الصناعية المضافة للأطعمة 15 جزءا في المليون - أي 15 ملليجرام لكل كيلوغرام، وفي مياه الشرب (5 أجزاء في البليون - أي 5 ميكروجرام لكل لتر)، ويمنع استخدامه أو وجوده في جميع المبيدات الكيميائية. كما حدد في الهواء المحيط بمناطق العمل (مقدار 100 ميكروجرام لكل متر مربع)، وحتى مقدار ما يمكن السماح له في الغبار (200 ميكروجرام لكل متر مكعب). وتتراوح النسب المحددة في الأغذية







الاستهلاكية ما بين 2 إلى 40 جزءاً في البليون - أي 2 إلى 40 ميكروجرام لكل كيلوغرام. وتوجد أقل هذه النسب في الفواكه والمشروبات، وبمقادير أكثر في الخضراوات الورقية والبطاطس.»

### احتياطات ونصائح للوقاية من الكاديوم

في حال العودة من السفر مثلاً، يجب عدم استخدام مياه الصنبور مباشرة، إذ من المحتمل أن يكون الماء قد تلوث بقدر كبير نتيجة بقائه مدة طويلة في الأنابيب المعدنية، وعليه يجب فتح الصنبور فترة قبل الاستعمال للتخلص من المياه المشكوك في تلوثها.

-عدم تجهيز الأطعمة والمشروبات الحارة باستعمال المياه المسخنة في السخانات الكهربائية الخاصة بالاستحمام.

-عدم استخدام الأواني المظلمة في تجهيز أو تقديم الأطعمة، نظراً لظهور تأثيرات سمية لتلوث الطعام بالكاديوم من أوعية مظلمة، كما تتسبب في اعتلالات معوية ومعوية.

-عدم الإفراط في أكل الكلى (الكلاوي)، إذ تمثل هذه الأعضاء أهم الأماكن التي يخزن فيها الجسم الكاديوم.

-عدم ترك البطاريات، خصوصاً ذات العمر الطويل في متناول الأطفال، إذ يعتبر الكاديوم من المواد الأساسية في تركيب هذه البطاريات.

-الإقلاع عن التدخين أو التخفيف منه، إذ أثبتت الدراسات والأبحاث أن التدخين يؤدي إلى دخول الكاديوم للجسم عن طريق الرئتين.

-الإكثار من الأطعمة ذات البروتين الخفيف، إذ أثبتت الدراسات أن البروتينات الخفيفة ساعدت على تحرير معادن الكاديوم والنحاس والزنك المتراكمة بكميات كبيرة في الكلى والكبد، وخرجها مع البول والبراز.

-الإكثار من تناول مشتقات الألبان، لأنها تحتوي على نسبة عالية من الكالسيوم، وقد دلت الدراسات على أن امتصاص الكاديوم الملوث به الطعام يقل كثيراً في الثدييات عندما يوجد الكالسيوم في الطعام بتركيزات عالية، بينما يزداد امتصاص الكاديوم عندما يقل محتوى الطعام من الكالسيوم.

### الاضرار الصحية و البيئية للكاديوم

تبين الدراسات إرتفاع تركيز الكاديوم في التربة القريبة من المنشآت الصناعية التي تطرح هذا العنصر الى الوسط الخارجي , سواء تم ذلك من خلال فوهات المداخن على شكل غازات او غبار , او عن طريق المياه التي يتم إستخدامها لاحقاً في الزراعة و سواء تم تلوث التربة او النبات او كليهما , فإن ذلك سوف يؤدي الى تسمم الانسان و الحيوان الذي يتغذى على نباتات ملوثة و يكمن الخطر لهذا العنصر على جسم الانسان في انه يتميز بخاصية التراكم في مراكز حيوية هامة في جسم الانسان و ان عملية طرحه يمكن ان تكون معدوماً تقريباً . فالكاديوم يتحد مع بعض انواع البروتينات و يتراكم في الكبد و الطحال و الكلى , كما يمكن للكاديوم ان يحل محل عنصر الزنك في بعض الانزيمات في جسم الانسان و التي تقوم بوظائف حيوية هامة و بالتالي تفقد هذه الانزيمات قدرتها الحيوية , وبسبب ان الكاديوم يتشابه مع الكالسيوم , فإنه يترسب معه في العظام على شكل ثلاثي فوسفات الكاديوم و هذا بدوره يؤدي الى هشاشة العظام و حدوث اضرار بالغة على العمود الفقري .





### 13- أكاسيد الحديد

أهمها أكسيد الحديد الثنائي أو أكسيد الحديدوز  $FeO$  ، ويكون على شكل مسحوق بلوري أسود. تتبع أكاسيد الحديد من مصانع الحديد والصلب وتؤدي إلى تلوث البيئة المحيطة ، حيث أن انبعاث أكاسيد الحديد من الأفران إلى الجو الخارجي التي تؤدي إلى آثار ضارة على صحة العاملين وتأثير قاتل على المحاصيل الزراعية وارتفاع في درجة حرارة الجو و تلوث مياه المجاري نتيجة المياه المنصرفة وتساعد الأتربة من قمة الفرن عند صب الحديد.

### 14- غاز الرادون $222\text{RN RADON}$

هو غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو ذو منشأ طبيعي وهو باعث لجسيمات ألفا بطاقة (5.4 MeV). يبلغ عمره النصفى ( 3.825 ) يوم وينتج عن تفكك عنصر الراديوم المشع  $226\text{RA}$  الذي عمر نصفه 1600 سنة ويستمر في توليد غاز الرادون في سلسلة تفككه الإشعاعي حيث أن الراديوم  $226\text{RA}$  من نواتج تحلل اليورانيوم  $238\text{U}$ .

غاز الرادون مصنف ضمن الغازات الخاملة  $Inactive\ gases$  او النبيلة  $Noble\ Gases$  وهي التي تشكل في مجموعها تقريباً نسبة 1% من الهواء الجوي المحيط بنا (الهليوم  $He$ ، والنيون  $Ne$ ، والأرجون  $Ar$ ، والكريبتون  $Kr$ ، والزينون  $Xe$ ، والرادون  $Rn$  وهو عنصر له نظائر مشعة  $219\text{RN}$  و  $220\text{RN}$  وأهمها  $222\text{RN}$ ). حيث أن غاز الرادون  $222\text{RN}$  أثقل من الهواء سبع مرات ونصف مما يؤدي إلى وجوده في الأسفل دائماً ونسبته واحد في الألف من الهواء الجوي ولكن يكون تركيز الرادون داخل المنزل بشكل عام أعلى من 2 إلى 10 مرات منه في الخارج.

غاز الرادون  $222\text{RN}$  هو الأطول عمراً من بين نظائر الرادون (الأكتون  $219\text{Rn actinon}$  ، التورون  $220\text{Rn thoron}$ ، الرادون  $222\text{Rn radon}$  ) إذ يبلغ عمره النصفى ( 3.825 ) يوم وهذا العمر يمنحه القابلية على الانتشار لمسافات في الجو ثم يتحول إلى عنصر البولونيوم  $Po$  الباعث أيضاً لجسيمات ألفا.

### \*النظائر $Isotopes$

تختلف العناصر فيما بينها في العدد الذري ( عدد البروتونات ) إلا أن هنالك عناصر تتشابه في العدد الذري وتختلف فيما بينها في العدد الكتلي (عدد البروتونات + عدد النيوترونات) وتعرف هذه العناصر بالنظائر. العناصر المستقرة هي التي لا تشع ودليلها على ذلك تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتها. العناصر غير المستقرة هي التي تشع ودليلها على ذلك عدم تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتها....فتصبح نظائر مشعة.

أن الرادون له القابلية على الانتقال في الهواء من مكان إلى آخر دون أي إعاقة ، مما يجعل عملية التعرض له ولإشعاعه تحدث باحتمالية عالية لعدد كبير من الناس حيث أوضحت الدراسات أنه عند مسامية منخفضة تكون حبيبات التربة متقاربة إلى بعضها فعندما تنبعث ذرة الرادون من الحبيبة فإن طاقة ارتدادها تطمورها في حبيبة أخرى وبهذا لا تستطيع الإفلات بسهولة .

وتكمن الآثار الصحية للرادون في جسيمات ألفا الصادرة عنه وعن نواتج تفككه. حيث تمتلك هذه الجسيمات الطاقة الكافية لتخترق النسيج وتصل إلى القسم الداخلي للخلايا وتخرب هذه النسيج. هناك طريقتان يمكن للرادون ونواتج تفككه أن تدخل جسم الإنسان وهما التنفس والهضم. ويعتقد أن الهضم ليس خطراً حيث وجود الطعام في المعدة ولو بسماكة لا تتجاوز 1.5 مم يمكن أن يوقف معظم جسيمات ألفا الصادرة عن تفكك الرادون ووليداته. وبما أن الرادون غاز نبيل ذو عمر نصف كبير مقارنة مع الدورة التنفسية ، فهو إما ينتقل إلى الدورة الدموية أو يعود ويخرج من الرئة عن طريق الزفير. ولما كانت نواتج تفكك الرادون تعلق نفسها على المعلمات الهوائية فلديها احتمال كبير أن تدخل الرئة وتتفكك و تؤدي الرئة. وبما أن الرادون أثقل من الهواء فهو يكون قريب من التربة.





ولقد وضعت وكالة حماية البيئة إجراءً علاجياً لمستوى 4 بيكوكوري (PC) في اللتر من الهواء (بمعنى أنه عند أو فوق هذا المستوى، يجب إتخاذ الإجراءات العلاجية لخفض مستوى الغاز). وقد اعتبر مستوى PC 20 في اللتر مستوى خطراً، ويمثل التعرض طوال الحياة لهذا المستوى خطراً للإصابة بالسرطان يعادل خطر تدخين علبة ونصف من الدخان يومياً. بمعنى أن ستة أفراد بين كل 100 فرد قد يموتون من سرطان الرئة حينما يتعرضون إلى غاز الرادون عند هذا المستوى. ويواجه من يدخنون ويتعرضون في نفس الوقت إلى غاز الرادون خطراً كبيراً للإصابة بالسرطان.

المصادر الأساسية للرادون هو التربة والماء ومواد البناء. ويلزم الا يزيد غاز الرادون في المساكن عن 100 وحدة بيكريل bq في المتر المكعب الواحد. (الحد الدولي لحماية البيئة للمساكن هو 200 بيكريل/م3 و حد الوكالة الأمريكية لحماية البيئة للمساكن هو 150 بيكريل) و حد تدخل الدولة لاخلاء المساكن يبلغ 400 بيكريل/م3.

\*وحدة البيك ريل bq ( واحد بيكريل يعادل تحلل إشعاعي لنواه واحدة في الثانية) اذا هي وحدة تستخدم لبيان معدلات تحلل المواد المشعة اي انها لقياس العمر النصفى للمادة المشعة والتي تعني الزمن الذي يحتاجه العنصر ليتفكك نصف عدد ذراته (حيث يبلغ العمر النصفى لليود-131 هو 8 أيام في حين أن العمر النصفى للكربون-14 هو 5730 سنة والعمر النصفى للرادون 222 هو 3.825 يوم).

أن مخاطر غاز الرادون لا يكمن في كونه عنصر مشع فحسب بل لكونه غاز يستطيع ان ينتشر لمساحات واسعة

بالإضافة إلى تحول الرادون بعد فترة ( 3.825 ) يوم إلى عنصر البولونيوم 218Po Plutonium الباعث أيضاً لجسيمات ألفا (نصف عمره لا يتعدى دقائق قليلة) فيترسب البولونيوم على النباتات وفي البيوت مما يشكل خطورة كبيرة على السكان في هذه المناطق حيث ان نواتج تحلل الرادون هي نظائر البولونيوم (218Po) والبيزموت (214Bi) والرصاص (214Pb).

#### Isotopes of polonium نظائر البولونيوم

لعنصر البولونيوم 33 نظير جميعها نظائر مشعة

أولها عنصر بولونيوم Plutonium (210Po) ذو عمر النصف 138.376 يوم وهو يستخدم كمصدر للطاقة في الخلايا الحرارية للأقمار الصناعية ويصدر أشعة زرقاء عند تعرضه للهواء بمقدار أقل من 1 كوري \*\*1كوري = 3.7 جيجا بيكريل \*\* حيث يعطي جرام واحد منه قدرة قدرها 140 وات وذلك لأنه يشع عدد كبير من جسيمات ألفا التي تتوقف عند مسافات قصيرة ومن ثم تصدر طاقة.

ثانيها نظير بولونيوم Plutonium (209Po) ذو عمر النصف 103 سنة وهو أطول عمر طبيعي لنظائر البولونيوم.

\*عند وضع النظير المشع 209Po أو النظير المشع 208Po في سيكلوترون وقصفه بالرصاص أو بزموت يصدر عنه جسيمات ألفا، بروتونات أو ديترونات.

\*هنا يجب التمييز بينه وبين البلوتونيوم Plutonium فهو معدن ثقيل جداً وعالي الكثافة، أكثر من الرصاص بـ 1,74 مرة تقريباً، مشع وسام، عدده الذري 94، اكتُشف في الولايات المتحدة عام 1940 كحال اليورانيوم 235 فهو عنصر قابل للانشطار، الذي تُستخدم طاقته لصناعة القنابل النووية ويستخدم في إنتاج الطاقة في بعض المفاعلات النووية يُستخدم أيضاً في المختبرات.

البلوتونيوم 239 Plutonium هو أحد الفضلات النووية في المفاعلات النووية المدنية لتوليد الطاقة الكهربائية ويتكون البلوتونيوم 239 Plutonium بثلاث خطوات هي :

1- إكساب اليورانيوم 238 نيوترونات لتحويله إلى يورانيوم 239

2- تحول اليورانيوم (239 نصف العمر: 23 دقيقة) إلى نبتونيوم 239

3- تحول النبتونيوم 239 (نصف العمر: 2.3 يوم) إلى بلوتونيوم 239

البلوتونيوم عنصر شديد الإشعاع ولكن النظائر 238 و 241 هما الأكثر إشعاعاً (والذي يسبب أمراض خطيرة)، يتفاعل مع الماء والأكسجين والأحماض ولكنه لا يتفاعل مع القواعد







تم اكتشاف غاز الرادون في عام 1900 على يد دورن Friedrich Ernst Dorn وتم تحديد خواصه على يد رذرفورد و سودي في عام 1902.

الرادون هو أحد نواتج تحلل عنصر اليورانيوم المشع في سلسلة الإشعاع الطبيعي، إن النشاط الإشعاعي للرادون أي التحلل تلقائياً إلى عناصر مشعة أخرى يمكنها أن تلتصق بذررات الغبار الموجودة في الجو يتنفسها الإنسان فتلتصق بجدار الرنتين وتقوم بدورها بالتحلل إلى عناصر أخرى، وأثناء هذا التحلل تشع أشعة ألفا ( نواة ذرة الهليوم ) وهي أشعة مؤينة و الأشعة المؤينة تسبب تأين الخلايا الحية؛ وهو ما يؤدي إلى تغيرات كيميائية في الخلية مما يدي إلى أحد أمرين إما تغيرات دائمة في الخلايا وبالتالي حدوث خلل وراثي أو تداخلات متأخرة مثل السرطانات أو تحدث ضرراً يؤدي إلى موت الخلايا فموت العضو فموت المتعضية.. وخلال العقد الماضي اقر العلماء بإجماع على اعتبار أن غاز الرادون السبب المحتمل للإصابات السرطانية في بني البشر .

ولكن لحسن الحظ فإن مثل هذا النوع من الأشعة - أشعة ألفا - عبارة عن جسيمات ثقيلة نسبياً، وبالتالي تستطيع أن تعبر مسافات قصيرة في جسم الإنسان ( الجلد فقط في حالة التعرض الخارجي ) أي أنها لا تستطيع أن تصل إلى خلايا الأعضاء الأخرى لتدميرها؛ وبالتالي يكون سرطان الرئة هو الخطر المهم والمعروف حتى الآن الذي يصاحب غاز الرادون . وتشير التقديرات إلى أنه يتسبب في وفاة ما بين 15 ألف إلى 22 ألفاً في الولايات المتحدة لوحدها نتيجة الإصابة بسرطان الرئة .

وتعتمد خطورة غاز الرادون على كمية ونسبة تركيزه في الهواء المحيط بالإنسان، وأيضاً على الفترة الزمنية التي يتعرض لها الإنسان لمثل هذا الإشعاع، وحيث إن هذا الغاز من نواتج تحلل سلسلة اليورانيوم؛ لذا فهو موجود في التربة والصخور، وتكون نسبة تركيزه عالية جداً في الأماكن الصخرية أو الحجرية المغلقة، مثل أقبية المنازل والمناجم والفوالق الصخرية ومثل قبور الفراعنة المبنية في وسط الأحجار والصخور، وهذا بالفعل ما وجد عند قياس نسبة تركيز هذا الغاز في هذه الأماكن. وبالتالي يؤدي مكوث الإنسان فترة زمنية طويلة بها إلى استنشاقه كمية كبيرة من هذا الغاز الذي يتلف الرنتين، ويسبب الموت بعد ذلك . وهذا ما ذهب إليه العلماء في تفسير لعنة الفراعنة بأنها تحدث نتيجة لتعرض الأشخاص الذين يفتحون المقابر الفرعونية لجرعة مكثفة من غاز الرادون. يقول ألفرد هويتد ( 1841 - 1947 ) " ما من أمر ذي بال إلا و سبقنا أحدهم إلى قوله دون اكتشافه " كما أن وليدات الرادون تشكل خطورة كبيرة إذا تم استنشاق الرادون وذلك لكونها صلبة تستقر في الرئة ويمكن أن تنتقل مع الدم إلى أعضاء هامة في الجسم وتترسب بها. كما يستخدم غاز الرادون في إطار بعض العلاجات التي تسمى العلاجات الراديولوجيا والتي تكون بشكل أساسي علاجات بالاستحمام بحمامات مياه ساخنة أو ينابيع مياه معدنية ساخنة يكون فيها تركيز الرادون 1 - 4.5 / 6.0 kbq .

ولكن وبالرغم من مشكلة الإشعاعية فإنه يستخدم في إطار بعض العلاجات التي تعرف بالعلاج الإشعاعي Radio Therapy والتي تكون بشكل أساسي علاجاً بالإستخدام بحمامات مياه ساخنة، أو ينابيع مياه معدنية ساخنة يكون فيها تركيز غاز الرادون ما بين 4.5 - 6 Kbq.

#### الخواص الفيزيائية و الكيميائية للرادون

الرادون ( radon ) ( Rn ) العدد الذرى 86 وهو عنصر غازي وحيد الذرة حامل كيمياوياً لا يتفاعل بسهولة مع العناصر أو المركبات الأخرى وهو مشع موجود في الطبيعة . وهو عديم اللون والرائحة والطعم، شديد السمية، وإذا تكثف عند درجة -71°C فإنه يتحول إلى سائل شفاف، ثم إلى مادة صلبة معتمة ومتلألئة (الرادون 28 نظيراً منها ثلاثة نظائر مشعة توجد بشكل طبيعي، و25 نظيراً مشعاً تنتج في المفاعلات النووية )

يوجد للرادون ثلاثة نظائر طبيعية مشعة هي:

1- الأكتنون : actinon Rn219 يهمل عادة هذا النظير عند تقييم الجرعة الإشعاعية الطبيعية وذلك لندرة وجود نظير اليورانيوم 235 أساس السلسلة التي ينحدر منها هذا النظير من جهة ( 0.7 % من اليورانيوم ) وبسبب نصف عمره القصير (3.92 ثانية) من جهة أخرى ولذلك يتلاشى هذا النظير قبل خروجه من التربة إلى البيئة.





2- التورون : thoron Rn220 يعتبر نظيرا مهما وذلك لكون نسبة إنتاجه متساوية تقريبا للرادون 222

### 3- الرادون. radon Rn222

ينتمي الرادون إلى الغازات النبيلة أو الخاملة في الجدول للعناصر (جدول مندليف) الذي يضم غازات الهليوم والنيون والأرغون والكريبتون والزينون. فذرة الرادون كباقي الغازات النادرة نادرا ما تتفاعل وتشكل جزيئات. لذلك يمكنها أن تنتشر بحرية عبر كل المواد النفوذة للغازات لأنها خاملة كيميائيا. والرادون غاز عديم اللون والرائحة ولا يمكن كشفه بالحواس البشرية، لذلك يعتمد في كشفه بشكل رئيسي على كشف الأشعة المرافقة لتفككه وتفككه وليداته. غاز الرادون أثقل من الهواء سبع مرات ونصف مما يؤدي إلى وجوده في الأسفل دائما ولكنه يشكل حوالي 1 من 1020 من هواء الجو فهو لا يشكل طبقة قريبة من سطح الأرض وإنما يختلط تقريبا بشكل متجانس مع الهواء الداخلي للمنازل حيث يكون تركيز الرادون داخل المنازل بشكل عام أعلى من 2 إلى 10 مرات منه في الخارج لذا فإنه غالبا ما يهمل التعرض للرادون خارج المنازل.

والرادون شديد الذوبان في التلوين Tincture لذلك غالبا ما يستخدم التلوين من أجل استخراج الرادون المنحل في الماء في العينات المائية من أجل قياس تركيز الرادون فيها. ومن الجدير بالذكر، أن الرادون متوسط الانحلال في الماء وبعض السوائل الأخرى، كما يعتبر الفحم الفعال ماص جيد للرادون لذلك غالبا ما يستعمل من أجل استخراج الرادون من الماء ومن أجل قياس الرادون المعلق في الماء.

### مصادر الرادون

إن المصدرين الأساسيين للرادون في الوسط الخارجي هما التربة والماء فيما يلي شرح مبسط لبعض أهم هذه المصادر.

### 1- التربة والصخور

إن حوالي 80% من غاز الرادون المنبثق إلى الوسط الخارجي ينتج عن الطبقة العليا للأرض، وبالطبع فإن وجود الراديوم 226 وبالتالي اليورانيوم 238 هو السبب في إصدار الرادون في التربة وبالتالي تختلف من مكان إلى آخر حسب الطبيعة الجيولوجية وتتركز في الصخور الجرانيتية والفوسفاتية. يعبر عن كمية اليورانيوم الموجود في مكان ما بجزء من المليون من الوزن ppm أو بالفاعلية النوعية والتي يعبر عنها بالبيكو كوري لليورانيوم في غرام واحد من المادة pci/g والعلاقة بين هذين التعبيرين بالنسبة لليورانيوم هو  $1 \text{ pci/g} = 1 \text{ ppm}$  وبشكل عام فإن صخور القشرة الأرضية تحوي حوالي  $1 \text{ pci/g}$  والتربة حوالي  $0.7 \text{ pci/g}$

يمكن تقسيم إصدار الرادون من التربة والصخور إلى مرحلتين المرحلة الأولى تتجلى بالخروج من الفلزات إلى الوسط البيئي، أما المرحلة الثانية فتتجلى بالخروج من هذا الوسط إلى الهواء. فكل تفكك لذرة راديوم موجودة في حبيبات التربة أو الصخور سيعطي ذرة رادون فإذا كان إنتاج هذه الذرة قريب من سطح التربة فيمكنها الهروب إلى الوسط الخارجي. إن كمية إصدار الرادون من التربة تتوقف على عدة عوامل منها النفوذية ورطوبة التربة... الخ، وتؤثر أيضا عملية تفككه ليعطي عنصرا صلبا هو البولونيوم قبل أن يبلغ السطح في معظم الأحيان، يعرف معدل الإصدار على أنه الفعالية المنطلقة بوحدة المساحة بوحدة الزمن وتعرف كمية الرادون القابلة للتحرر إلى الغلاف الجوي بواسطة معامل يدعى معدل الإنتاج للرادون:

$$P = E \cdot R \cdot \lambda$$

حيث  $\lambda$  : ثابت التفكك للرادون (  $s^{-1} = 16 \cdot 10^{-10} \cdot 2.06$  )

E : معامل الإصدار

R : النشاط الإشعاعي للراديوم في المنطقة (الوسط المدروس)

كما يعرف معدل التحرر (الانبثاق) الكلي T بالشكل:

$$T = P \cdot \rho = E \cdot R \cdot \lambda \cdot \rho$$

حيث  $\rho$  : كثافة جسم المادة ( $\text{kg/m}^3$ )





يعتمد إصدار الرادون من التربة على كمية انبثاقه من حبيبات مادة التربة وعلى انتقالية (انتشاره) عبر مسامات التربة إلى الوسط الخارجي. وقد وجد أن معامل انبثاق الرادون بشكل عام من الصخور أكبر منه من التربة والمعادن.

## 2- الماء

يعتبر الرادون متوسط الانحلالية في الماء، حيث تزداد انحلالته بنقصان درجة حرارة الماء لذلك عندما تسير المياه الجوفية الباردة عبر صخور التربة الجوفية تمتص كمية لا بأس بها من الرادون وعندما يسخن الماء أو يحرك فإن كمية كبيرة من الرادون تنفقت و تنطلق إلى الوسط الخارجي.

تعتمد بشكل رئيسي كمية الرادون في الماء على عاملين هما

الأول هو المواصفات الجيولوجية المحلية ( كمية الرادون تعتمد على نوع و مواصفات الصخور الموجودة) والثاني نوع الماء ( الرادون الناتج عن الماء يشكل مشكلة في البيوت التي تستخدم مياه الآبار بشكل مباشر، بينما لا يكون مشكلة في البيوت التي تعتمد على شبكة المياه العامة وذلك لأنه عادة يتم حفظ مياه الشبكة العامة من أجل المعالجة و من ثم التخزين وهذا يعطي الوقت الذي يتفكك فيه الرادون و نواتج تفككه المنحلة في الماء قبل أن يصل البيوت.

لقد قدر بشكل عام أن تركيزه قدره 10000 بيكو كوري باللتر من الرادون بالماء سيضاف حوالي 1 بيكو كوري باللتر (37Bq/m3) في الهواء الداخلي للمنازل بافتراض الاستخدام العادي للماء. وقد وجد أن متوسط مستوى الرادون في مياه الآبار يتراوح بين 500 و 170000 بيكو كوري باللتر.

يمكننا تحديد ثلاث مصادر رئيسية لغاز الرادون في المياه السطحية

- 1- الرادون الناتج عن الراديويوم 226 الموجود في المحلول و المعقدات.
- 2- الرادون المترافق مع تدفق المياه الجوفية.
- 3- انتشار غاز الرادون مع الرسوبيات المتوضعة في الأسفل

يتم فقدان الرادون بسرعة من المياه السطحية إلى الجو بواسطة الانتشار ولذلك تشارك المحيطات بحوالي 1% من كمية الرادون الصادرة إلى الوسط الخارجي ويعود ذلك إلى أن محتوى ماء البحر من اليورانيوم و الراديويم أصغر بكثير من محتوى التربة و الصخور.

وأما في المياه الجوفية فيعزى وجود الرادون في المياه الجوفية إلى تفكك الراديويم الموجود في الصخور و التربة و الذي انحل في هذه المياه و إلى الرادون المنحل في هذه المياه الجوفية و الناتج من تفكك الراديويم غير الموجود على تماس مع هذه المياه.

## 3- مواد البناء

تحتوي مواد البناء المصنوعة من التربة و الصخور مثل (الإسمنت، البلوك،... الخ (على مواد مشعة ذات منشأ طبيعي مثل اليورانيوم و الراديويم و بالتالي فهي تولد الرادون لهذه المواد نفوذية كافية لينطلق الرادون المتولد ضمنها إلى الوسط الخارجي. أما المواد ذات المنشأ غير الأرضي (مثل الخشب) فهي تحوي كمية منخفضة جدا من الراديويم. تختلف كمية الرادون الصادرة عن نوع معين من مواد البناء بشكل كبير من عينة إلى أخرى حتى ولو كان تركيز اليورانيوم في كلا العينتين واحدا حيث وجد أن معدل إصدار الرادون يتغير مع الظروف البنائية والتي أهمها الرطوبة و الضغط. وذلك يعود لتأثير الرطوبة و الضغط على إرتداد ذرة الرادون الناتجة عن التفككات الإشعاعية للراديويم.







هناك نوعين من الانظمة لقياس الرادون  
 أنظمة القياس الفعالة (active) بمعنى انها تحتاج الى طاقة خارجية لتعمل (تستخدم من أجل القياسات الصغيرة).  
 أنظمة القياس المنفعلة (passive) بمعنى انها لا تحتاج إلى طاقة خارجية (تستخدم من أجل القياسات الطويلة).

### أولاً قياس غاز الرادون في الهواء

1- طريقة التألق Luminescence (خلية لوكس Luxcell)  
 تعتمد هذه الطريقة على كشف التألق عند إرتطام جسيمات ألفا الناتجة عن تفكك الرادون ونواتجها بمادة تألق مثل كبريتات الخارصين (ZnS) ضمن حيز محكم الإغلاق.

الطريقة:

يدخل الهواء المراد قياس الرادون فيه إلى الخلية بواسطة مضخة عبر فلتر من أجل إزالة نواتج تفكك الرادون الصلبة. تترك الخلية بعد ذلك إلى أن تصل إلى التوازن المستقر مع نواتج تفككه قصيرة العمر.

توضع الخلية فوق مضاعف ضوئي لتعد التألقات الصادرة عنها لفترة زمنية مناسبة بحيث لا ينقص تركيز الرادون بالتفكك الإشعاعي خلال تلك الفترة الزمنية، إن كل تفكك لذرة رادون يقابلها إصدار مباشر لثلاث جسيمات ألفا حيث أن الرادون بتوازن مستقر مع نواتج تفككه قصيرة العمر.

إن فعالية الخلايا المتوفرة تتراوح بين 70 إلى 80 بالمئة لأسباب كثيرة لذلك يختلف معامل التحويل الذي يحول عدد التألقات إلى تركيز الرادون من خلية إلى أخرى حسب حساسية المضاعف الضوئي والخلية نفسها

وتتم عملية المعايرة عادة بضخ عينة هواء عيارية تحوي غاز الرادون إلى الخلية ثم يتم عد الخلية بعد انتظار 3 ساعات فيكون معامل التحويل لهذه الخلية هو تركيز الرادون العياري مقسوم على قيمة التعداد الحاصل خلال هذه الفترة المحددة.

حساسية هذه الطريقة بحدود 30 Bq/m<sup>3</sup>

### 2- حجرة التأين Ionization Chamber

هي مكثفة تكون عادة على شكل اسطواني يولد حقل كهربائي بين لبوسيتها , يدخل الهواء المراد قياسه عبر فلتر إلى الحيز الفعال ويترك لمدة 3 ساعات ليصل إلى حالة التوازن المستقر مع وليداته القصيرة العمر.

مبدأ عمل هذه الطريقة هو جمع التأيينات الحاصلة نتيجة التفكك الإشعاعي للرادون ووليداته بين لبوسي حجرة التأين , يولد هذا الجمع تيار من النبضات يتم عدّها وبهذا يمكن حساب تركيز الرادون من خلال عدد النبضات المسجلة خلال فترة زمنية معينة

حساسية هذه الطريقة 500 Bq/m<sup>3</sup>

### 3 - طريقة الفحم الفعال

تعتمد على خاصية الفحم الفعال في امتصاص وحفظ غاز الرادون ونواتج تفككه , يمكن أن يحدد تركيز الرادون الممتص باستخلاصه إلى عداد التألق السائل , أو باستخدام كاشف أشعة جاما لتكشف أشعة جاما للرصاص-214 والبوزموت-214, الفحم الفعال يمتص الرادون بدرجة حرارة منخفضة (-70 C) ويعيد إصداره عند الدرجة (300 C) حيث يجمع ويعد بإحدى الطرق السابقة .

حساسية هذه الطريقة 5 Bq/m<sup>3</sup>

### 4 - طريقة المرشحات Filters





يتم قياس تركيز الرادون بقياس تركيز وليدته البولونيوم-218. يضخ الهواء الحاوي على الرادون إلى أنبوب اسطواني يحوي فلترين على فتحته، يسمح الفلتر الأول للرادون داخل الأنبوب بالتفكك إلى البولونيوم-218 تترسب هذه الذرات على فلتر المخرج، ويوضع بعد ذلك هذا الفلتر على كاشف الحاجز السطحي الذي يكشف جسيمات ألفا وبذلك يقاس فعالية ألفا الموجودة على الفلتر من هذه الفعالية يمكن حساب تركيز الرادون الذي مر من خلال الأنبوب.

لهذه الطريقة مردود منخفض لترسب البولونيوم على جدران الأنبوب قبل أن يصل إلى الفلتر وقد تم تطوير هذه الطريقة بما يلي:

- 1- وضعت معادلات لحساب معاملات التصحيح اللازمة من أجل ترسبات الجدران.
- 2- طبق حقل كهربائي لتجميع الشحنات الموجبة لذرات البولونيوم-218.
- 3- وضع الكلور بشكل رذاذ داخل الأنبوب لتخفيض ترسب البولونيوم-218 على الجدران.
- 4- تمكن سترونغ من وضع كاشف الحاجز السطحي داخل الأنبوب ليقابل فلتر الخروج ليقاس فعالية الفلتر خلال عملية أخذ العينة

حساسية هذه الطريقة 2 pci أي 72 Bq/m3

- 5- مقياس حساب جسيمات ألفا وتعتبر هذه الطريقة مهمة في ربط الخطر الصحي بتركيز الرادون، حيث يقوم المبدأ بهذه الطريقة على ضخ الهواء الذي يتضمن الرادون ونتيجة عبر المرشح، وبعد ذلك يتم عد جسيمات ألفا المنبعثة عن نواتج تفكك الرادون المترسبة على المرشح بكاشف الحاجز السطحي.
- حيث يحدد مستوى العمل للرادون من معدل تدفق الهواء عبر الفلتر ومعدل عد جسيمات ألفا وفق المعادلة:

$$WL = cpm / e.v.k$$

Cpm عدد جسيمات ألفا بالدقيقة، فعالية الكاشف E، حجم الهواء V، معامل المعايرة K

سليبات هذه الطريقة:

- 1- التأخر في عملية العد يجعل كمية من ذرات البولونيوم -218 تتفكك قبل أن تعد.
- 2- طريقة مكلفة.
- 3- غير مناسبة لعمل الحقل حيث تحتاج إلى مزود طاقة خارجي.

وتم التغلب على هذه السليبات حيث بني كاشف داخل الجهاز يعمل عن طريق مدخرات قابلة للشحن وتعد تفككات ألفا الناتجة عن وليدات الرادون المترسبة على الفلتر بشكل مستمر مباشرة خلال عملية الضخ

- 6- الطريقة التكاملية Integrative هذه الطريقة تستخدم من أجل القياسات طويلة الأمد لتحديد تركيز الرادون في موقع ما، وتستخدم فيها كواشف الجسم الصلب للبقايا النووية، ويمكن الاستفادة من تطبيقات قياس الرادون في مجال اكتشاف اليورانيوم والتنبؤ بالزلازل والبراكين.





## ثانياً قياس غاز الرادون في الماء

يتم قياس غاز الرادون في الماء عن طريق مرحلتين أساسيتين:

المرحلة الأولى:

الإعتيان :وهي عملية جمع العينات و التعامل معها حيث يمكن أخذ العينة من الصنبور أو البئر أو الخزان كما يجب أن نتجنب فقدان أي جزء من الغاز أثناء جمع العينة.

المرحلة الثانية:

القياس و هناك طرق عديدة سنهتم بالطرق التي تتعلق بالنوى المشعة

### 1- طريقة العداد الوميضي السائل

و هي من أكثر الطرق شيوعاً، يمكن استخلاص الرادون بواسطة الخليط الوميضي ومن ثم يتم قياسه بعد ثلاث ساعات من الاستخلاص حيث يكون الرادون على توازن أبدي مع منتجات تفككه ، تمزج العينة عادة أو تعلق في خليط السائل الوميضي و يوضع المزيج في قارورة تعداد زجاجية للقياس. و بالتصادم تنتقل طاقة جسيمات ألفا أو بيتا من النكليون المشع إلى جزيئات المذيب فتتهيج جزيئاته ، و تعود إلى حالتها المستقرة عن طريق الفلورة من الدرجة الأولى أو تحتفظ الجسيمات بالطاقة حتى تصطدم بجزيئات المادة الوميضة التي يجب أن تكون طاقة تهيجها أقل من طاقة تهيج المذيب .

تتهيج جزيئات المادة الوميضة ثم تتخلى عن طاقتها لتستقر بإصدارها لفوتونات ضوئية، وبالتالي يمكن تجميع ضوء الوميض الذي تتناسب كثافته مع جسيمات بيتا و قياسه في عداد وميض السائل.

### 2- طريقة تعداد شيرنكوف

لوحظ شعاع شيرنكوف لأول مرة من قبل عالمة كوري عام 1910 ، ثم درسه شيرنكوف وبدأ استخدامه في نهاية الأربعينيات في الفيزياء النووية و بعد ذلك في التحليل الإشعاعي للنكليونات المشعة ، يتشكل إشعاع شيرنكوف عندما تعبر جسيمة بيتا المشحونة وسط ما بسرعة كبيرة فتقدم طاقتها إلى جزيئات الوسط فتؤدي إلى استقطابها و لدى عودة هذه الأقطاب المتشكلة إلى حالتها الطبيعية تصدر ضوءاً ضعيفاً و موجهاً مؤلفاً من أمواج ضوئية في المنطقة فوق البنفسجية . ثم يتم قياس هذا الضوء الصادر بواسطة عداد وميض سائل ، يشترط لتشكيل إشعاع شيرنكوف أن تكون طاقة جسيمات بيتا الصادرة من النكليون المشع أعلى من 256 keV وبالتالي فإن كافة النظائر التي تصدر جسيمات بيتا ذات طاقة أقل من هذا الحد لا تشكل إشعاع شيرنكوف مثل التيريتيوم و الكربون 14، و من النظائر التي تشكل إشعاع شيرنكوف في المحاليل المائية (الفوسفور-32 و البوتاسيوم-40)

### العوامل المؤثرة في إشعاع شيرنكوف

طاقة جسيمات بيتا – قرينة انكسار الوسط حجم العينة المقاسة – طبيعة قارورة التعداد ، تقاس إشارة شيرنكوف بواسطة و ليدات الرادون ، البزموت –214 و الرصاص-214 التي تصدر أشعة بيتا بعد 3 ساعات من عملية الاستخلاص بواسطة عداد وميض سائل.







### مبدأ عمل الكواشف

عندما تسقط جسيمات ألفا على الكاشف تفقد طاقتها على خط محدثة منطقة مخربة تدعى الأثر الكامن، وتكون هذه المنطقة عبارة عن مخاريط بقطر 3-10 نانومتر لا ترى إلا بالمجهر الإلكتروني ويتم تكبير هذا الأثر باستخدام محت كيميائي مثل:

معات الصوديوم (NaOH) حيث يقوم هذا المحلول بحت مكان دخول جسيمات ألفا بسرعة وتسمى السرعة التي يحت بها المحلول الكاشف سرعة الحث السطحي VB وهي ثابتة تتعلق بنوع الكاشف ، بينما السرعة التي يحت بها المنطقة المخربة بفعل جسيمات ألفا بسرعة حث الأثر ويرمز لها VT وتعلق بكميات التخريب المحدث ونوع الكاشف. الشرط الأساسي لكي تظهر الآثار هو أن تكون  $VB < VT$ .

إذا وضعت قطعة من هذا الكاشف في علبة، ووضعت العلبة في مكان يحوي غاز الرادون يمكن ربط عدد الآثار المسجلة والظاهرة بوسطي تركيز الرادون في هذا الجو.

ولإيجاد معامل التحويل الذي يربط تركيز الآثار بتركيز الرادون تعرض كواشف من نفس المادة إلى تركيز معروف (عياري) من غاز الرادون ولأزمنة مختلفة ومن ثم يرسم الخط البياني يمثل تغير تركيز الآثار بتغير زمن التعرض فيكون ميل الخط الحاصل هو المعامل.

ترزع هذه الكواشف تحت سطح التربة من أجل قياس تركيز الرادون في التربة وذلك بحفر حفرة شاقولية اسطوانية ويتم وضع حجيرات القياس في أسفل الحفر بحيث يكون الرشح الورقي نحو الأسفل وتفصل الحجيرة عن التربة في قعر الحفرة بأنبوب بلاستيكي له نفس قطر الحجيرة وارتفاعها. تترك هذه الحجيرة في التربة لمدة 20 يوم، تعد ذلك الآثار المسجلة على الكاشف بعد عملية الحث، ويحول تركيز الآثار إلى تركيز وسطي لغاز الرادون داخل التربة بمعامل مناسب.

### ثالثاً قياس غاز الرادون في التربة ( تطبيقات قياس الرادون في التربة )

#### 1- قياس الرادون كدليل على استكشاف اليورانيوم

من أهم تطبيقات قياس غاز الرادون في التربة هو استكشاف مواقع خامات اليورانيوم في باطن الأرض في هذه الحالة عادة ما تستخدم كواشف الأثر النووي داخل وعاء يسمح بانتشار غاز الرادون إلى الداخل من خلال ورقة ترشيح ، وقد أصبحت هذه الطريقة جزءاً أساسياً من برنامج التنقيب عن اليورانيوم قبل بدء عمليات الحفر

ويتم ذلك عن طريق إنشاء شبكات قياس هندسية لغاز الرادون في التربة توضع في أعماق تتراوح بين 60-200 cm حسب طبيعة التربة ومن ثم تجمع البيانات ومقارنتها و يتم ملاحظة الشذوذ

#### 2- قياس الرادون لأغراض التنبؤ بالزلازل

يستقر الرادون داخل مسامات الصخور أو في المياه الجوفية أو في البترول شأنه في ذلك شأن غازات التربة الأخرى ويتسرب إلى الخارج بمعدلات معينة قد تزيد أو تنقص حسب الطبيعة الجيولوجية للمنطقة وفي عام 1972 اكتشف العالم السوفييتي سادوفسكي ومجموعته حدوث زيادة كبيرة في تركيز غاز الرادون المتسرب من باطن الأرض تزامنت مع حدوث زلازل في طشقند . حيث تم التأكد من إن زيادة معدل تسرب الرادون ينتج عن الاضطرابات في باطن الأرض حيث يصل معدل إصدار الرادون من التربة إلى 100 ضعف أحيانا مما كان عليه في الحالة المستقرة.





### 3- قياس الرادون للتنبؤ باندفاع البراكين

نشرت العديد من الأبحاث عن علاقة تغير تركيز غاز الرادون في التربة والمياه الجوفية وزيادة أنشطة البراكين. وذلك كنتيجة للإضطرابات الشديدة في باطن الأرض المرافقة لثورة البركان وتغير الحرارة والضغط باتجاه ايجابي مما يؤدي إلى انتشار الرادون المنحل في المياه الباطنية وتسربه من الحجرات الباطنية الطبيعية داخل القشرة الأرضية .

يمكننا القول أن الخطر الأكبر في الحالة الطبيعية لتعرض الإنسان إلى الخطر الإشعاعي الطبيعي يتمثل في استنشاق الرادون بكميات كبيرة وعلى فترات زمنية طويلة لذلك لابد لنا أن نتقي هذا الخطر وان نعمل على تقليله وذلك في اتجاهين:

الأول عام وذلك عن طريق بناء خزانات للمياه العامة يتم فيها التخلص من غاز الرادون وإجراء مسح دوري لقياسه في شبكة المياه العامة، وأيضا إقامة نظم تهوية طاردة في مناجم الفحم والفوسفات واليورانيوم...الخ. وتغطية النفايات المشعة بمواد عازلة للإشعاع وللهواء

والثاني اتجاه فردي يتمثل في تهوية المنازل والأقبية والأماكن المغلقة وترميم الصدوع كما يمكننا الاستفادة من قياس غاز الرادون في التنبؤ بالزلازل والبراكين وتحديد مكامن العناصر المشعة. ويجدر بنا القول أن استنشاق غبار العناصر المشعة الأخرى يؤدي إلى ذات الخطر الذي يمثله الرادون لا بل خطر أكبر وخصوصا إذا كان العنصر من أعلى السلسلة المشعة وإذا كان نشطا كيميائيا يمكنه التفاعل وتشكيل أملاح يمكنها الترسب في مناطق نشطة بيولوجيا مثل الكبد والغدد ونقي العظام وبالتالي يكون الخطر أكبر بأضعاف ما كان عليه بالنسبة للرادون وكمثال على ذلك استخدام اليورانيوم المستنفذ في الأسلحة.

وهناك عاملان رئيسيان تعتمد عليهما كمية الرادون في الماء وهما:

\* المواصفات الجيولوجية المحلية: والتي تتوقف على نوع ومواصفات الصخور.  
\* نوع الماء؛ وهنا وجدت مشاكل في البيوت التي تستخدم فيها مياه الآبار، حيث تكون نسبة غاز الرادون فيها عالية، بينما البيوت التي تستخدم المياه من الشبكة العامة تكون نسبة غاز الرادون فيها لا تذكر.

وهناك ثلاثة مصادر رئيسية لغاز الرادون في المياه السطحية:

\* الرادون الناتج عن الراديوم 226.

\* الرادون المرافق مع تدفق المياه الجوفية.

\* انتشار غاز الرادون مع الرسوبيات الموجودة في الأسفل (تحت السطح) حيث يتم فقدان الغاز بسرعة في المياه السطحية إلى الجو بواسطة الانتشار، أما المياه الجوفية فيعزى وجود الرادون بها تفكك الراديوم الموجود في الصخور والتربة.

\* بدورها تحتوي مواد البناء المصنوعة من التربة والصخور (الأسمنت، البلاط،...الخ) على مواد مشعة ذات منشأ طبيعي مثل اليورانيوم والراديوم، وبالتالي فهي تولد الرادون، أما المواد ذات المنشأ غير الصناعي (الخشب) فهي تحوي كمية منخفضة جدا من الراديوم، وبذلك تكون نسبة الغاز بها معدومة تقريبا.

خطورة الغاز

\* تكمن خطورة غاز الرادون عند تحلله بانبعث جسيمات ألفا المشحونة Decay Alpha إلى نواتج صلبة تسمى بنواتج تحلل الرادون. وهي نظائر البولونيوم (218Po) - والبيزموت (214Bi) - والرصاص (214Pb).



\* وتعتمد خطورة غاز الرادون على كمية ونسبة تركيزه في الهواء المحيط بالإنسان، وأيضاً على الفترة الزمنية التي يتعرض لها الإنسان لمثل هذا الإشعاع. وبما أن هذا الغاز من نواتج تحلل سلسلة اليورانيوم، لذا فهو موجود في التربة والصخور وتكون نسبة تركيزه عالية جداً في الأماكن الصخرية أو الحجرية المغلقة مثل الكهوف وسرايب المنازل والمناجم والفوالق الصخرية والمقابر الأثرية القديمة وسط الأحجار والصخور.

كما أنه يتواجد بكثرة في الهواء القريب من المياه الساخنة. وبالتالي يؤدي مكوث الإنسان لفترة زمنية طويلة في هذه الأماكن إلى إستنشاق كمية كبيرة من هذا الغاز الذي يتلف الرئتين، ويسبب الموت بعد ذلك.

\* وغاز الرادون ينتقل من خلال الشقوق والتصدعات الموجودة في الأرضيات داخل المساكن ويتراكم هذا الغاز في الأماكن المغلقة وذلك بسبب احتباسه داخل تلك الأماكن وعدم تسربه خارجها بالإضافة إلى انبثاق كميات جديدة منه من مواد البناء والمياه المستخدمة في المبنى أو الغاز الطبيعي المستخدم للطهي في المطابخ.

#### نواتج التحلل

التعرض لغاز الرادون ونواتج تحلله تكون أساساً من خلال عملية التنفس، وحينما يستنشق الإنسان هذا الغاز ونواتج تحلله تلتصق هذه النواتج المشعة بالأغشية المخاطية المبطنة لأجزاء الجهاز التنفسي ويستقر جزء منها بهذه الأغشية وإذ يمكنه بلوغ الجهاز التنفسي السفلى محدثاً تلفاً مباشراً في خلايا الحويصلات الهوائية. ومن المعلوم أن جميع تلك النظائر باعثة لجسيمات ألفا المؤينة مما يرفع من نسبة خطر الإصابة بالأمراض الصدرية مثل سرطان الرئة. ويمثل الرادون ونواتج تحلله ما نسبته بالمتوسط 55% تقريباً من الجرعة الإشعاعية الطبيعية التي يتعرض لها عامة الناس. وبالتالي هنالك أهمية لمعرفة هذا المكون الكبير للجرعة الإشعاعية لطبيعية بالإضافة إلى ضرورة التعرف عن مدى ارتفاع تركيز غاز الرادون في بعض المساكن وبالتالي الجرعة الناشئة من التعرض له ولننواتج تحلله وذلك لاتخاذ الإجراءات المناسبة للتقليل من تركيزه داخل المساكن إن دعت الحاجة.

ويمكن إجمال تأثيرات غاز الرادون كما يلي:

- \* تغيرات دائمة في الخلية، وبالتالي حدوث خلل وراثي أو تداخلات متأخرة مثل السرطان.
- \* إحداث أضرار تؤدي إلى موت الخلايا فموت العضو المصاب.
- \* وخلال العقد المنصرم أقر العلماء بإجماع اعتبار غاز الرادون هو السبب المحتمل للإصابات السرطانية في البشر، ولحسن الحظ أن دقائق «ألفا» التي تنتج عن تحلل الغاز هي عبارة عن جسيمات ثقيلة نسبياً تستطيع أن تعبر مسافات قصيرة في جسم الإنسان (الجلد فقط في حالة التعرض الخارجي) أي إنها لا تستطيع أن تصل إلى خلايا الأعضاء الأخرى لتدميرها، وبالتالي يكون سرطان الرئة هو الخطر المهم والمعروف حتى الآن الذي يصاحب غاز الرادون.

#### المستويات الخطرة للرادون الداخلي:

ولقد وضعت وكالة حماية البيئة إجراءً علاجياً لمستوى 4 بيكوكوري (PC) في اللتر من الهواء (بمعنى أنه عند أو فوق هذا المستوى، يجب إتخاذ الإجراءات العلاجية لخفض مستوى الغاز). وقد اعتبر مستوى PC 20 في اللتر مستوى خطراً، ويمثل التعرض طوال الحياة لهذا المستوى خطراً للإصابة بالسرطان يعادل خطر تدخين علبة ونصف من الدخان يومياً. بمعنى أن ستة أفراد بين كل 100 فرد قد يموتون من سرطان الرئة حينما يتعرضون إلى غاز الرادون عند هذا المستوى. ويواجه من يدخنون ويتعرضون في نفس الوقت إلى غاز الرادون خطراً كبيراً للإصابة بالسرطان.







## كيف يدخل الرادون إلى المباني؟

نظراً لأن الرادون غاز فهو نشيط الحركة. وعلى الرغم من أنه يمكن أن يحتجز في التربة والصخور، فإن أي شق أو تصدع أو إثارة لسطح الكرة الأرضية تسمح له بالإنتقال إلى الهواء. ويأتي معظم الرادون داخل المنزل من التربة والصخر المحيط بالمبنى، ويدخل المنزل من خلال الشقوق أو الفتحات في الأساس أو السرداب، رغمًا من أن بعض الرادون ينبعث من مواد البناء ذاتها، مثل الطابوق وبالإضافة إلى ذلك، ونظراً لأن ضغط الهواء داخل المنزل ينخفض بصفة عامة عن ضغط الهواء في التربة المحيطة بالاساسات (بسبب الأجهزة التي تستخدم الهواء مثل الأفران) فإن البناء يعمل مثل مضخة تفرغ تسحب الغاز من التربة. وقد يوجد الرادون أيضاً في المياه الجوفية ويمكن أن ينساب منها إلى الهواء عن طريق الحنفية ورؤوس رشاش الإستحمام.

وبشكل عام يخفف غار الرادون في الهواء الطلق إلى تركيبات ضئيلة لا تذكر، غير أنه يمثل تهديداً خطيراً لصحة القاطنين عند احتجازه والسماح بتركيزه، كما هو الحال في داخل المبنى.

## المستويات الخطرة للغاز

يعتمد تركيز الرادون إلى حد كبير في أي مبنى على نوعية البناء، والمواد المستخدمة فيه. فيمكن أن تكون المباني الجديدة المحكمة الإغلاق، والتي تحفظ الهواء ساخناً أو بارداً، مصيدة لغاز الرادون. كما يمكن تقليل المخاطر الصحية في المناطق التي يوجد فيها الرادون مركزاً بشكل طبيعي بسد الشقوق الموجودة في أساسات الجدران والأرضيات بإحكام، وذلك بتركيب فتحة (منفس)، لخروج الغاز أسفل الأساس ونقل الهواء الخارجى للداخل لتحسين التهوية. وقد يحتاج سد أو تسميع أماكن دخول الغاز، تغطية سطح الأرض المكشوفة في السرايب ومناطق التخزين والمصارف والفراغات الضعيفة، بمواد غير منفذة مثل شرائح اللدائن أو المعدن. وتشمع الشقوق والفتحات بواسطة الملاط (الأسمنت) أو الجلفطة.

## طرق الوقاية

أهم طرق الوقاية من الغاز تكمن في التالي:

- \* قضاء زمن أقل في الأماكن التي يمكن أن يوجد فيها مستويات عالية من غاز الرادون، مثل الأماكن المنخفضة في المنازل كالسرداب أو المراب.
- \* فتح جميع النوافذ وتشغيل المراوح لزيادة تدفق الهواء في المنازل كلما أمكن ذلك، لا سيما في الأماكن المعرضة لوجود الغاز كالسرداب والغرف الداخلية.
- \* إحكام إغلاق البالوعات وتغطيتها للتقليل من فرصة تسرب غاز الرادون داخل المنزل، فإذا كان لا بد من استخدامها يومياً فلا بد من تركيب مصيدة مائية تقوم بسد أماكن تسرب الغاز.
- \* إبقاء فتحات التهوية مفتوحة طوال العام بالأماكن الضيقة أو المنخفضة السطح الموجودة بأسفل المنازل وعلى جوانبها.
- \* التوقف عن التدخين وحث الآخرين على عدم التدخين داخل المنازل.
- \* وهناك أربعة حلول دائمة يمكن أن تفكر فيها للحد من انبعاث غاز الرادون داخل منازلنا، إثنان منها يحتاجان إلى تدخل مهندس متخصص في شطف الغاز من التربة وإحكام إغلاق الأماكن والفتحات التي يتوقع تسرب الغاز منها، وإثنان بإمكاننا تنفيذهما ذاتياً، ونتخذ منهما سلوكاً وقائياً نمارسه في حياتنا، سواء أكان هناك غاز أو لم يكن، وهما: التحكم في ضغط الهواء داخل المنزل وزيادة التهوية بداخله.





## تأثير الرادون

يعتبر التعرض للغاز السبب الثاني المعروف لسرطان الرئة في الولايات المتحدة (التدخين هو السبب الأول)، إذ يقدر عدد الوفيات سنوياً في الولايات المتحدة بسبب سرطان الرئة بنحو 15 - 20 ألف نسمة، حيث يعد المسبب الثاني لسرطان الرئة بعد التدخين في الولايات المتحدة. وتنشأ التأثيرات السامة للغاز من الاستنشاق. وحينما يستنشق يؤدي تحلله إلى تشكل جسيمات صلبة نشطة إشعاعياً (بولونيوم). وعلى الرغم من أن فترة نصف العمر للبولونيوم لا تتعدى دقائق قليلة، فإنه وهو لا يزال بداخل الرئة يواصل التحلل، الذي يبيث إشعاع ألفا المؤين. وتبقى جسيمات ألفا عالية الطاقة محتجزة داخل الجسم وتتلف أنسجة الرئة الحساسة. وغالباً ما يضر بشدة حمض دى.ان.ايه DNA في خلايا الرئة المشعة. (يوجد في كل خلية حية نظام من رسائل الشفرة يعلم كل خلية كيف تشكل المزيد من الخلايا مطابقة لها. ويوجد هذا النظام الذي يعرف بالشفرة الوراثية في إطار بناء معقد يعرف بالصبغات الوراثية ويناط بحمض DNA الدور المركزي في تحديد خصائص الخلايا المتكررة). وإذا كان الإضرار بحمض DNA خطيراً، فقد يكون دائماً وينتقل إلى خلايا «الأبناء». وقد لا تكون التأثيرات - خلايا فقدت التحكم في الإنقسام والنمو (سرطان) - غير ظاهرة للعيان طوال سنوات أو حتى عقود.

## مستويات غاز الرادون المشع داخل المباني

إن تعرض الإنسان للإشعاع الذري بمختلف مستوياته أمر غير مرغوب فيه، لما للجرعات المرتفعة منه من تأثيرات ضارة. و حديثاً بدأ العلماء في الاهتمام بدراسة التعرض للجرعات المنخفضة من الإشعاع الذري الصادر من النظائر الطبيعية المشعة كاليورانيوم ونواتج سلسلة تفككه من مثل غاز الرادون الذي يشكل نصف معدل الجرعة الإشعاعية المؤثرة من الإشعاع الطبيعي لعموم البشر تقريباً. ويتفاوت تركيزه في المساكن تفاوتاً كبيراً. يوجد عنصر اليورانيوم في القشرة الأرضية، وبتركيز متفاوت، وبمعدل عام منخفض، كما يوجد في كثير من مواد البناء. والراديوم من ولاند اليورانيوم وعمر نصفه 1600 سنة يستمر في توليد غاز الرادون في سلسلة تفككه الإشعاعي.

ونظراً لكون الرادون غازاً خاملاً وعمر نصفه 3.82 يوماً، فإنه يمكنه تخلل المواد المسامية قبل التفكك إلى ولانده ذات أنصاف الأعمار القصيرة. فإذا ما تولد غاز الرادون في أرضية المبنى، أو من مواد البناء، أو من الماء المستخدم، خاصة إذا كان مستمداً مباشرة من مصادر تحت سطح الأرض، فإنه يستطيع التخلل داخل المبنى، ويعتمد ذلك على التوازن بين معدل دخوله من الهواء ومعدل إزالته عنه. وهذان المعدلان يتفاوتان بشكل كبير من موقع لآخر، ومن مبنى لثاني تبعاً للموقع ومكونات البناء وطريقة الانتشار.

## 1- مصادر غاز الرادون داخل المباني

### 1-1 التربة

إن المشاركة الرئيسية لغاز الرادون داخل المباني تأتي عادة من التربة والصخور أسفل من المبنى. ووجود اليورانيوم في كل من التربة و صخور القشرة الأرضية يتفاوت بشكل من مكان إلى آخر حسب طبيعة الصخر أو التربة. و تحوي الصخور النارية الحامضية و فوق الحامضية، مثل عائلة الجرانيت نسبة عالية من كل من اليورانيوم والثوريوم مقارنة بالصخور الرسوبية، باستثناء بعض الطفل الأسود، والصخور الفوسفاتية التي هي أكثر إشعاعية. ومعدل تحرر غاز الرادون منها متفاوت تبعاً لتركيز الراديوم فيها. و يتحرر غاز الرادون من التربة الحاوية على نسب عالية منه، إلى الجو خاصة في مناطق الضغط الجوي المنخفض، أما في المناطق التي يرتفع فيها الضغط الجوي فقد يتحرك غاز الرادون من الجو إلى التربة. كذلك فإن لمساكن تعمل عمل المدخنة بسحبها لغاز التربة من أسفل المسكن، ومن الأراضي القريبة منه. وإذا كانت أرضيات المباني خرسانية فإنها تمنع تخلل غاز الرادون من الأرض، إلا إذا كانت هناك فتحات أو شروخ في الأرضيات الخرسانية تسمح بتخلل الغاز. والعوامل التي تؤثر على حركة غاز الرادون في التربة وهي: المسامية و النفاذية (وما تحتويه من رطوبة، كما تعتمد على حجم حبيبات التربة.





جدول (1) النفاذية والمسامية لبعض أنواع التربة وعلاقتها بحجم حبيبات التربة

نوع التربة	قطر الحبيبات ميكرون	المسامية	النفاذية م <sup>2</sup>
رمل	200-60	0.4	11-10×4 (قطر الحبيبات 200 ميكرون)
طمي أو غرين	60-2	0.5	4-10×4 (قطر الحبيبات 20 ميكرون)
طين	2	0.6	14-10×4 (قطر الحبيبات 1 ميكرون)

المسامية: النسبة المئوية لحجم المسام في الصخر أو التربة إلى الحجم الكلي للصخر أو التربة، دون اعتبار لاتصال المسام أو عدم اتصالها.

النفاذية: قدرة مكون ما مثل التربة والصخور على السماح لغاز الرادون بالمرور فيه من خلال المسام أو الشقوق.

ويلاحظ أن هناك علاقة بين حجم حبيبات التربة والمسامية، فالمسامية التي تعني نسبة المسام في التربة تعتمد على حجم حبيبات التربة. كذلك فإن نسبة ما تحتويه التربة من الماء تعتمد على الوقت، والتركيب، وحجم الحبيبات. والماء يمكن أن يمكس داخل المسامات الكبيرة، كما يمكن أن يتواجد على شكل رقائق حول حبيبات التربة، أو في خيوط شعرية دقيقة بين تلك الحبيبات، أو يمكس في الطين المعدني وتعتبر التربة مشبعة بالماء عندما يكون ما تحتويه من ماء مساو للفراغات التي فيها أو مساميتها.

وليس رطوبة التربة ومساميتها هي وحدها التي تحدد مدى حركة الماء أو الغاز الذي تحتويه. فقابلية الموانع على الحركة في وسط ما يعتمد على نفاذيتها، والجدول (2) يبين مدى نفاذية بعض أنواع التربة. وقد تكون نفاذية التربة العامل الأهم في تحديد حركة غاز الرادون من خلالها، فكلما زادت النفاذية زادت معها قدرة غاز الرادون على الحركة.

جدول (2) النفاذية المعتادة لبعض مواد البناء .

المادة	مدى النفاذية سم <sup>2</sup>
رمل	6-10×1.8 – 7-10×2
تربة	7-10×1.4 – 9-10×28
صخور رسوبية	8-10×3 – 12-10×5
صخر جيري (كلسي)	10-10×4.5 – 11-10×2.0
أجر (قرميد)	7-10×2.3 – 9-10×1.0

وتتفاوت النفاذية عشرات الأضعاف حتى في النوع الواحد من التربة وتشمل النفاذية عمليتي الانتشار والحمل، و هما عمليتان مهمتان كلاهما و على حدة، والعملية الأولى هي الغالبة في انتشار غاز الرادون من الأرض إلى الجو على مستوى العالم. والذي يقدر أعلى حد له في الهواء الطلق بحوالي 10<sup>-5</sup> م<sup>2</sup>/ث، في حين تتراوح في العديد من الرمال الحاوية على نسب متفاوتة من التربة الطينية ما بين 1 و 3 × 10<sup>-6</sup> م<sup>2</sup>/ث، أما في بعض أنواع الطين والغرين فتتفاوت بين 10<sup>-7</sup> و 10<sup>-10</sup> م<sup>2</sup>/ث.

جدول (3) تركيز الراديوم - 226 في بعض الصخور وفي خامات اليورانيوم .

نوع الصخر	تركيز الراديوم بيكريل/كغم
الجرانيت المعتاد	80-25
الجرانيت الغني باليورانيوم	500-100
الجنيس (صخر متحول)	125-25
الدوليرايت (نوع من الصخور النارية)	25-1
الحجر الرملي	60-1
الحجر الجيري (الكلسي)	40-5
الطفل	125-10
الطفل الأسود	2000-10
طفل الشب	4300-125
خام اليورانيوم	10×25-12,000
المعدل	35

ملاحظة: إن الجزء الواحد بالمليون من اليورانيوم يعادل إشعاعية 12.3 بيكريل/كجم راديوم - 226.







## 2-1 مواد البناء

تحتوي مواد البناء المكونة من الصخور والرمل وما شابهها، اليورانيوم والراديوم، ومعظم هذه المواد مسامية إلى حد ما، مما يسمح لغاز الرادون أن يتخلل منها إلى الهواء. الجدول (3) يلخص نتائج بعض الدراسات في عدد من الدول لتركيز الراديوم في أنواع من مواد البناء، بينما يبين الجدول (4) متوسط الراديوم-226، و الرادون-222 في التربة مقاسه على عمق متر واحد.

جدول (4) التركيز المعتادة للراديوم و الرادون في التربة، مقاسه على عمق متر واحد .

نوع التربة	تركيز الراديوم بيكريل/كغم	تركيز الرادون بيكريل/م3
حصى	75-30	150,000-10,000
رمل	35-5	20,000-2,000
غرين (طمي)	50-10	60,000-5,000
طين	100-10	100,000-10,000
تربة تحوي كسر من طفل الشب	2500-175	610 < - 50,000

ملاحظة: إشعاعية راديوم قدرها 12.3 بيكريل/كغم تعادل جزء بالمليون من اليورانيوم. ويعتمد معدل تحرر غاز الرادون من المواد على تركيز الراديوم فيها، وعلى الصفات الفيزيائية للمادة مثل المسامية، والنفاذية، وحجم الحبيبات، والأحوال الجوية، ومحتوى المادة من الرطوبة. فالتربة ذات المسامية العالية يبلغ تحرر الرادون منها مائة ضعف التحرر من الخرسانة، والعلاقة طردية بين المسامية والتحرر، كما أن معدل التحرر من الصخور يزداد مع كل من الطحن والتجوية، لأن فرص تحرر غاز الرادون من الحبيبات الصغيرة للمادة يزداد عنه من الحبيبات الكبيرة. وقد أوضح بعض الباحثين أن معدل تحرر غاز الرادون يزداد بمقدار الضعفين إلى ثلاثة أضعاف في عينات مختلفة من التربة إذا ازداد محتواها من الرطوبة من صفر إلى 5%، تبعاً لنوع التربة .

جدول (5) تحرر ذرات غاز الرادون إلى فراغ التجاويف مقدر بالنسبة المئوية في أنواع من التربة والصخور المطحونة .

نوع التربة	تحرر الرادون إلى التجاويف الهوائية %
حصى	40-15
رمل	30-15
طين	70-30
صخور مطحونة (1-8 ملم طولاً)	15-5
جرانيت غني باليورانيوم مطحون (1-8 ملم طولاً)	30-15

التجوية: أثر العوامل الجوية في لون الأشياء المعرضة لها، أو في تركيبها، أو في شكلها، وبخاصة تحلل التربة والصخور الطبيعي والكيميائي.

وللضغط الجوي أثر كبير في تحرر غاز الرادون كما سبق وأن أشرنا، فإتخفاض ضغط الهواء بمقدار 1 إلى 2% يمكن أن يضاعف معدل التحرر، ويعود السبب في ذلك إلى أن إخفاض الضغط الجوي يعمل على ضخ الغاز، من التربة إلى الجو. والجدول (6) يبين النسب المئوية لتحرر غاز الرادون من مواد البناء المعتادة.

إن تحرر غاز الرادون من الطوب الأحمر والسيراميك والرخام والرمل والحصى والأسمت والجص السعودي والنورة منخفض جداً، وكذا الحال بالنسبة للسيراميك والرخام السعودي والمستورد .

سؤال : هل ينبغي تجنب استخدام بعض مواد البناء لتقليل تحرر غاز الرادون في المسكن؟

جواب : إذا كانت المادة تحوي تركيزاً مرتفعاً من اليورانيوم أو الراديوم فينبغي تجنبها، أو استخدامها خارج المنزل بحيث لا تشكل ضرراً صحياً على الناس.





فمثلاً: إن الجرانيت الذي يستخدم بشكل واسع بلاطاً للأرضيات، لما يمتاز به من جمال وصلابة تقاوم خدشه عند الاستخدام، يتفاوت تحرر غاز الرادون منه بشكل كبير جداً (90 ضعف) تبعاً لما يحتويه من الراديوم، كما أن نسبة تحرر غاز الرادون إلى محتوى الراديوم هو أيضاً يتفاوت كثيراً (15 ضعف) كما هو مبين في جدول (6)، ولا يمكن معرفة ذلك إلا بقياس تحرر الغاز من العينات .

جدول (6) نسب تحرر غاز الرادون من مواد البناء المعتادة

المادة	النسبة المئوية لتحرر غاز الرادون
خرسانة	40 – 10
قرميد	10 – 2
جص (جبس)	20 – 3
أسمنت	5 – 2
رماد الفحم الحجري	2 – 0.02
جرانيت	45 – 3

### 3-1 الماء

يمكن أن يصل غاز الرادون إلى المساكن عن طريق الماء، فالرادون والراديوم يذوبان في الماء، وعندما تمر المياه تحت السطحية على كل من التربة والصخور الحاوية على الراديوم، فإنه يذوب في الماء وينتقل معه، ويتولد منه الرادون وولانده، فإذا كانت كمية الراديوم المذابة كبيرة، كان تولد الرادون منها – تبعاً لذلك – كبيراً. فإذا استخدمت تلك المياه في المساكن، فإن غاز الرادون يمكن أن يتحرر داخل المنزل. وتعتمد نسبة التحرر على نوع الاستخدام، ففي الماكينة الآلية لغسل الأواني بالماء الحار، تبلغ نسبة التحرر 95%، وعند الاستحمام وفقاً لـ 66%، أما عند الاستحمام جالساً (بالبانيو) 42%، وفي استخدام شطاف المراض 30%، وفي ماكينة كي الملابس 92%، وعند الشرب والتنظيف تبلغ النسبة 34%. و يلاحظ أن نسبة التحرر تكون كبيرة من الماء الساخن، كما في ماكنتي غسيل الأواني وكي الملابس. والجدول (7) يبين نسبة التحرر في الاستخدامات المختلفة.

جدول (7) نسبة تحرر غاز الرادون من الماء في الاستخدامات المختلفة .

الاستخدام	نسبة تحرر الرادون %
الغسيل	90
الكي	90
استخدام ماكينة غسيل الملابس الآلية	90
الاستحمام وفقاً	63
الاستحمام جالساً (بالبانيو)	47
الشرب والطبخ	30
استخدام شطاف الحمام	30

وقد يكون تركيز غاز الرادون في المياه تحت سطح الأرض مرتفعاً، وخاصة في الأرض الجرانيتية، حيث وصلت في الولايات المتحدة الأمريكية حتى 10,000 بيكريل/لتر، ومع ذلك فإن مشاركة الماء في إنطاق غاز الرادون إلى داخل المسكن هي – عادة – محدودة، لا تتجاوز واحد بالعشرة آلاف من تركيز غاز الرادون في الماء. وتم قياس تركيز غاز الرادون في المياه بمدينة جدة بالمملكة العربية السعودية، ووجد أن أعلى نسبة له موجودة في المياه المعدنية، كما هو موضح في الجدول (8).



## 4-1 غاز الطبخ

يحتوي غاز الطبخ على نسب ضئيلة من غاز الرادون نظراً لكونه مستخرجاً من داخل الأرض، وعند حرق هذا الغاز يتحرر منه غاز الرادون، وإن كان أغلب هذا الغاز قد فقد أثناء النقل والحفظ قبل الاستخدام، لذا فإن مشاركته في زيادة تركيز غاز الرادون في المساكن تعتبر كما مهملاً ولا يكدر أن يذكر.

### (8) تركيز غاز الرادون في المياه

تركيز الرادون بيكريل/لتر		عدد العينات المقاسة	نوع العينة
المعدل	المدى		
1.7	2.1-0.9	12	ماء الحنفية (الصنبور)
1.5	2.0-0.9	12	ماء شطاف الحمام
2.2	3.6-0.8	12	ماء الجالونات
9.9	14.97-5.6	6	مياه معدنية
8.1	11.0-4.4	10	مياه شرب أخرى

### 2- المستويات المعتادة لغاز الرادون في المساكن

بعد المسح الإشعاعي للمساكن بمناطق مختلفة وجد ان تركيز غاز الرادون في المساكن التي درست تتراوح بين 10 و 70 بيكريل/م<sup>3</sup>، بمعدل عام قدره 16 بيكريل/م<sup>3</sup>. وفي دراسة حديثة شملت 724 مسكناً و 98 مدرسة في تسع مدن، فقد تراوح تركيز غاز الرادون بين 1 و 137 بيكريل/م<sup>3</sup>، وبمعدل عام قدره 22 بيكريل/م<sup>3</sup>. وفي دراسة أخرى للمساكن شملت 136 مسكناً، تراوح تركيز غاز الرادون بين 7 و 168 بيكريل/م<sup>3</sup>، وبمعدل عام قدره 35 بيكريل/م<sup>3</sup>. وهذه القيم مقبولة لأنها أقل من الحدود الدولية. إلا أن مسكناً واحداً بلغ معدل تركيز غاز الرادون فيه 535 بيكريل/م<sup>3</sup>، وهو أعلى من الحد الدولي المعتاد البالغ 200 بيكريل/م<sup>3</sup>، لذا تقرر قياس تركيز الغاز في جميع غرف هذا المسكن، بعد تعريف صاحبه بالمشكلة وتوجيهه لتهوية مسكنه، فوجد بعد ذلك أن معدل تركيز الغاز انخفض إلى 300 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكان معدله في غرف الطابق الأرضي والطابق الأول هما 210 و 160 بيكريل/م<sup>3</sup> على التوالي، ويتبين أن تركيز غاز الرادون في الطابق العلوي أقل من تركيزه في الطابق الأرضي (76%). و يبدو أن السبب في هذا الارتفاع في تركيز غاز الرادون هو تسربه من أرضية المبنى إلى الداخل عن طريق الأرضية الخرسانية لوجود شروخ أو فتحات فيها.

### جدول(9) معدل و أعلى تركيز لغاز الرادون في مساكن بعض الدول العربية

الدولة	معدل التركيز بيكريل/م <sup>3</sup>	أعلى تركيز بيكريل/م <sup>3</sup>
الأردن	52	836
السعودية	22	535
المغرب	71	532
سورية	44	520
تونس	40	392
اليمن	42	275
الكويت	33	242
الجزائر	30	140
غزة- فلسطين	34	105
مصر	9	24





يتناسب تركيز غاز الرادون في المساكن عكسيا مع تهوية المسكن، كما أن تركيز الرادون في الطابق الأرضي عادة يكون أعلى من تركيزه في الطوابق العليا.

و يعاني الكثير من الدول في العالم الغربي من ارتفاع نسبة غاز الرادون في المساكن ،فقد وجد أنها في حدود 150 بيكريل/م<sup>3</sup> في الولايات المتحدة الأمريكية ، وفي السويد يقدر معدل تركيز الغاز في الفيلات بحوالي 122 بيكريل/م<sup>3</sup>، في حين كان تركيزه في 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م<sup>3</sup> . وفي فنلندا وصل ذلك المعدل إلى 64 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكان تركيز الرادون في 2% من المساكن يزيد على 740 بيكريل/م<sup>3</sup>، و في الدنمارك وصلت هذه النسبة في الصيف إلى 30 بيكريل/م<sup>3</sup>، وفي الشتاء حيث تقل التهوية، يزداد إلى ثلاثة أضعاف (90 بيكريل/م<sup>3</sup>). وفي ألمانيا النسبة المتوسطة إلى 40 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكان تركيز غاز الرادون في 2% من المساكن يزيد على 500 بيكريل/م<sup>3</sup>. أما تركيز الغاز في الهواء الطلق فقد تراوح بين 1 و 17 بيكريل/م<sup>3</sup>، وبمعدل عام بلغ 6 بيكريل/م<sup>3</sup>.

هذا و قد تراوح معدل نسبة إشعاعية ولاند غاز الرادون إلى إشعاعية الغاز في المساكن بين 3 و 4 وفي هولندا وصل المعدل 24 بيكريل/م<sup>3</sup>، ووجدت بيوت قليلة زاد تركيز الرادون فيها على 370 بيكريل/م<sup>3</sup>. أما في المملكة المتحدة فقد بلغ معدل تركيز الغاز 15 بيكريل/م<sup>3</sup>، ما عدا في منطقة كورنيل فقد بلغ المعدل 390 بيكريل/م<sup>3</sup>، وفي كل من اسكتلندا وايرلندا كان المعدل 43 بيكريل/م<sup>3</sup>، ووجد تركيز لغاز الرادون يزيد على 110 بيكريل/م<sup>3</sup>. وفي دراسة أولية للمساكن البلجيكية بلغ معدل الرادون 41 بيكريل/م<sup>3</sup>. وفي فرنسا بلغ المعدل 44 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكان التركيز يزيد على 200 بيكريل/م<sup>3</sup> في 2% من المساكن. أما في كندا فقد تراوح معدل تركيز الرادون في 18 مدينة بين 5 و 27 بيكريل/م<sup>3</sup>. أما في مدينة بورت هوب حيث توجد مصانع تنقية الراديوم و اليورانيوم التي كانت تعمل منذ الثلاثينات الميلادية من القرن الماضي فقد زاد تركيز الرادون في 19% من مساكنها على 74 بيكريل/م<sup>3</sup>. أما في اليابان فقد وجد أن معدل تركيز غاز الرادون في 251 مسكنا هو 19 بيكريل/م<sup>3</sup>، وفيها 2% من المساكن زاد تركيز الغاز فيها على 110 بيكريل/م<sup>3</sup> .

وفي كوريا الجنوبية أجرى مسح إشعاعي وطني لقياس تركيز غاز الرادون ، وكان معدل تركيزه في هذه المساكن هو 53 بيكريل/م<sup>3</sup>، ووجد أن التركيز في 1% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م<sup>3</sup>. وفي أسبانيا أجرى مسح إشعاعي وطني أيضا ، ووجد أن معدل تركيز غاز الرادون في المساكن هو 45 بيكريل/م<sup>3</sup>، وكان هناك تفاوت كبير في تركيزه ،حيث تراوحت بين 10 و 400 و 15 بيكريل/م<sup>3</sup> وفي الصين كان معدل تركيز غاز الرادون في 295 مسكناً هو 73 بيكريل/م<sup>3</sup>. وقيس تركيزه في مقاطعتين في تايلاند ووجد أن المعدل في المقاطعة الأولى هو 21 بيكريل/م<sup>3</sup>، أما في الثانية فكان 22 بيكريل/م<sup>3</sup> وقيس تركيزه في المساكن في الهمليا، ووجد أنه يتراوح بين 7 و 191 بيكريل/م<sup>3</sup>، ووجد أن تركيز غاز الرادون وولانده كان أعلى في فصل الشتاء منه في فصل الصيف. وقيس تركيز غاز الرادون في المناطق التي تستخدم طاقة الأرض الحرارية بدلكي وفي مدينة تكراج بتركيا، ووجد أن معدلات الرادون في مساكنها تتراوح بين 73 و 134 بيكريل/م<sup>3</sup> .

### 3- المستويات المرتفعة لغاز الرادون في المساكن

لقد كان لاكتشاف التركيز المرتفع لغاز الرادون في المساكن في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1984م قصة وذلك عندما دق جرس إنذار الإشعاع في محطة "لميرك" للطاقة النووية في مقاطعة بنسلفانيا بدخول أحد المهندسين العاملين إلى المحطة، وتبين بالتحري أن السبب في ذلك هو الارتفاع الكبير للإشعاعية في مسكنه، وبالتحديد غاز الرادون وولانده، حيث قدر بحوالي 100,000 بيكريل/م<sup>3</sup> وتبين أن مصدر هذه الإشعاعية هو وجود عروق لخاص اليورانيوم أسفل مسكنه.

و قيس تركيز غاز الرادون في 18,000 مسكناً بولاية بنسلفانيا، ووجد أن 59% من المساكن يزيد التركيز فيها على 150 بيكريل، وهو الحد الذي وضعتة الوكالة الأمريكية لحماية البيئة للمساكن في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي 12% من المساكن زاد على 740 بيكريل/م<sup>3</sup>، و في 6% تجاوز 7400 بيكريل/م<sup>3</sup> ! .

و المصدر الرئيس للإشعاعية في منطقة رام سار بإيران هو مياه الينابيع الحارة التي تحتوي نسب مرتفعة من الراديوم، وتستخدم هذه الينابيع في العلاج من قبل المواطنين والزوار! وبلغ تركيز غاز الرادون في غرف نوم أحد مساكن المنطقة 20,000 بيكريل/م<sup>3</sup> تقريبا حيث بنيت جدرانه الداخلية من مواد حاوية على تركيز مرتفع من





العناصر المشعة، وبخاصة الراديوم 226، وفي فنلندا اكتشف لحد الآن 6600 مسكناً تجاوز تركيز غاز الرادون فيها 400 بيكريل/م3، وهو حد التدخل في البلد، وتقدر نسبة الفيللات التي يتجاوز تركيز غاز الرادون فيها على

400 بيكريل/م3 بحوالي 5%، وفي الشقق 8%، أما تقدير الفيللات التي تجاوز التركيز فيها 800 بيكريل/م3 فهو 14%، وفي الشقق 3%، وهذه الشقق ذات التركيز المرتفع من غاز الرادون هي عادة في الطوابق السفلية الملصقة بالأرض. أما الشقق في الطوابق العلوية التي وجد فيها تركيز مرتفع للرادون، فكان سببه مواد البناء، وكانت نادرة. وفي أيرلندا حيث أجري قياس لتركيز الرادون في 11319 مسكناً في أنحاء البلد، وجد أن التركيز يتراوح بين 10 و 1924 بيكريل/م3، وقدر أن هناك 91000 مسكناً يزيد التركيز فيها على 200 بيكريل/م3، وهو حد التدخل في البلد

و في النرويج قيس 75000 مسكناً، وقدر معدل تركيز الرادون فيها بحوالي 89 بيكريل/م3، وفي 9% من المساكن يزيد على 200 بيكريل/م3، وفي 3% منها تجاوز 400 بيكريل/م3. وقد اكتشف تركيز مرتفع، وصل حتى 50000 بيكريل/م3 في الأراضي ذات النفاذية العالية.

جدول (10) معدل وأعلى تركيز وجد لغاز الرادون في مساكن العديد من البلدان (بيكريل/م3).

البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد	البلد	معدل التركيز	أعلى تركيز وجد
أفريقيا					
الجزائر	30	140	الجزائر	30	140
مصر	9	24	مصر	9	24
غانا	-	340	غانا	-	340
أمريكا الشمالية					
كندا	34	17200	كندا	34	17200
المكسيك	140	1193	المكسيك	140	1193
أمريكا					
أمريكا الجنوبية					
الأرجنتين	37	211	الأرجنتين	37	211
تشيلي	25	86	تشيلي	25	86
بارجواي	28	51	بارجواي	28	51
شرق آسيا					
الصين	24	380	الصين	24	380
هونغ كونج	41	140	هونغ كونج	41	140
تايبان	17	32	تايبان	17	32
الهند	57	210	الهند	57	210
أوروبا الشرقية					
اندونيسيا	35	165	اندونيسيا	35	165
اليابان	16	310	اليابان	16	310
كازاخستان	10	5000	كازاخستان	10	5000
جمهورية كوريا	53	1350	جمهورية كوريا	53	1350
ماليزيا	14	20	ماليزيا	14	20
باكستان	30	83	باكستان	30	83
الفلبين	23	62	الفلبين	23	62
جنوب أوروبا					
تايلاند	23	480	تايلاند	23	480
غرب آسيا			غرب آسيا		
ألبانيا	120	270	ألبانيا	120	270
أرمينيا	104	216	أرمينيا	104	216
إيران	82	3070	إيران	82	3070
قبرص	7	78	قبرص	7	78





490	73	اليونان	242	33	الكويت
1040	75	إيطاليا	105	34	فلسطين (غزة)
1128	184	مونتينيغرو	535	22	السعودية
2700	62	البرتغال	520	44	سوريا
1330	87	سلوفينيا			
15400	90	أسبانيا			
420	11	استراليا			
80	22	نيوزيلندا			

وقيس تركيز غاز الرادون في 730 روضة و 890 مدرسة في سلوفينيا، فوجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م<sup>3</sup> في 45 روضة و 78 مدرسة وفي جمهورية التشيك قيس تركيز الغاز في أكثر من 130000 مسكنا ومدرسة وروضة، ووجد أنه يزيد على 400 بيكريل/م<sup>3</sup> في 20000 منها ، وهو حد التدخل في البلد .

ان هذا المسح الواسع لتركيز غاز الرادون في داخل مساكن عدد كبير من دول العالم، أن هناك أعدادا كبيرة منها تعاني من هذه المشكلة، وتحتاج إلى معالجة، بعد أن أثبتت الدراسات الحديثة أن غاز الرادون في المساكن من مسببات سرطان الرئة، وأن خطر الإصابة به يزداد طردياً مع ازدياد تركيز هذا الغاز المشع. لهذا أصبح من الضروري استكمال المسح الإشعاعي لغاز الرادون المشع في مساكن البلدان العربية، وبخاصة في المناطق التي يتوقع ارتفاع تركيزه فيها ، لاحتواء تربتها أو صخورها على خام اليورانيوم.

### الأجهزة المستخدمة في قياس غاز الرادون:

#### 1- جهاز قياس تركيز غاز الرادون في الهواء والترربة والماء AlphaGuard (Radon Monitor)



#### 2- جهاز الكشف عن غاز الرادون Radon Gas Detectors







## الفصل الرابع – مقياس مصادر تلوث الهواء

### 1- المرافق العاملة بالاحتراق

يجب أن يستعمل جهاز مناسب لتنظيف أو إزالة الغاز في جميع الغلايات التي تعمل بالوقود العضوي وجميع الأفراد التي تكون طاقة الحرارة الداخلية فيها 20 ميغاوات (MBTU/الساعة) أو أكثر وذلك بقصد الحد من كمية المواد المتسربة إلى النسب التالية:

- 43 نانو جرام/ جول (0.1 رطل/ MBTU) من الدقائق العالقة الكلية.
- 1 مايكرو جرام/ جول (2.3 رطل/ MBTU) من ثاني أكسيد الكبريت.
- 130 نانو جرام/ جول (0.3 رطل/ MBTU) من أكاسيد النيتروجين للمرافق الحارقة للزيت.
- 86 نانو جرام/ جول (0.2 رطل/ MBTU) من أكاسيد النيتروجين للمرافق الحارقة للغاز .

### 2- مرافق البترول والبتروكيماويات

أ- صهاريج السوائل البترولية :

يجب أن تجهز صهاريج المركبات العضوية الطيارة (VOC) والتي تكون طاقتها أكثر من ألف (1000) برميل (5614 قدم<sup>3</sup>) بنظام للتحكم في تسرب البخار وذلك بالطرق التالية :

أن تزود مستودعات المركبات العضوية ذات الضغط البخاري الأثر من 570 ملليمتر زئبق بأنظمة استرجاع للأبخرة أو بأنظمة مماثلة ، تعتبر الخزانات ذات الأسقف العائمة مناسبة لتخزين الزيت الخام على شرط أن يقوم المالك بتوفير نظام تفتيش ثابت للسدادات ومع مراعاة وجود برنامج دائم لإعداد تقارير عن ذلك. أن تزود خزانات المركبات العضوية ذات الضغط البخاري الأكثر من 78 ملليمتر زئبق (PSI 1.5) ، والأقل من 570 ملليمتر زئبق (PSI 11) بأسقف عائمة مزدوجة السداد أو بأي أنظمة أخرى مماثلة.

ب- وحدات تجديد العوامل المساعدة في وحدات ( F.C.C. ) :

يجب استخدام ما يلي في هذه الوحدات :

غلايات أول أكسيد الكربون ذات حرارة عالية وذلك بقصد خفض كمية أول أكسيد الكربون إلى 500 جزء في المليون.

منظفات هواء مناسبة بغرض الحد من كمية الدقائق العالقة المتسربة إلى 1 كيلوجرام لكل طن متري من فحم الكوك الذي يتم حرقه.

ج- عمليات حرق غاز الوقود :

بالنسبة لعمليات حرق الوقود الغازي يجب توظيف الغازات الأمانية أو أي عملية أخرى مناسبة لتنظيف الغاز وذلك بغرض الحد من نسبة كبريتيد الهيدروجين في الغازات المصروفة إلى 230 ملليجرام في كل متر مكعب قياسي جاف (150 جزء في المليون).

### 3- المقدوفات المرئية الناجمة عن الأنشطة الصناعية

يجب أن تتم السيطرة على كمية المقدوفات المرئية المتسربة ( فيما عدا بخار الماء) من جميع الأنشطة بحيث لا تتجاوز العتمة القصوى 20% وذلك باستثناء ثلاث دقائق من أي فترة مستمرة طولها 60 دقيقة .



## الفصل الرابع - طرق التخلص والوقاية من التلوث الهوائي

اصبح من الضروري استخدام المفاعلات البلازمية للتخلص والوقاية من التلوث الهوائي ، ولكن مبدئياً يجب عمل الاتي :

- 1- إلزام كافة المصانع في(القطاع الخاص والعام) على إقامة وحدات فلترة ومعالجة لمخلفاتها الغازية أو الغبارية أو السائلة.
- 2- إستخدام البنزين الخالي من الرصاص والمازوت الخالي من الكبريت.
- 3- مراقبة كافة وسائل النقل الخاصة والعامة والتأكد من سلامة محركاتها وإحتراق الوقود بشكل سليم.
- 4- إبعاد كافة المصانع عن المدن وأماكن السكن.
- 5- معالجة مياه الصرف الصحي بالطرق العلمية الحديثة.
- 6- إستخدام الطاقة النظيفة بديلاً عن الوقود الإحفوري ( الفحم والمازوت..).
- 7- إستخدام المبيدات والأسمدة ذات المصدر العضوي وليس الكيميائي.
- 8- مراقبة المصانع والفعاليت الإنتاجية ذات التقنيات القديمة والملوثة وتطورها.
- 9- زيادة المساحات المشجرة داخل المدن والتي يجب أن لا تقل عن 40% من مساحة المدينة، بالإضافة إلى زراعة أحزمة خضراء تحيط بها.
- 10- عدم إعطاء أي ترخيص صناعي جديد لايتقيد بشروط الحفاظ على سلامة صحة الإنسان والبيئة

### المفاعلات البلازمية المستخدمة في التخلص من الغازات السامة:

#### Plasma Reactors

من المعروف أن حالات المادة ثلاث وهي الغازية والسائلة والصلبة في درجات الحرارة العادية ولكن حينما تتعرض المادة لدرجة حرارة عالية جداً فإن الإلكترونات التي تدور حول النواة تكتسب هذه الطاقة الهائلة فتتحرر من جذب النواة لها وتبقى النواة بدون الكترونات (معرفة من الإلكترونات ) وتسمى المادة في هذه الحالة ب " البلازما " وهي حالة المادة الرابعة

إذا البلازما تنتج من تسخين الغاز فتتحرر الإلكترونات وينتج غاز متأين "البلازما" التي هي عبارة عن شحنات سالبة وموجبة وبقايا الغاز وبذلك فهي تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية مما ينتج عنها طاقة كبيرة .

وبذلك تكون البلازما عبارة عن حالة متميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو بالجزيء .

ففي الصناعة تستخدم في شاشات التلفزيون (كل بكسل به غاز عند توصيلها بالكهرباء تتبعر الكترونات الغاز "يتأين" فيصبح بلازما تضيء) وفي لمبات النيون (كل لمبة فيها غاز الزنيق عند توصيله بالكهرباء تتبعر الكترونات الغاز فيصبح بلازما تضيء) وفي الأبحاث الخاصة بطاقة الانصهار ، و كذلك في اللحام (ناتج التوصيل الكهربائي يولد غاز محترق أي بلازما)





## استخدام اجهزة البلازما (المفاعلات البلازمية) في التخلص من الغازات السامة وللتقليل من الانبعاثات : Reduce Emissions

تستخدم البلازما حاليا في العديد من الدول المتقدمة في التخلص من المواد والغازات السامة الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما حيث يمكن ان تقوم البلازما بتحويل الغازات السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل الهيدروكربونات **hydrocarbons** واكاسيد النيتروجين **nitrogen oxides** وثاني اكسيد الكربون **carbon dioxide** وأول اكسيد الكربون **carbon monoxide** وثاني اكسيد الكبريت **sulphur dioxide** وجزيئات الكربون **carbon particles** والجزيئات الدقيقة **fine particulate matter** وكميات صغيرة من الهيدروكربون العطري (البنزين) **aromatic hydrocarbons (benzene)** وبعض المواد والغازات السامة الاخرى **dioxins** الى مواد وغازات غير سامة .

### طريقة عمل اجهزة البلازما في مداخن المصانع والمحطات الكهربائية:

قبل ان تخرج الغازات السامة من المدخنة إلى الغلاف الجوي يتم توجيه عليها حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز بلازما مثبت في منتصف المدخنة فتعمل الالكترونات على تأيين الغازات السامة بمعنى تحويلها إلى حالة بلازما فتخرج الغازات منفصلة غير متحدة على شكل جزيئات النيتروجين وجزيئات الكبريت وجزيئات الاكسجين. وبهذا نكون قد حولنا الغازات الملوثة إلى غازات نافعة وبتكاليف قليلة.

### طريقة عمل اجهزة البلازما في عوادم السيارات والشاحنات (جهاز تقليل العادم):

قبل ان تخرج الغازات السامة من عوادم السيارات والشاحنات إلى الغلاف الجوي يتم توجيه عليها حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز بلازما مثبت في منتصف المدخنة فتعمل الالكترونات على تأيين الغازات السامة بمعنى تحويلها إلى حالة بلازما فتخرج الغازات منفصلة غير متحدة على شكل جزيئات حيث تعتمد تقنية جهاز تقليل العادم على احاطة مجموعة العادم الملحقة بالسيارة بما يشبه الشبكة لتقليل اندفاع العادم ثم معالجته كيميائيا وهذا الجهاز الملحق بمجموعة العادم يستخدم البلازما او " البلاذيوم " كعنصر أساسي في تصنيعه ويعمل هذا الجهاز والذي يعمل كمحفز لتحويل بعض الانبعاثات الضارة في عادم السيارة الى بخار ماء وثاني اكسيد الكربون كيميائيا وتعمل هذه التقنية على تقليل الانبعاثات الناتجة بنسبة 60 % في السيارات التي يوجد بها هذا الجهاز .







## دراسة علمية حول مكونات وطريقة عمل المفاعل البلازمي الخاص بتقليل عادم السيارات PDC

### Plasma-Driven Catalysis (PDC) reactor

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0059974>

A novel plasma-driven catalysis (PDC) reactor with special structure was proposed to remove vehicle exhaust gas. The PDC reactor which consisted of three quartz tubes and two copper electrodes was a coaxial dielectric barrier discharge (DBD) reactor. The inner and outer electrodes firmly surrounded the outer surface of the corresponding dielectric barrier layer in a spiral way, respectively. Nano-titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) film prepared by radiofrequency (RF) magnetron sputtering was coated on the outer wall of the middle quartz tube, separating the catalyst from the high voltage electrode. The spiral electrodes were designed to avoid overheating of microdischarges inside the PDC reactor. Continuous operation tests indicated that stable performance without deterioration of catalytic activity could last for more than 25 h. To verify the effectiveness of the PDC reactor, a non-thermal plasma (NTP) reactor was employed, which has the same structure as the PDC reactor but without the catalyst. The real vehicle exhaust gas was introduced into the PDC reactor and NTP reactor, respectively. After the treatment, compared with the result from NTP, the concentration of HC in the vehicle exhaust gas treated by PDC reactor reduced far more obviously while that of NO decreased only a little. Moreover, this result was explained through optical emission spectrum. The O emission lines can be observed between 870 nm and 960 nm for wavelength in PDC reactor. Together with previous studies, it could be hypothesized that O derived from catalytically  $\text{O}_3$  destruction by catalyst might make a significant contribution to the much higher HC removal efficiency by PDC reactor. A series of complex chemical reactions caused by the multi-components mixture in real vehicle exhaust reduced NO removal efficiency. A controllable system with a real-time feedback module for the PDC reactor was proposed to further improve the ability of removing real vehicle exhaust gas.

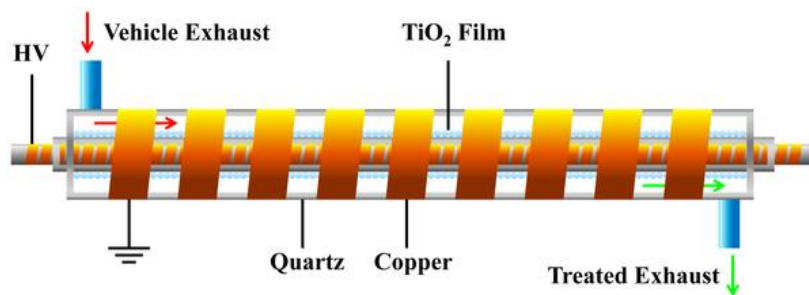


Figure 1. A schematic diagram of plasma-driven catalysis reactor.

Vehicle exhaust gas contains hydrocarbons, nitrogen oxides, carbon dioxide, carbon monoxide, sulphur dioxide, carbon particles, fine particulate matter and small amounts of aromatic hydrocarbons (benzene) and dioxins. Among these pollutants, hydrocarbons are a major contributor to smog, especially in urban areas. Prolonged exposure to hydrocarbons can cause asthma, liver disease, lung disease and cancer. Carbon monoxide reduces the ability of blood to carry oxygen, and overexposure to carbon monoxide poisoning can be fatal. Nitrogen oxides ( $\text{NO}_x$ ), which is a mixture of NO,  $\text{N}_2\text{O}$ , and  $\text{NO}_2$ , is generated when nitrogen in the air reacts with oxygen at the high temperature and pressure inside the engine.  $\text{NO}_x$  is a precursor to smog and acid rain.





In the past few decades, non-thermal plasma (NTP) has been widely used to remove volatile organic compounds (VOC) and  $\text{NO}_x$ . However, the application of NTP has been greatly restricted by its low energy efficiency and poor  $\text{CO}_2$  selectivity. Besides, undesirable byproducts (such as ozone), need to be further treated. Recently, these problems were solved to some extent by a combination of non-thermal plasma with catalyst, so called plasma-driven catalysis. As a promising technology, this technique integrates the advantages of high selectivity from catalysis and fast ignition from plasma, which maintained high energy efficiency and mineralization rate with low by-product formation.

Plasma-driven catalysis (PDC) is a physical and chemical reaction. The reactive species from plasma, such as ions, electrons, excited atoms, molecules and radicals, generate considerable micro-discharge on the surface of the dielectric. These reactive species, especially high energy electrons, contain a large amount of energy, which will activate nearby catalyst and lower the activation energy of the reaction. Internal transition of high-energy particles will generate ultraviolet radiation [5]–[6]. If absorbed energy is greater than the band gap, the electron inside the semiconductor will be excited with a transition from the valence band to the conduction band, which will form electron-hole pairs and induce a series of further redox reactions. Photo-excited holes have a strong ability to obtain electrons, resulting in reacting with the hydroxide ions together with water adsorbed on the catalyst surface and then generating hydroxyl radicals, which leads to a further oxidation of pollutants. Compared with common catalysts, plasma-driven catalysts have many unique advantages, such as high distribution of reactive species, decreased energy consumption, enhanced catalytic activity and selectivity as well as the reduction of the sensitivity to poison [7]–[8].

Compared with non-thermal plasma, the addition of catalysts could significantly enhance the VOC removal efficiency with increased  $\text{CO}_2$  selectivity and carbon balance, while the byproducts, such as  $\text{O}_3$  and organic compounds were dramatically reduced, which was mainly due to increased amount of  $\text{O}$  formed from  $\text{O}_3$  destruction [9]. Besides, plasma-driven catalysis has also been used in  $\text{NO}_x$  removal. It was reported that (plasma generated) ozone, hydroxyl radicals and atomic oxygen played important roles in the oxidation of  $\text{NO}$  to  $\text{NO}_2$  [10]. Many efforts have been made to purify VOC or  $\text{NO}_x$  gas by using plasma-driven catalysis [11]–[13]. However, those studies focused on only one specific polluted gas or some simulated gases, which were quite different from real vehicle exhaust gas from a launched car. In fact, complex components in the exhaust interacted with each other. For example, according to the molecular dynamics theory,  $\text{NO}$  removal efficiency depends heavily on the content of  $\text{HC}$  and  $\text{O}_2$  [14]. Meanwhile, partially oxidized hydrocarbons and peroxy radicals ( $\text{RO}_2$ ) will in return react with  $\text{NO}$  and strongly influence  $\text{NO}_2$  formation rates [10]. Thus the application of the technique for examining the vehicle exhaust removal rate has a practical significance.

In previous studies, catalyst material can be introduced into the reactor in several ways, such as coating on the reactor wall or electrodes, as a packed-bed (granulates, coated fibers, pellets) or as a layer of catalyst material (powder, pellet, granulates, coated fiber) [8]. What researches worried about was the deactivation of catalyst [15], [16]. The catalyst contacted with the high electrode directly in all the studies above. What's more, most catalysts were prepared with liquid phase method, which contained too many complex chemical steps, even toxic or organic gas evaporating into the air [16], [17], [18], [19].

In this study, a novel and special structure plasma-driven catalysis device was proposed. The PDC reactor was a coaxial DBD reactor with three dielectric barrier layers and two





copper electrodes. The middle dielectric barrier was designed to separate the catalyst from the high voltage electrode. The catalyst  $TiO_2$ , prepared by RF magnetron sputtering, was coated on the outer surface of the middle quartz tube. The electrodes surrounded the outer surfaces of corresponding dielectric barrier in a spiral way to prevent the damage to the catalyst for too much heat from microdischarges in PDC reactor. Then the PDC reactor was employed to treat the real vehicle exhaust. In order to explain the result, a simple and intuitive method—optical emission spectroscopy was conducted, which was different from chemical kinetics analysis in previous studies. This study also analyzed the practical problems for the application of PDC technique in real vehicle exhaust and proposed some solutions.

### The PDC Reactor (Materials and Methods)

As shown in Fig. 1, the proposed PDC reactor was a coaxial DBD reactor with three quartz tubes as dielectric barrier layers and two copper electrodes. The inner electrode attached to the inner quartz tube with a spiral rotation, of which the helix width and the pitch were 6 mm and 2 mm, respectively, while the outer electrode attached to the outer quartz tube in the same way as the helix width of 9 mm and the pitch of 4 mm. The nano-titanium dioxide film prepared by radio frequency magnetron sputtering (JGP450 High vacuum magnetron sputtering, China) was coated on the outer surface of middle quartz tube. During the process of coating  $TiO_2$  film, the Ti target was set at the bottom of the vacuum chamber to avoid a large amount of impurities groups into  $TiO_2$  film, and the inner quartz rotated by a constant angular velocity of 0.15 r/s, guaranteeing a well-distributed film on the same circle of the reactor. The proportion of oxygen and argon was about 1:1 with the power of 150W at 1 Pa pressure. The XRD detection given in Fig. 2 indicates that the titanium dioxide has an approximate composition of 85% anatase and 15% rutile forms of  $TiO_2$ . The discharge of the whole PDC reactor was shown in Fig. 3, with the excited voltage of 7.78 kV and the power of 2.75W. In order to know the surface features of the  $TiO_2$ , AFM detection was conducted on three points on the middle quartz tube with different distances of 20 mm, 50 mm, 90 mm from the same side, respectively. It was worth mentioning that the tube rotated at a certain speed of 0.15 r/s, which would help to form the uniform film in the same circle. Fig. 4 shows the AFM photograph of the uniform surface of the  $TiO_2$ . The length of the whole PDC reactor was 180 mm, and the outside diameter of the outer quartz tube was 18 mm, which constituted a compact reactor.

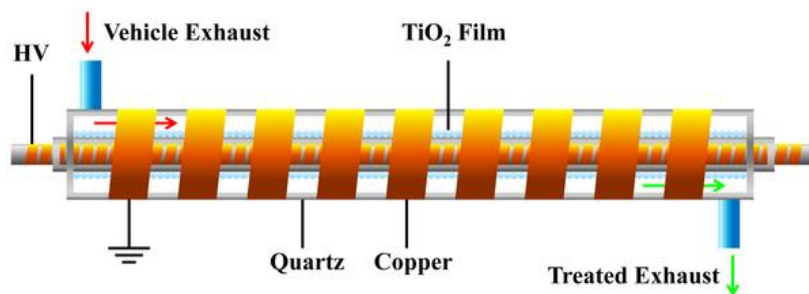


Figure 1. A schematic diagram of plasma-driven catalysis reactor.





The PDC reactor was a coaxial DBD reactor with three quartz tubes as dielectric barrier layers and two copper electrodes. The outer and inner electrodes attached to the surfaces of the corresponding quartz tubes in a spiral rotation, respectively. The length of the whole reactor was 180 mm. The outside diameters of the quartz tubes were 18 mm, 10 mm and 6 mm, respectively.

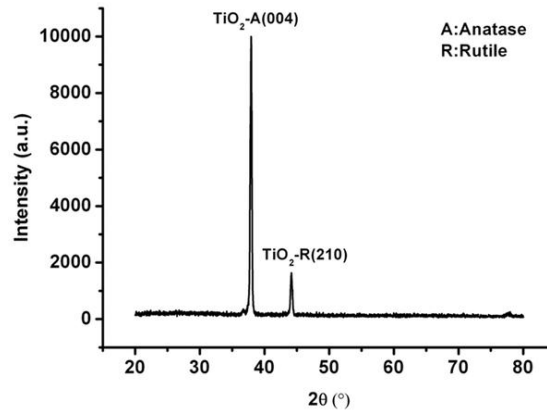


Figure 2. XRD pattern of prepared TiO<sub>2</sub> film.

The titanium dioxide has an approximate composition of 85% anatase and 15% rutile forms of TiO<sub>2</sub>.

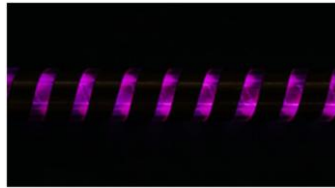


Figure 3. Discharge of plasma-driven catalysis reactor.

The excited voltage and power were about 7.78 kV and 2.75W, respectively.

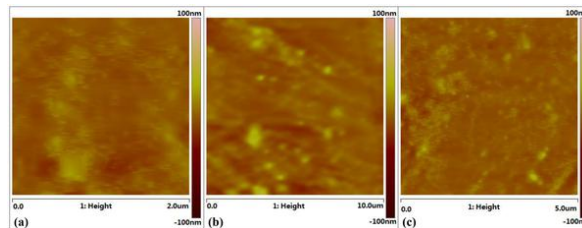


Figure 4. AFM photograph of prepared TiO<sub>2</sub> film.

AFM detections on three points on the middle quartz tube with different distances of (a) 20 mm, (b) 50 mm and (c) 90 mm from the same side.

### Clearance System

In this study, the experiment included exhaust gas source collection, treatment and components detection. The real exhaust gas was acquired from a jeep (Charokee-type Beijing Jeep 2500, made in China in 1999), in which the engine with inline four-cylinder was fed by #93 gasonline, in the condition of temperature/humidity 90°C/60% (monitored by MINGLE Hygrometer TH101B, China). The contents of components in the vehicle exhaust before and after treatment with the PDC reactor were detected by an exhaust gas analyzer (CV-5Q, Tianjin Shengwei Inc. Tianjin, China), which serves officially as a standard exhaust analysis in Beijing, China.



## Clearance Process

At the beginning of each experiment, the jeep was started to let the vehicle exhaust gas steadily emit while the exhaust gas analyzer was turned on for detection. Then the exhaust was induced into the PDC reactor, which was excited for low temperature plasma later at the voltage of 8–10 kV. As shown by the detected spectrum in Fig. 5, many significant peaks can be observed in spectrum scope of working plasma inside the PDC reactor ranged from 250 nm to 520 nm, which satisfies the required wavelengths of TiO<sub>2</sub> catalysis.

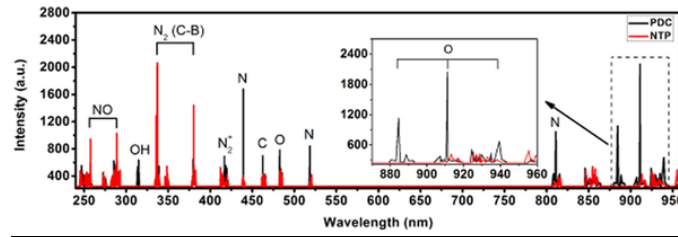


Figure 5. Spectrum of the discharge by PDC and NTP reactor.

The appearance of O spectrum can be observed between 870 nm and 960 nm for wavelength in PDC reactor.

We then conducted experimental comparisons among three different groups, including a control group without any plasma treatment, a PDC group with TiO<sub>2</sub>, and a NTP group which had an identical structure to the PDC reactor but without the catalyst TiO<sub>2</sub>. Five tests were conducted for each group. In each test, after engine reaching steady state, the concentrations of different components of the vehicle exhaust were recorded sequentially at an interval of 20 s within 3 minutes for three groups. Then plasma was excited in both PDC and NTP reactors which the vehicle exhaust gas was lead into. The concentrations of different components were recorded at an interval of 20 s within another 9 minutes for these two groups.

## Electrical Measurement

The PDC reactors were ignited by an AC high voltage power supply equipped with a transformer, which controlled the input power of the plasma generator (CTP-2000K). AC high frequency high voltage exported from the generator was applied to the PDC reactor, providing excitation power for the reactor. The excitation power was measured through the output voltage and current detection in the generator. Applied high voltage (V) was measured with a 1000:1 high voltage probe (TEKtronix, P6015A). V–Q Lissajous method was used to determine the discharge power in the PDC reactor. The charge Q was determined by measuring the voltage across the capacitor of 0.47 uF connected in series to the ground line of the PDC reactor. The voltage across this capacitor is proportional to the charge. The signals of applied voltage and charge were recorded with a digitizing oscilloscope (Tektronix, MSO2024) by averaging 62.5 k scans. The discharge power (P<sub>dis</sub>) was evaluated from the area of V–Q parallelogram by multiplying the frequency. Specific input energy (SIE), which is defined as the energy input per unit gas-flow rate, can be

$$\text{SIE(J/L)} = \frac{P_{\text{dis}}(\text{watt})}{\text{gas flow rate(L/min)}} \times 60 \quad (1)$$

obtained as follows:

In this study, both the minimum excited state and steady state of working PDC reactor were measured according to the method above.

## Optical Emission Spectroscopy





Optical emission spectroscopy (OES) is one of the most widely used diagnostic methods for low-temperature plasmas [20]. Optical emission spectrometry involves applying electrical energy in the form of spark generated between an electrode and a metal sample, whereby the vaporized atoms are brought to a high energy state within a so-called “discharge plasma”. These excited atoms and ions in the discharge plasma create a unique emission spectrum specific to each element. Thus, a single element generates numerous characteristic emission spectral lines. Therefore, the light generated by the discharge can be said to be a collection of the spectral lines generated by the elements in the sample. This light is split by a diffraction grating to extract the emission spectrum for the target elements. The intensity of each emission spectrum depends on the concentration of the element in the sample. Detectors (photomultiplier tubes) measure the presence or absence of the spectrum extracted for each element and the intensity of the spectrum to perform qualitative and quantitative analysis of the elements [21], [22]. The vehicle exhaust gas was induced into the PDC and NTP reactors, respectively. And the plasmas in the two reactors were excited with the same voltage and power. The probe was put at the same point of each reactor. Then the spectrums were obtained.

## Results

### Vehicle Exhaust Clearance

Figure 6(a) and (b) show that both of the two reactors have a positive effect on the reduction of HC and NO. Moreover, the removal efficiency of PDC reactor was significantly higher than that of NTP reactor. The vehicle exhaust removal efficiency  $\eta$  was estimated as follow:

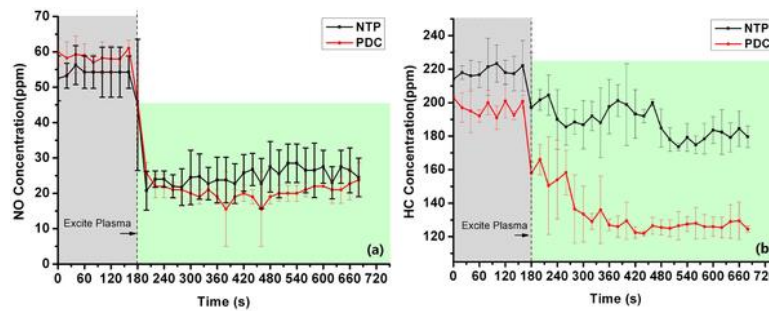


Figure 6. Real-time removal results of (a) NO removal and (b) HC removal.

The removal efficiency for HC in the PDC reactor was  $\eta_{NO} = 64.5\% \pm 1.8\%$ , and the removal efficiency for NO in the PDC reactor was  $\eta_{HC} = 32.1\% \pm 1.3\%$

$$\eta(\%) = \frac{c_{in} - c_{out}}{c_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

where  $c_{in}$ ,  $c_{out}$  are inlet and outlet concentration of the certain component, respectively. According to Eq.1, the removal efficiency in the PDC reactor for HC and NO are as follows:  $\eta_{NO} = 64.5\% \pm 1.8\%$ , and  $\eta_{HC} = 32.1\% \pm 1.3\%$ .

### Electrical Measurement

Experimental data indicated that our vehicle exhaust flow rate was about 590 scfm. The voltage and current of the PDC reactor were measured through capacitor sampling and resistance sampling, respectively. The V-Q Lissajous method was used to determine the





discharge power. Both of the minimum excited state and steady state of PDC reactor were measured. All the electrical measurement results were shown in Fig. 7. At the minimum excited state, the effective voltage and current were 7.78 kV and 0.35 mA. Specific input energy was about 279.66 J/L. At the steady state, the effective voltage and current were 8.06 kV and 0.35 mA. Specific input energy was about 289.83 J/L.

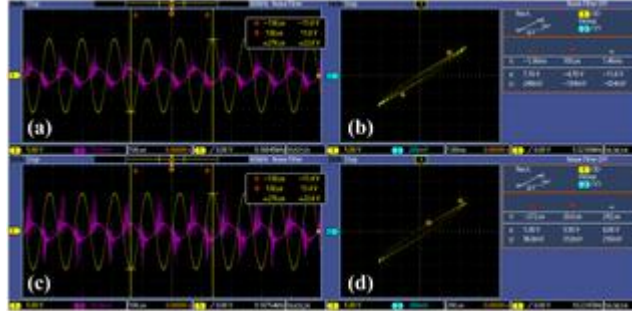


Figure 7. Electrical measurement of the PDC reactor.

(a) The voltage and current of the PDC reactor at the minimum excited state. (b) Lissajous figure of the PDC reactor at the minimum excited state. (c) The voltage and current of the PDC reactor at the stable working state. (d) Lissajous figure of the PDC reactor at the stable working state.

### Optical Emission Spectrum

The optical emission spectrum result was shown in Fig. 5. The OH, NO and N emission lines are visible. The appearance of O emission lines can be observed between 870 nm and 960 nm for wavelength in PDC reactor [23], [24], [25], [26]. Considering the facts that the removal efficiency of HC treated by PDC was much higher than that of NTP, while the removal efficiency of NO by PDC was only a little higher than that of NTP, we hypothesized that O might have made a significant contribution to the much higher HC and NO removal efficiencies.

### Discussion

First of all, in this study, the proposed PDC reactor was designed with three quartz tubes as dielectric layers. The outer and middle quartz tubes were both dielectric barrier layers. The middle one could separate the catalyst from the high voltage electrode, which could prevent high voltage electrode from being oxidized by oxygen during the reactions. On the other hand, the middle quartz tube could increase the area for depositing more TiO<sub>2</sub> film compared with a bare electrode. Furthermore, the addition of middle quartz tube could provide more chances to generate microdischarges [27], which would increase catalyst surface temperature [28], enhance the dispersion of active catalytic components [29], [30] and influence the stability with catalytic activity of the exposed catalyst material [31]. All above would promote catalytic VOC removal efficiency. However, hot spots can be formed in PDC reactors as a result of localizing heating by intense microdischarges, which might lead to the damage to the high voltage electrode and catalyst [32]. In order to avoid too many hot spots, each electrode surrounded the outer surfaces of corresponding dielectric barrier in a spiral way. The method of preparing TiO<sub>2</sub> film was RF magnetron sputtering without any toxic or organic gas evaporating into the air. Continuous operation tests indicated that stable performance without deterioration of catalytic activity could last for more than 25 h.

Secondly, the removal efficiency result was further explained through the optical emission





spectrum approach, a simple and intuitive method different from chemical kinetics analysis in previous studies. The optical emission spectrum result showed that the appearance of O emission lines can be observed between 870 nm and 960 nm for wavelength in PDC reactor. It is our suggestion that the enhanced performance of hydrocarbon destruction was mainly due to a great amounts of atomic oxygen (O) formed, primarily from catalytically O<sub>3</sub> decomposition. Compared with NTP reactor, TiO<sub>2</sub> film acting as a semiconductor oxide catalyst provided a large number of free electron-hole pairs and consequently promoted the oxidation-reduction reaction.

The emission of O<sub>3</sub> from the NTP reactor was harmful to both human health and global environment. The addition of catalyst could significantly enhance the HC destruction with an increased O formation while the byproducts O<sub>3</sub> from the plasma were dramatically reduced [9]. Basically, O<sub>3</sub> formation in the NTP reactor proceeded via a two-step process [33]: formation of atomic oxygen and recombination of atomic oxygen with oxygen

molecule (Eqs. (3)-(5)):  $O_2 + electron \rightarrow O(^1D) + O(^3P)$

(3)  $O(^1D) + M \rightarrow O(^3P) + M$  ( $M = O_2 \text{ or } N_2$ ) (4)  $O(^3P) + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$  (5) where O(1D) and O(3P) represent the excited and ground state oxygen atom, respectively.

It has been also reported that O<sub>3</sub> can be decomposed by catalysts into molecular oxygen via atomic oxygen and peroxides (Eqs. (6)-(8)) [34], where \* denotes an active site on the catalyst surface:  $O_3 + * \rightarrow O* + O_2$  (6)  $O* + O_3 \rightarrow O_2 + O_2*$  (7)  $O_2* \rightarrow O_2 + *$  (8)

In general, atomic oxygen, which is highly active and involved in HC oxidation, is also imposed positive effect on NO destruction [9].

Thirdly, in the presence of catalyst TiO<sub>2</sub> film, when there is a faster rate of oxidation of hydrocarbons (Fig. 6b) there is not a significant increasing reduction of NO (Fig. 6a) correspondingly. Since the gas employed in this study was real vehicle exhaust gas containing many different kinds of compositions, there would be some reactions that did not occur in only one specific gas or some simulated gases. Actually, those complex components in the vehicle exhaust interacted with each other during the PDC process, which would remarkably influence the removal efficiency of NO and HC. It is worth mentioning that there exists a dynamic equilibrium between NO and HC, that HC decomposition will lead to the formation of NO [14]. Besides, it is known that both •OH and O<sub>3</sub> play an important role in NO removal. However, since O<sub>3</sub> is an •OH scavenger, partial O<sub>3</sub> and •OH will react with each other as follow [35]:  $\bullet OH + O_3 \rightarrow O_2 + H_2O$  (9)

Thus both contents of O<sub>3</sub> and •OH will decrease with an increased O<sub>2</sub> content. It has been reported in a previous literature that high O level will definitely lead to a conversion back to NO, and decrease the the removal efficiency of NO [36]. Although several studies have indicated that plasma-driven catalysis technique was quite effective in removing NO or hydrocarbon [37], [38], [39], [40], [41], according to our results and analysis above, the clearance rate of NO would be reduced if mixed with HC as well as other gas components.

The complex chemical reactions among gas compositions in the vehicle exhaust gas are briefly illustrated in Fig. 8. For example, higher NO removal efficiency is under the condition of lower content of HC or decreased O<sub>2</sub> content [14], meanwhile, NO can be removed by the formation of NO<sub>2</sub> through the reaction with partially oxidized hydrocarbons and peroxy radicals (RO<sub>2</sub>) [10]. Thus, the removal efficiency of HC could not be as high as that of NO in our experiment. Besides, many fundamental components from working plasma, including ozone, hydroxyl radicals and atomic oxygen also play an important role in the oxidation of NO to NO<sub>2</sub> [10]. When hydrocarbon was treated by the plasma discharge, partially oxidized hydrocarbons (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>) and peroxy radicals (RO<sub>2</sub>) reacting with NO will be generated and strongly influenced NO<sub>2</sub> formation rate.







Meanwhile,  $\text{NO}_2$  reacted with the catalyst  $\text{TiO}_2$  film, while partially oxidized hydrocarbons were consumed during selective catalytic reduction, producing  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , and  $\text{H}_2\text{O}$ , which are environment-friendly products [42]. Finally,  $\bullet\text{OH}$  radicals can convert the formed  $\text{NO}_2$  into  $\text{HNO}_3$  [10] with the existence of  $\text{H}_2\text{O}$  [9]:

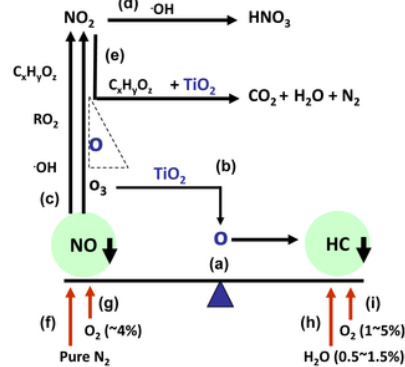
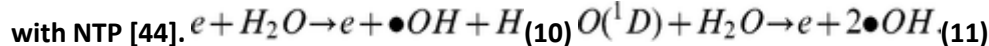


Figure 8. Chemical reactions gas compositions in the vehicle exhaust gas.

(a) HC decomposition will lead to the formation of NO [14]. (b) The addition of catalysts could generate more single atomic oxygen from  $\text{O}_3$  destruction, which contributed to the HC decomposition [9]. (c) single atomic oxygen, ozone, OH, oxidized hydrocarbons and peroxy radicals played an important role in the oxidation of NO to  $\text{NO}_2$  [10], and high O level will definitely lead to a conversion back to NO [36]. (d)  $\bullet\text{OH}$  radicals can convert the formed  $\text{NO}_2$  into  $\text{HNO}_3$  [10] with the existence of  $\text{H}_2\text{O}$  [9]. (e)  $\text{NO}_2$  reacted with the catalyst  $\text{TiO}_2$  film, while partially oxidized hydrocarbons is consumed during selective catalytic reduction, producing  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , and  $\text{H}_2\text{O}$ . (f) Nitrogen in air can help keep the high removal efficiency of NO [45]. (g)  $\text{NO}_x$  decomposition by plasma was known to be possible only if the oxygen content was less than about 4% [45], [46]. (h) The highest carbon balance and  $\text{CO}_2$  selectivity for HC destruction were obtained with water vapor content between 0.5 and 1.5% [24]. (i) The optimal oxygen ranges between 1% and 5% for VOC with NTP [44].



Based on the complex chemical reactions mentioned above, the removal efficiency of NO and HC should have been much higher if the PDC reactor was used to remove only NO or HC at the same amount of electricity consumption.

Besides, there were some other factors affecting the removal efficiency of NO and HC by using the proposed PDC reactor. On one hand, water vapor existing in the vehicle exhaust would reduce the vehicle exhaust removal efficiency. Although the drying modules had been assembled in our experiments, water vapor could not be removed completely and it would generate a considerable number of  $\bullet\text{OH}$ , leading to enhancement of NO conversion but decrease of HC removal efficiency with an increased incompletely oxidizing byproducts [10]. Meanwhile, water vapor can make catalyst deactivate through poisoning its active sites, annihilating high energetic electrons and depress the HC destruction through competing to be absorbed by the catalyst [43]. It has been reported that the highest carbon balance and  $\text{CO}_2$  selectivity were obtained with water vapor content between 0.5 and 1.5% [17]. In further study, water vapor could be well controlled to further improve the exhaust removal efficiency.

On the other hand, similar to the presence of water vapor, the oxygen content in the vehicle exhaust that affects significantly the discharge performance plays a key role in the occurring chemical reactions. It has been mentioned that the optimal oxygen ranges





between 1% and 5% for VOC with NTP [44], while NO<sub>x</sub> decomposition by plasma was known to be possible only if the oxygen content was less than about 4% [45], [46]. In this study, the oxygen content in the exhaust ranged roughly from 3.5% to 4.2% all the time as shown in Fig. 9, which could benefit the PDC reactor for HC removal. However, the oxygen content above could have also benefited the PDC reactor for NO removal efficiency, but it was unreal for the exhaust gas containing VOC [14]. The effect of oxygen content on the NO and HC removal efficiency in this study was obviously reflected in the removal result as shown in Fig. 6.

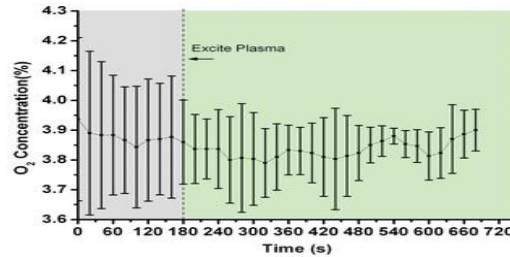


Figure 9. The O<sub>2</sub> content in the PDC reactor during the whole process.

The oxygen content in the exhaust ranged roughly from 3.5% to 4.2% all the time.  
doi:10.1371/journal.pone.0059974.g009

In order to enhance the ability of the application of PDC reactor in vehicle exhaust gas, a reliable automatic control system will be expected. Based on the measured proportion of HC and NO in real-time, vehicle exhaust can be further removed effectively by the feedback control system that adaptively induces the air outside into PDC reactor. Particularly, the oxygen in air can be used to modulate the appropriate proportions among HC, NO and O<sub>2</sub> while the nitrogen in air can help keep the high removal efficiency of NO [45]. In this way, the real vehicle exhaust gas from cars will be well controlled with high efficiency in real-time.

#### Acknowledgments

The support of Professor Zhang Guling and Ms. Wang Ke in Minzu University of China for preparing TiO<sub>2</sub> film is gratefully acknowledged.

#### Author Contributions

Organized and helped with the design of the research: JZ JF. Conceived and designed the experiments: JZ. Performed the experiments: SY YL SS KZ. Analyzed the data: SY YL. Contributed reagents/materials/analysis tools: SY JF JZ KZ. Wrote the paper: SY JZ.



## الفصل الخامس البرنامج التنفيذي لضبط جودة الهواء (مراقبة وقياس)

الهدف من الدراسة او البرنامج التنفيذي هو تقييم الوضع الحالي لجودة الهواء في كل مدينة مستهدفة وتقويم الآثار المختلفة لتلوث الهواء على صحة الإنسان، والآثار الاقتصادية، وتقويم طرق التحكم بالتلوث مع انشاء وتطوير خطة استراتيجية لتحسين جودة الهواء .

حيث يتم تقسيم الدراسة او البرنامج إلى ثلاث مراحل:

**المرحلة الأولى :** جمع المعلومات ومراجعتها من الجهات ذات العلاقة .  
على ان تغطي هذه المرحلة منطقة يصل نصف قطرها 100 كيلومتر من مركز المدينة المستهدفة بحيث تشمل حدود حماية التنمية ، بحيث يتم رصد مصادر الانبعاثات الرئيسية ، ودراسة الآثار الناجمة ضمن المنطقة الحضرية .

**المرحلة الثانية :** تحليل المعلومات ووضع النماذج الرياضية.  
وفيها يتم تحليل المعلومات الواردة وتطوير وتشغيل النماذج الرياضية لمحاكاة حركة الملوثات.

**المرحلة الثالثة :** تحليل الآثار الصحية والاقتصادية ووضع خطة استراتيجية لإدارة جودة الهواء.  
ويتم ذلك بتحليل وتقويم حركة الملوثات والآثار الصحية الواردة من المرحلة السابقة وتحليل التكلفة والعائد ووضع استراتيجية لإدارة جودة الهواء ومراقبة جودة الهواء بشكل مستمر وتطوير الخطة على اساس " منع حدوث التلوث من المصدر بدلاً من تقليل التلوث بالتحكم فيه " .

### خطوات واجراءات الخطة الاستراتيجية لادارة جودة الهواء

- 1- تحديد مقاييس وأهداف برنامج إدارة جودة الهواء مثل مقاييس الانبعاثات ومعايير جودة الهواء .
- 2- تصميم وتنفيذ استراتيجيات الحد من التلوث بحيث تشمل الاستراتيجية خمسة محاور هي :
  - 2.1 تطوير البنية التحتية لتنفيذ استراتيجية إدارة جودة الهواء بحيث تشمل الضوابط التقنية للمصادر الثابتة والمتحركة ومنع التلوث.
  - 2.2 تطوير الخطة الاستراتيجية على المدى القصير والطويل.
  - 2.3 تطوير إجراءات التوافق مع المقاييس بحيث يتم ضمان التوافق مع المقاييس طوال الوقت.
  - 2.4 وضع برنامج مراقبة ومراجعة للخطط التنفيذية لضمان الحد من مصادر الانبعاثات العالية.
  - 2.5 التنسيق والتواصل التام بين الجهات المعنية .
- 3- تقويم حالة جودة الهواء وقياس مدى تقدمها نحو الأهداف الموضوعه لها، وتتطلب هذه الخطوة مراقبة واسعة النطاق ومستمرة للهواء المحيط بالمدينة ومراقبة الانبعاثات من المرافق وتحليل حالة جودة الهواء وتشغيل النماذج الرياضية لمحاكاة حركة الملوثات وآثارها على الصحة العامة .
- 4- اعداد دراسة لبيان الآثار الناجمة عن التلوث وذلك بتحديد مصادر التلوث الثابتة والمتحركة وتقدير مستويات الانبعاث وتقويم الآثار الصحية والاقتصادية للملوثات، ووضع سبل التحكم فيه ومنعه.
- 5- القيام ببرنامج مراقبة جودة الهواء الذي يشمل :
  - تشغيل عدد من محطات المراقبة لجودة الهواء في مناطق مختلفة من المدينة المستهدفة .
  - بناء نموذج رياضي لمحاكاة حركة الملوثات وارتباطها بالمصادر وتطوير مؤشرات جودة الهواء في المدينة واستخدام نظم المعلومات الجغرافية للاستفادة من قواعد المعلومات البيئية.





6- القيام بدراسة شاملة للتقييم البيئي لمحطات توليد الطاقة الكهربائية بالمدينة المستهدفة و النظر في نتائج الدراسة وتوصياتها والإجراءات اللازمة لتنفيذها .

7- معالجة التلوث البصري وتحسين الطابع البصري للمدينة المستهدفة بوضع التنظيمات النهائية للوحات الإعلانية في الشوارع وعلى المباني والميادين وبيان نوعية أعمال التنسيق والتشجير من خلال برنامج شامل يؤدي إلى تحسين الطابع البصري لشوارع المدينة المستهدفة وميادينها .

8- تطبيق إجراءات للحد من التأثيرات السلبية للموجات الكهرومغناطيسية من خلال جمع كافة المعلومات اللازمة للبدء بالتطبيق الفعلي لكافة الأنظمة واللوائح المتعلقة بهذا الشأن .

9- الحد من آثار الضوضاء والتحكم في مصادرها عن طريق اعداد برنامج مراقبة مستمر للضوضاء في المدينة المستهدفة ليكون مصدر معلومات مستمرة تبنى عليها الإجراءات اللازمة للحد من الآثار السلبية للضوضاء .







## الفصل السادس الجغرافية المناخية Climatology (علم المناخ)

تهتم الجغرافيا المناخية بدراسة الغلاف الجوي Atmosphere، الذي يحيط بالكرة الأرضية عامة ويقسمه الأسفل الذي يلامس سطح الأرض خاصة، وما ينتج عن تفاعل الغلاف الجوي (تبعاً لسقوط الأشعة الشمسية على سطح الأرض ومرورها عبر الغلاف الجوي) مع الأغلفة الطبيعية الأخرى للكرة الأرضية، التي تتمثل في الغلاف المائي Hydrosphere، والغلاف الصخري Lithosphere، والغلاف الحيوي Bio - Sphere (خاصة الغلاف النباتي)، مما يؤدي إلى تنوع كبير في درجات حرارة الهواء الملامس للأجزاء المختلفة من سطح الأرض، ومن ثم يختلف مقدار الضغط الجوي، واتجاه الرياح، وسرعتها، وكمية الأمطار الساقطة، واختلافها من جزء إلى آخر على سطح الأرض. وتبعاً لتنوع هذه العناصر المناخية Climatic Elements، تتنوع حالة المناخ Climatic Condition من مكان إلى آخر على سطح الأرض.

علم المناخ يهتم بدراسة حالة العناصر الجوية في منطقة ما على سطح الأرض، عن طريق حساب متوسطاتها، ومتغيراتها، وقيمها، خلال مدة لا تقل عن 35 سنة. لذا يختلف علم المناخ عن علم الأرصاد الجوية والطقس .

علم المناخ التطبيقي Applied Climatology، أصبح من بين العلوم الجغرافية ذات الأهمية العلمية في حياة الإنسان ومنها:

### أ. المناخ والنبات الطبيعي

تؤثر الظروف المناخية تأثيراً مباشراً في تشكيل النباتات الطبيعية على سطح الأرض، وفي تنوع تلك الغطاءات النباتية من مكان إلى آخر وهناك تشابه وتوافق شديد بين كل من الأقاليم المناخية والأقاليم النباتية، وذلك لأن الأقاليم النباتية هي انعكاس للظروف المناخية السائدة، فتكاد تتفق أبعاد نطاقات الغابات الاستوائية مثلاً مع الأقاليم المناخية الاستوائية، وفي المناطق، غزيرة الأمطار، مرتفعة الحرارة، تزداد كثافة الغطاءات النباتية، وتعلو الأشجار الضخمة، وتتشابك أغصانها، وتتميز بسرعة نموها، وتقل الأشجار حجماً، وتقل كثافتها، وتتباعد عن بعضها بعضاً، مع تدني كمية الأمطار السنوية الساقطة (خاصة في العروض المدارية).

### ب. المناخ والزراعة

ترتبط الأعمال الزراعية ارتباطاً وثيقاً بالخصائص الطقسية والمناخية، ولا يخفى على أحد أثر كل من الإشعاع الشمسي Insolation، والرطوبة Moisture، والرياح Wind، وحوادث الصقيع Frost، والندى Dew، والبرد Hail، على نمو النبات أثناء مراحل النمو المختلفة. ومن ثم ظهر علم جديد هو المتيورولوجيا الزراعية، وعلم المناخ الزراعي، ويتناول الأخير دراسة أثر العوامل المناخية، التي لها دور بارز في مراحل





نمو النبات **Phenology**، وتلك التي تحدث فترات إعداد الأرض للزراعة، ومواعيد الإزهار، ونضج الثمار، وخصائص الدورة الزراعية، وجمع المحاصيل، وطرق الري، ومواعيدها، وطرق الصرف.

#### ج. المناخ والإنتاج الحيواني

يرتبط التوزيع الجغرافي للحيوانات بتغير الأقاليم المناخية على سطح الأرض، ويكاد يكون لكل إقليم مناخي حيواناته وطيوره الخاصة، لذا تضطر الحيوانات والطيور البرية إلى القيام بالهجرة الفصلية تبعاً لتغير الظروف المناخية.

وتبعاً لتنوع الظروف المناخية تتنوع المراعي الطبيعية، ففي مناطق السافانا في العروض المدارية تسود حرفة رعي الأبقار والماشية، وتتمثل في الصحاري الحارة - حيث تقل الموارد المائية - حرفة رعي الجمال والماعز وبعض الأغنام، ويسود في سهول الاستبس الاستوائية حرفة رعي الخيول إلى جانب تربية الضأن. وقد أكدت الدراسات أن الأبقار التي تُربى في الأقاليم المعتدلة، والمعتدلة الباردة، تعد أكبر حجماً ووزناً من تلك الأبقار التي تربي في المناطق المدارية. كما أن أغنام المناطق المعتدلة الباردة تحمل عادة من اللحم والدهن والشحم والصوف ما يفوق أضعاف تلك التي تربي في المناطق شبه الجافة.

#### د. المناخ والصناعة

استخدم لاندسبرج **Landsberg** مصطلح علم المناخ التكنولوجي **Technoclimatology**، ليوضح أهمية الظروف المناخية في كثير من الأعمال الصناعية والهندسية وأكد بأن المناخ من العوامل الرئيسية، التي تؤثر في اختيار مواقع المصانع ومراكز الإنتاج المختلفة. فعلى سبيل المثال، تتركز صناعة الطائرات وصناعة السينما في القسم الغربي من ولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث تزداد عدد ساعات شروق الشمس، إلى جانب ندرة حدوث الضباب واعتدال المناخ كذلك تتركز صناعة المنسوجات القطنية في لانكشير (بريطانيا) حيث المناخ المعتدل ذو الرطوبة المرتفعة وكذلك الحال في دلتا جمهورية مصر العربية، حيث تتركز تلك الصناعة لارتفاع الرطوبة.

ويؤكد راسيل بأن نتائج التجارب أوضحت انخفاض معدل إنتاجية العمال بنسبة 75 %، إذا ما ارتفعت درجة الحرارة إلى 30 درجة مئوية، أو إذا انخفضت عن 20 درجة مئوية. وتنعقد القدرة الإنتاجية عند درجة الحرارة 49 درجة مئوية.

#### هـ. المناخ وطرق النقل

تتأثر حركات النقل البرية، والجوية، والبحرية، بالظروف المناخية المتنوعة. إذ تتأثر سلامة الحركة على طرق النقل البري بتغير الظروف الطقسية. فكثيراً ما تزيد حوادث السيارات عندما يشتد الضباب **Fog**، وتساءل الرؤية.





ويهتم المتخصصون عند اختيار مواقع المطارات بالأماكن، التي لا تتعرض لحدوث الضباب بكثرة، ولا تتأثر بحدوث الزوابع والأعاصير أو تتعرض لأخطار سقوط الثلج ولا تستغني الملاحاة الجوية عن بيانات الطقس وذلك تأميناَ لسلامة حركات الطيران.

ويلزم الملاحين البحريين الإلمام بالتغيرات الطقسية أثناء القيام بالإبحار، من اتجاه الرياح، وسرعتها، ومواعيد حدوث العواصف، والأعاصير، وأثر ذلك على حالة البحر.

### و. المناخ وصحة الإنسان

المناخية الممثلة في كل أقاليم العالم المختلفة. فهناك أمراض المناطق الحارة الرطبة، وأمراض المناطق الباردة، وأمراض المناطق الجبلية. فتنشر الأتفلونزا وأمراض الحنجرة وفقر الدم (الأنيميا) في المناطق الباردة، والملاريا والحمى الصفراء والكوليرا والتيفود والدوسنتاريا في المناطق المدارية الحارة الرطبة، ومرض النوم بسبب ذبابة تسي تسي في المناطق الاستوائية، كما تؤثر العواصف الرملية في انتشار أمراض العيون خاصة الرمذ الربيعي. هذا إضافة إلى تلوث الهواء **Pollution Air**، (خاصة عندما يصاحب ذلك حدوث الضباب)، وأثر ذلك على صحة الإنسان. فعندما ترتفع درجة تلوث الهواء بالأتربة، والدخان، والمواد الغازية السامة يصبح الهواء، الذي يستنشقه الإنسان بالغ الخطورة على حياته، وقد أدى ذلك إلى مصرع الآلاف من سكان مدينة لندن عندما تعرضت لحدوث الضباب الأسود الملوث بالأتربة والغازات سنة 1902، لذا اهتم هودجسون **Hodgson** ، بدراسة أثر تلوث هواء مدينة نيويورك بغازات ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، فوق المناطق الصناعية وأثرها في زيادة نسبة الوفيات.

### ز. المناخ والجريمة

هناك ارتباط وثيق بين درجة الحرارة، وأنواع الجرائم، ونسبتها، إذ تختلف نسبة الجرائم من منطقة إلى أخرى باختلاف درجات الحرارة، فجرائم العنف تزداد في المناطق والفصول الحارة وتنخفض في الفصول الباردة، في حين تزداد جرائم الأموال في المناطق والفصول الباردة. ويزداد معدل الجريمة بالاقتراب من خط الاستواء، بينما تزداد جرائم المسكرات بالاقتراب من القطبين.

### ح. المناخ وفن العمارة

يختلف تصميم نماذج بناء المساكن في المناطق، التي تستقبل كميات كبيرة من الأمطار والثلج (تكون الأسقف هرمية الشكل) عن تلك، التي تتمثل في المناطق الحارة الجافة (الأسقف أفقية أو مستوية الامتداد). كما أن المباني في المناطق المعتدلة، والمعتدلة الباردة، تتباعد عن بعضها بعضاً وشوارعها واسعة، لتسمح بأكبر قدر من الأشعة الشمسية بدخول المنازل. أما المناطق الحارة الجافة فتكون المساكن متقاربة، وشوارعها غالباً ما تكون ضيقة، حتى ينعم السكان بأكبر قسط من الظلال. ويعمل المتخصصون على اختيار الموقع المناسب لبناء المنازل واختيار أنسب الاتجاهات لواجهتها، وذلك تبعاً لزاويا سقوط الأشعة الشمسية واتجاه هبوب الرياح وتنوع الظروف الطقسية.







### ط. الأهمية الجيوستراتيجية لعلم المناخ

للمناخ أهمية جيوسراتيجية، يقدرها بحق المخططون لسير المعارك الحربية. وأصبح من بين أعمال سلاح الإشارة في الجيوش المتقدمة رصد العناصر الجوية وتسجيلها أولاً بأول، لخدمة القوات الجوية، والبحرية، والبرية. ويذكرنا التاريخ بأن من أسباب فشل حملة نابليون بونابرت على الأراضي الروسية قسوة الظروف المناخية الشتوية لهذه البلاد وما تعرض له جنوده من البرد القارس والثلج الساقط، وأصبحت تحركاتهم مشلولة تحت هذه الظروف المناخية. ويحكي التاريخ قصصاً عديدة توضح أثر الظروف الجوية في نجاح المعارك أو فشلها. فقد فشل الفرنجة في دخول دمياط سنة 1218م بسبب الظروف الجوية القارسة. وتكررت هذه الظروف أثناء الحربين العالميتين الأولى والثانية، حيث اجتاحت جيوش الألمان الأراضي البولندية خلال فترة انقطاع الأمطار، ومن ثم أحسنوا استخدام وحداتهم الميكانيكية في الهجوم. واجتازت البوارج الألمانية مضيق دوفر الحصين خلال يوم ملبد بالغيوم فلم يستطع السلاح البريطاني إيقاف الهجوم الألماني. وعلى ذلك تؤدي الظروف الطقسية دوراً بارزاً في سير المعارك الحربية، فقد يكون من الصعب القيام بالهجوم الجوي أثناء حدوث العواصف والأعاصير، أو عند حدوث الضباب الكثيف وسوء حالة الرؤية. في حين قد يختار رجال الصاعقة مثل هذه الظروف المناخية الصعبة للعمل خلف خطوط العدو، وقبل هبوط رجال المظلات في المناطق المختارة لهم، وعند تقدم الآليات العسكرية والدبابات، ينبغي أن يكون القائد العسكري على معرفة تامة بالظروف الطقسية، التي تعرقل من إتمام قيام هذه العمليات العسكرية بالنجاح المطلوب. ولذلك لم يكن غريباً أن تكون أعمال الأرصاد الجوية تابعة لإشراف جيش الولايات المتحدة الأمريكية، وأن يكون لجيوش بعض الدول المتقدمة، مثل بريطانيا، وألمانيا، وفرنسا، هيئات خاصة بالجيش من وظيفتها إعداد الخرائط الطقسية التي تلزم وحدات الجيش المختلفة.

ومما سبق يتضح أن علم المناخ يُعد من أكثر العلوم الجغرافية، التي تهتم الباحثين والعاملين في مجال العلوم الأخرى. كما أتضح أن كثيراً من الموارد الطبيعية والبشرية ونشاطات الإنسان تتأثر هي الأخرى بالظروف والأحوال الجوية.

ونظراً للارتباط الكبير بين كل من الغلاف الجوي والإشعاع الشمسي، وبين الظواهر المناخية، التي تحدث على سطح الأرض والحياة عليها، ولكي يمكن أدراك هذا الارتباط، تأتي دراسة الغلاف الجوي من حيث تركيبه، وأقسامه، وبعض الظواهر الجوية، التي تتحكم في توزيع المناخ على سطح الأرض.





## الباب الخامس

### الطرق التحليلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية

#### الفصل الاول

اختبارات جودة الاوساط المائية والترربة

#### الفصل الثاني

الطرق التحليلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية

#### الفصل الثالث

- الخطوات الواجب اتباعها قبل اجراء التحاليل
- الطرق التحليلية المستخدمة لقياس مكونات المياه
- طرق جمع وحفظ العينات
- الاجراءات الخاصة بأخذ العينات

#### الفصل الرابع

اساسيات في الكيمياء التحليلية

#### الفصل الخامس

الطرق المستخدمة في التعبير عن تركيز المحاليل





## الفصل الاول - اختبارات جودة الاوساط المائية والتربة

وهي اختبارات يجرى اعدادها قبل واثناء وبعد المعالجة بالمحطات وبمقارنتها يمكن الاستدلال على كافة مراحل المعالجة وكفاءتها :

التحليل الرئيسية للمياه الملوثة الداخلة المحطات والخارجة منها

TP	NH3	COD	TSS	BOD	mg/ L
24	100	600	300	300	نتيجة تحليل المياه الملوثة الداخلة للمحطة Influent
					نتيجة التحليل المفترضة للمياه الخارجة من المحطة (السيب أو الفائض) Effluent
< 0.1-0.5	< 0.5-2	< 10-20	< 5-10	< 5-10	مستوى أول Highly efficient wastewater treatment
1-5	4-6	50-100	20-50	20-50	مستوى ثاني Good efficient wastewater treatment
10	10	200	100	100	مستوى ثالث Acceptable efficient wastewater treatment

Raw domestic sewage has a COD of 400 - 600 mg/l

### 1- فحص ( BOD ) Biological Oxygen Demand أو DBO

هو فحص الاكسجين الحيوي الممتص من البكتيريا

الفائدة منه :

نتيجته تبين كمية الاكسجين المستهلك أو الممتص من قبل البكتيريا في العينة ... فإذا زادت النتيجة عن 300 mg/L فهذا يعني ان هناك تلوث عضوي بالمياه (حمل الوبائي أو حمل عضوي) بمعنى انها مياه مجاري.

وتكون المياه صالحة للشرب اذا كانت قيمة BOD أقل من 1 mg/L (نشاط بكتيري ضعيف)

وتكون المياه صالحة للري وللحياه السمكية اذا كانت قيمة BOD = 4 - 7 mg/L

وتكون المياه صالحة للري فقط اذا كانت قيمة BOD أقل من 150 mg/L

تجربة العينة:

تؤخذ عينة من المياه ثم تخفف العينة بمياه مقطرة (بها اكسجين) ثم نقيس تركيز الاكسجين في الخليط ثم نحفظ الخليط 5 أيام في درجة حرارة 20 درجة مئوية ثم نقيس تركيز الاكسجين ، وبطرح الفرق نحصل على

كمية الاكسجين المستهلك أو الممتص بالملي جرام mg/L او ب PPM

وبضرب النتيجة في معامل التخفيف نحصل على قيمة الـ BOD

مثال: احسب BOD عند إضافة 15 mg مياه ملوثة إلى 300 مل مياه مقطرة إذا تحول الأكسجين الذائب من 10 إلى 4 mg/L بعد 5 أيام

الحل:

• BOD = (الأكسجين الذائب الأولى - الأكسجين الذائب بعد 5 أيام) X معامل التخفيف

معامل التخفيف = 20 = 15/300

• BOD = 20 X 6 = 120 mg/L







((لذلك تم الاتفاق على تسمية الفحص بـ **DBO5** الذي يبين كمية الطلب البيولوجي (الحيوي) للأوكسجين الممتص من البكتيريا لتحلل أو تهدم المواد العضوية الموجودة في المياه خلال 5 أيام، في درجة حرارة 20 C° وفي الظلام. )

#### الفكرة العلمية:

كمية الاكسجين المستهلك أو الممتص من قبل البكتيريا في العينة علميا هي تساوي كمية المواد العضوية التي لم تتحلل بعد ( لم تتأكسد بعد ) في العينة ، حيث ان زيادة كمية المواد العضوية عن 300 mg/L فهذا يعني ان هناك نشاط بكتيري /تلوث عضوي بالمياه (حمل وبائي) بمعنى انها مياه ملوثة.

## 2- فحص لكمية الأوكسجين اللازمة لأوكسدة المواد العضوية القابلة للأوكسدة كيميائياً ( COD ) أو DCO

هو فحص لكمية الأوكسجين اللازمة لأوكسدة المواد العضوية القابلة للأوكسدة كيميائياً

#### الفائدة منه :

نتيجته تبين كمية الأوكسجين الكلي اللازم لأوكسدة مختلف المواد المتواجدة في عينة المياه الملوثة ، سواءً كانت عضوية أو غير عضوية وذلك باضافة مواد كيميائية للعينة... فإذا زادت النتيجة عن 800 mg/L فهذا يعني ان هناك تلوث عضوي بالمياه (حمل وبائي) بمعنى انها مياه ملوثة.

فعلى سبيل المثال تستهلك بعض المركبات الكيميائية من الأوكسجين (مثل مركبات المبيدات الحشرية ) اكثر من الذي تستهلكه البكتيريا الهوائية عند قيامها بتحليل المواد العضوية.

وهذا يعني ان قيمة الطلب الكيميائي من الأوكسجين COD تفوق دائما قيمة الطلب الحيوي له BOD . (( يمكن ان يتأكسد بيولوجيا. ))

ملاحظة : تكون دائما قيمة COD أكبر من قيمة BOD."الضعف"

ملخص التجربة : تؤخذ عينة a من المياه الملوثة ثم يضاف عليها مواد كيميائية بمقادير معينة ثم يتم عمل تبخير وتكثيف لمدة ساعتين ثم يخفف الخليط بماء مقطر ثم تقاس كمية الاكسجين بالعينة. ثم تؤخذ عينة b من المياه المقطرة ويجري عليها نفس ما جرى للعينة الاولى ثم تقاس كمية الاكسجين بالعينة.

ثم نطبق المعادلة التالية لنحصل على قيمة الـ COD

$$\text{COD (mg/l)} = (a-b)(N) \times 8,000 / \text{sample size (ml)}$$

Where: a = ml (FAS) Fe(NH4)2(SO4)2 used for blank

b = ml (FAS) Fe(NH4)2(SO4)2 used for sample

N = normality of FAS titrant (Fe(NH4)2(SO4)2)

ml sample = the actual volume of sample used before dilution.

وتكون المياه صالحة للشرب اذا كانت قيمة COD أقل من 20 mg/L

وتكون المياه صالحة للري وللحياه السمكية اذا كانت قيمة COD = 40 - 80 mg/L

وتكون المياه صالحة للري فقط اذا كانت قيمة COD أقل من 200 mg/L

#### تجربة العينة:

ملخص :تؤخذ عينة من المياه ثم يضاف عليها مواد كيميائية :

دايكرومات (كرومات) البوتاسيوم K2Cr2O7 + حمض الكبريت H2SO4 الذي يحتوي على كبريتات الفضة Ag2SO4 (لتحفيز التفاعل) + وكبريتات الزنق لازالة تاثير الكلور (ان وجد)

ثم يتم عمل REFLUX (تبخير وتكثيف) لمدة ساعتين وبعدها تتفكك جميع المادة العضوية بالعينة .  
Organic matter + K2Cr2O7 + H2SO4 -----> CO2 +H2O +2 Cr 3+





ثم يتم تخفيف الخليط بماء مقطر وبعدها يتم معايرة الدايكرومات المتبقي في العينة مع ferrous ammonium sulfate (FAS) مع استخدام الفريون ferrouin ككاشف , أيون الحديد ferrous ion يتفاعل مع الدايكرومات كما هو موضح في المعادلة:



وتنتهي العملية بان يتحول اللون من أخضر مزرق blue green إلى بني محمر reddish brown

#### الأدوات المستخدمة

- مخبر مدرج سعة 50 سم<sup>3</sup> + ماصة 10 سم<sup>3</sup> بطرف واسع للعينة + ماصة 10 سم<sup>3</sup>  
كرات زجاج (مادة موزعة للحرارة) + Reflux كاس مخروطي 250 سم<sup>3</sup> مركب على فوهته مكثف +  
دورق عياري 1 لتر + -7 سخان كهربائي بضابط حراري منظم من 150-300 م° + سحاحة مدرجة  
50 سم<sup>3</sup> وحامل للسحاحة  
+ دورق مخروطي  
الكيموايات المستعملة  
محلول قياسي من ثنائي كرومات البوتاسيوم قوة 0,025 ع + محلول كبريتات الفضة في حامض الكبريتيك  
المركز + كاشف الفريون (Ferrion indicator So). + كبريتات الحديدوز النوشادري 0,25 عياري.  
خطوات التجربة
- \*1 قم بتجهيز الدوارق والمكثفات ووصلات مياه التبريد للمكثف.
  - \*2 ضع العينة في الدورق بواسطة ماصة واسعة الفوهة (وهي عادة حوالي 5سم<sup>3</sup> بعد رج زجاجة العينة جيداً).
  - \*3 اضع لدورق العينة بعض كرات الزجاج (لتوزيع الحرارة).
  - \*4 اضع 0,4 جرام كبريتات الزنبق، واستكمل حجم العينة حتى 15 سم<sup>3</sup> بالماء المقطر.
  - \*5 اضع بكل دقة 10 سم<sup>3</sup> من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم العياري.
  - \*6 اضع مقدار 30 سم<sup>3</sup> من خليط حامض الكبريتيك وكبريتات الفضة بواسطة استعمال المخبر على جدران الدورق من الداخل مع ملاحظة توجيه فوهة الدورق بعيداً عن ملابسك ووجهك، أى في الاتجاه المضاد. ويترك حتى يبرد.
  - \*7 يتم تركيب الدورق في المكثف وعلى سطح السخان الكهربائي، ولاحظ أن مياه التبريد تمر في المكثف.
  - \*8 ابدأ رفع درجة الحرارة الى 150 م°.
  - \*9 ابدأ بتجهيز "البلاك blank" الذى يشمل جميع الخطوات السابقة (الخطوات من 1-8). ماعدا وضع العينة (الخطوة رقم 2)
  - \*10 بعد مرور ساعة من الزمن على التسخين فى درجة حرارة 150 م° ارفع درجة الحرارة لمدة ساعة أخرى مع استمرار مراقبة عملية التبريد.
  - \*11 يقفل السخان وتترك الأجهزة لتبرد مع مراقبة استمرار سريان مياه التبريد.
  - \*12 بواسطة زجاجة الغسيل بالمياه المقطرة اغسل المكثف من أعلى لضمان مرور البخار من المكثف الى الدورق.
  - \*13 ترفع الدوارق برفق وتفصل عن المكثفات ويتم تبريدها ثم تكمل حتى يصل الحجم الى 140 سم<sup>3</sup> بالماء المقطر.
  - \*14 ابدأ بعملية المعايرة مع كبريتات الحديدوز النوشادرية القياسية، مع استخدام كاشف الفريون الذى يغير اللون من اللون الأصفر الى اللون البنى المحمر
- يتم إجراء نفس العملية على blank كما في السابق باستخدام ماء مقطر بدل العينة, والغرض من ذلك هو التعويض في حالة وجود مواد عضوية في المواد الكيميائية المستخدمة.  
ويمكن حساب تركيز ال COD من المعادلة التالية:





$$\text{COD (mg/l)} = (a-b)(N) \times 8,000 / \text{sample size (ml)}$$

Where:

a = ml (FAS)  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  used for blank

b = ml (FAS)  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  used for sample

N = normality of FAS titrant ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ )

ml sample = the actual volume of sample used before dilution.

### 3- فحص SS (Suspended Solid) (أو فحص المواد الصلبة العالقة الكلية TSS)

هو فحص تركيز المواد الصلبة العالقة في المياه

الفائدة منه :

نتيجته تبين مدى تركيز المواد الصلبة العالقة في المياه SS ، بحيث يكون هناك تلوث بالمياه اذا كانت قيمة SS اكبر او تساوي 360 أو 300 mg/L (مياه مجاري) "عادة تتساوى قيمة الـ BOD معها"  
وتكون المياه صالحة للشرب اذا كانت قيمة SS أقل من 25 mg/L  
وتكون المياه صالحة للري وللحياه السمكية اذا كانت قيمة SS 40 - 80 mg/L  
وتكون المياه صالحة للري فقط اذا كانت قيمة SS أقل من 100 mg/L

المواد الصلبة المنحلة = SS + DS (Dissolved Solid) المواد الصلبة الكلية TSS (Total SS)  
أو الذائبة

تجربة العينة:

تؤخذ العينة ويجرى لها تبخير باستخدام قمع (إمهوف) 60 ولمدة دقيقة  
فالمواد الصلبة الكلية هي كل المواد التي تبقى بعد التبخير بدرجة حرارة من 103 إلى 105 م°.  
اما عند درجة حرارة 550 (±) مئوية وباستخدام ورقة ترشيع مخبري 45 ميكرومتر تتبخر المواد الصلبة المنحلة DS وتتطاير وتبقى المواد الصلبة العالقة SS التي تقاس بالملي جرام.

### 4- فحوصات المواد الذائبة (الكيمياء التحليلية) :

فحص المواد الذائبة هو فحص

الامونيوم  $\text{NH}_4^+$  Ammonium والنيتريت  $\text{NO}_3^-$  Nitrate و النيترايت  $\text{NO}_2^-$  Nitrite  
الكلور  $\text{Cl}$  Chlorine و الفسفور الكلي T-P Phosphorus و الاكسجين المذاب  $\text{O}_2$  Oxygen  
Ph Power of Hydrogen و الكبريتات  $\text{SO}_4^-$  Sulphurs و النيتروجين  $\text{N}_2$  Nitrogen

المواد الذائبة	مياه صالحة للشرب أقل من - mg/L	مياه ملوثة (مجري) اكبر من - mg/L
الامونيوم $\text{NH}_4^+$ Ammonium	0.1	11
النيتريت $\text{NO}_3^-$ Nitrate	30	100
النيترايت $\text{NO}_2^-$ Nitrite	0.1	2
الكلور $\text{Cl}$ Chlorine	100	1000
الفسفور الكلي T-P Phosphorus	0.1	24
الاكسجين المذاب $\text{O}_2$ Oxygen	7	2
Ph Power of Hydrogen	7	11
الكبريتات $\text{SO}_4^-$ Sulphurs	200	400
النيتروجين $\text{N}_2$ Nitrogen	0.5	2





## الفصل الثاني - الطرق التحليلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية

### 1- درجة الحرارة Temperature

Zero degrees Celsius is equal to 32 degrees Fahrenheit.

°C (Celsius) 10 °C , 20 °C , 30° C

ان الحصول على قراءات دقيقة لدرجات الحرارة تساعد في اختيار نوعية وتحديد كفاءة عمليات المعالجة ودقة نتائج التحاليل المخبرية حيث تعتبر درجة الحرارة موضحة لدرجة التشبع بالاكسجين المذاب ومدى تركيز ثاني اكسيد الكربون في العينة ومؤشر على نمو بعض الطحالب ،

**طريقة الفحص :** استخدام ثرمومتر معاير و اغمره في العينة الى العمق الصحيح بحيث تغمر مستودع الزئبق وسجل درجة الحرارة الى اقرب جزء من الدرجة المئوية .

### درجة الحرارة وعلاقتها بالأكسجين المذاب في الماء

تؤثر الحرارة على زيادة وانخفاض النشاط البيولوجي للكائنات الحية بالماء:  
\* فعند زيادة درجة الحرارة (نهارة وخصوصا في الصيف) يزداد معدل تحلل المواد العضوية ويزداد معدل نمو واستهلاك الكائنات الحية للاكسجين ويسبب ذلك نقص الاكسجين المذاب في الماء.

\* وعند انخفاض درجة الحرارة (ليلاً أو في الشتاء) ينخفض معدل تحلل المواد العضوية فيزداد الاكسجين المذاب في الماء

\* كما انه عندما تزداد درجات الحرارة يقل تركيز الأكسجين في الماء. ويعود السبب في ذلك إلى الزيادة في سرعة جزيئات الأكسجين بسبب الارتفاع في درجات الحرارة وهذا ما يؤدي إلى زيادة احتمال تركها جزيئات الماء إلى الهواء.

\* اما زيادة الضغط الجوي فهو يقلل من عدد جزيئات الأكسجين التي تنتقل من الماء إلى الهواء.  
\* في درجة حرارة 15°C يصل تركيز الأوكسجين في الماء الى 0.7% , مقابل 21% في الهواء.  
\* ارتفاع درجة حرارة لأكبر من 30°C يقابلها زيادة في الملوحة (يزداد كلوريد الصوديوم و كربونات الكالسيوم وتتناقص ذوبانية الكبريتات ومحتوى الغازات في الماء).  
\* كثافة الماء العذب = 4°C وتتناقص بنقص درجة الحرارة لأن الجزيئات تتغير حسب حالة الماء الفيزيائية.  
\* تصنف درجة حرارة الماء اقل من 37°C باردة ودافئة.  
\* تصنف درجة حرارة الماء اكبر من 37°C ساخنة جدا.

### 2- العكارة Turbidity

الوحدة المستخدمة لقياس العكارة هي **Nephelometric Turbidity Units (NTU)** تعتمد طريقة القياس على مقارنة شدة الضوء المشتت من قبل العينة تحت ظروف معروفة مع شدة الضوء المشتت بالمحلول القياسي .

كلما كان تبيد الضوء اكبر ، كلما كانت العكارة اعلى .  
يتألف جهاز قياس العكارة من مصدر ضوئي ومكشاف كهربائي مع جهاز قراءة لبيّن شدة الضوء المبدد .  
يجب تحضير محاليل قياسية من الفورمازين مع معايرة الجهاز والتأكد من خلو الماء المقطر من العكارة (مع اتباع تعليمات المشغل المسجلة على كتيب التشغيل للجهاز) .  
بتحضير محلول قياسي واحد على الأقل في كل مدى مستخدم ثم بخلط العينة جيداً والانتظار قليلاً حتى تخرج فقاعات الهواء ، ثم يتم صبها في العبوة الخاصة وضعها في المكان المخصص ثم تسجل القراءة .





ان اختبار العكارة هو اختبار رئيسي للمياه وعكارة المياه عبارة عن جزيئات صغيرة صلبة او صمغية تشبه الدخان في الهواء مترسبة في الماء ، وسببها هو التلوث الناتجة عن اعمال البشر كالبناى والصناعة ومياه الصرف الصحي التي تؤدي الى مستويات عالية من الترسبات في الماء والتي تكون خطرة على الانسان وتسبب له امراض معوية حيث ان الترسبات تحمي الفيروسات والبكتيريا .

جودة المياه عند أقل من أو يساوي 10 NTU ، جودة متوسطة من 20 NTU الى 50 NTU رديئة من 60 NTU فما فوق

### 3- التوصيل الكهربى E.C. Electrical Conductivity

هي مقياس لقدرة المحلول المائى في اىصال التيار الكهربائى ، ترتبط توصيلية المياه بنسبة تركيز الاملاح المعدنية الذائبة فيه ، تسجل التوصيلية كما يلي : مللي سيمنز لكل متر (ms/m) او ميكرو سيمنز لكل سنتيمتر (µS/cm) (µS 1000=Ms)

طريقة الفحص : يتم القياس بواسطة جهاز التوصيلية الكهربىة عن طريق غمر قطب الجهاز في العينة بعد غسل القطب بماء مقطر ثم ماء من نفس العينة واخذ القراءة مباشرة من شاشة الجهاز وتسجيل قيمة التوصيلية الكهربىة عند درجة 25 درجة مئوية .

معايرة الجهاز : ولمعايرة الجهاز يتم تحضير محلول قياسي من كلوريد البوتاسيوم بوزن 745.6 مليجرام منه وادابته في لتر ماء حيث تكون التوصيلية الكهربىة له عند درجة حرارة 25 درجة مئوية 1412 مايكرو موز /سم (= مايكرو سيمنز / سم ) او استخدام المحاليل القياسية التي تورد مع الجهاز . هو مقياس للتوصيل الكهربائى للماء والتربة وذلك لمراقبة مستوى الأملاح الذائبة وخصوصا الصوديوم والماغنيسيوم والكالسيوم والكلوريد والكبريتات وثاني الكربونات.

هناك ملوحة في التربة و هناك ملوحة في الماء . ملوحة المياه هي الأهم على الإطلاق . كلا نوعى الملوحة يضر النبات . ملوحة التربة يمكن علاجها بغسيل التربة بالماء.

unit of the electrical conductivity :

وحدة قياس التوصيل الكهربى للسوائل ميللي سيمنز / سنتيمتر mS/cm

milliSiemens per centimetre (mS/cm)

ديسي سيمنز/ متر dS/m

deciSiemens per metre (dS/m)

ميللي ميو / سنتيمتر mmhos/cm

milli mhos per centimeter (mmhos/cm)

ميكرو سيمنز / سنتيمتر µS/cm

microSiemens per centimetre (µS/cm)

1 mS/cm = 1 dS/m = 1 mmhos/cm

1 mS/cm = 1 mmhos/cm = 1000 µS/cm

ppm or mg/L = 640 X mS/cm or dS/m or mmhos/cm

مستويات الملوحة في مياه الشرب:

مستوى الملوحة الجيد للانسان في مياه الشرب = تكون قيمة التوصيل الكهربى (EC) تساوى 2 mS/cm

مستويات الملوحة في التربة:

مستوى الملوحة في التربة الجيدة = تكون قيمة التوصيل الكهربى (EC) تساوى 2 mS/cm

مستوى الملوحة في التربة الملحية saline soil = تكون قيمة التوصيل الكهربى

تساوى 4 mS/cm

مستوى الملوحة في التربة الصودية الملحية saline sodic soil ذات توصيل كهربى (EC)

اكبر من 4 mS/cm





#### 4- اجمالي المواد المذابة أو الاملاح الذائبة الكلية TDS Total Dissolved Salts

وهي مجموع الايونات الموجبة والسالبة الموجوده بشكل ذائب في المياه  
تحسب قيمة الاملاح الذائبة من قيمة التوصيلية الكهربائية وذلك بضرب قيمة التوصيلية في الثابت 0.65.

وأيضاً يتم قياس الاملاح الكلية الذائبة بطريقة التحليل الوزني عملياً باتباع الخطوات التالية :-

تغسل جفنتا خزفية جيداً بالماء المقطر ثم تجفف في الفرن عند (180C°) ثم توضع في مجفف لامتنصاص الرطوبة حتى تبرد ثم توزن باستعمال ميزان حساس ويسجل وزنها A (جرام)  
يتم ترشيح العينة اذا كانت تحتوي على عوالق ويوضع حجم منها (بعد خلطها جيداً) في الجفنتا ثم توضع في الفرن عند درجة حرارة (180C°) وبعد ان تجف توضع في مجفف لامتنصاص الرطوبة حتى تبرد .  
توزن الجفنة بعد التجفيف ويسجل وزنها B (جرام )  
يتم اجراء الحسابات باستخدام القانون التالي :

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{(B-A) \times 10^6}{\text{Sample volume (ml)}}$$

كما يعرف بأنة اجمالي المواد الذائبة في اى سائل سواء كانت هذه المواد عضوية او لا عضوية أو كانت هذه المواد جزئية أو أيونية. المهم انه كلما انخفضت قيمة الـ TDS يكون ذلك دليل على نقاوة المياه .

\* يحتوي الماء على المواد الذائبة التالية : بوتاسيوم - كبريتات (كبريتات الكالسيوم) - سلفات - كلوريدات (كلوريد الصوديوم) - كالسيوم - ماغنيسيوم بيكربونات - نترات - صوديوم ( ايضاً كربونات فوسفات حديد منجنيز وبعض المعادن و الغازات و مواد مترسبة أخرى)

\* وحدة قياس المواد الذائبة هي مل جرام/ لتر (Mg/L) أو جزء في المليون (ppm) او ميلي مهو /سنتمتر mmhos/cm

$$1 \text{ mg/L} = 1 \text{ ppm} = 640 \text{ mmhos/cm}$$

الماء	نسبة المواد الذائبة (قيمة الـ TDS) بـ مل جرام/ لتر	Mg/L	or ppm
الماء المقطر	0	Mg/L	or ppm
مياه البحار	34000	Mg/L	or ppm
البحر الميت	160000	Mg/L	or ppm
المياه المعدنية	50 - 800	Mg/L	or ppm
مياه منخفضة المواد المذابة - جدا (مياه جيدة)	0 - 50	Mg/L	or ppm
مياه منخفضة المواد المذابة (مياه جيدة)	50 - 250	Mg/L	or ppm
مياه متوسطة المواد المذابة	250 - 800	Mg/L	or ppm
مياه مرتفعة المواد المذابة	<1500	Mg/L	or ppm
مياه مرتفعة جدا المواد المذابة	>1500	Mg/L	or ppm
ماء معدني قليل المحتوى	800 - 1500	Mg/L	or ppm
ماء معدني عالي المحتوى	>1500	Mg/L	or ppm







## 5- الاس الهيدروجيني PH (power of hydrogen)

يستخدم قياس PH للدلالة على درجة القاعدية او الحمضية لمحلول معين حيث تعبر قيمة PH على النشاط الهيدروجيني الايوني ، تكون المياه النقية قليلة التأين وعند الاتزان بين الايونات الموجبة والسالبة .

- ان قياس PH مهم في معالجة مياه الشرب لانه يؤثر على كفاءة عمليات المعالجة كالكلورة ، التخثر ، ازالة العسرة ، التآكل .

- يتراوح مقياس PH من صفر الى 14 ، تتراوح القيم اقل من 7 حامضية واكثر من 7 قاعدية .
- تقل قيمة PH كلما زاد تركيز ثاني اكسيد الكربون وتزيد كلما زاد تركيز البيكربونات .

طريقة الفحص :

- يتم بواسطة استخدام مقياس لاس الهيدروجيني مجهز بضابط تعويض ( قطب مرجعي ) درجة الحرارة المعيارية .
- يغمر القطب في محلول العينة مع التحريك ببطء ويقرأ الاس الهيدروجيني ويجب تحليل العينات بأسرع وقت ممكن .
- طريقة معايرة الجهاز : يتم معايرة القطب الزجاجي باستخدام ثلاثة محاليل قياسية ( PH10. PH4 . PH7) بحيث يغمر القطب في المحلول القياسي ويضبط المقياس لقراءة PH4 للمحلول القياسي ثم يزال القطب ويشطف بالماء المقطر ويغمر في المحلول القياسي PH.7 ثم يشطف القطب بالماء المقطر ويغمر في المحلول القياسي PH.10. ويضبط المقياس لقراءة PH في كل حالة .

ملخص : يعرف بأنه كمية ايونات الهيدروجين المذاب في الماء و يتراوح من (0 إلى 14) ويرمز له بالرمز pH ... فالأس الهيدروجيني هو درجة الحموضة أو القوة الهيدروجينية

حيث تعتبر السوائل ذات درجة حموضة أقل من 7 أحماضاً Acidity (مضر بالجسم)

وتعتبر السوائل ذات درجة حموضة أعلى من 7 محلولاً قلويًا أو قواعد. Alkalinity (مفيد للجسم لأنه غني بالأكسجين) ، المياه القلوية تعالج انتفاخ المعدة وضغط الدم والسكر والخلايا السرطانية ، وتعمل على التخلص من الرواسب كالرمل والحصى ومعالجة الوزن الزائد عن طريق تنظيم الغدد. أما درجة الحموضة 7 فهي تعتبر متعادلة وهي تساوي حموضة الماء النقي عند درجة حرارة 25 مئوية. مثال :

H2O رمز جزيء الماء

- $pH < 7$  محلول مائي "حمضي" وتكون  $cOH > cH3O+$
- $pH = 7$  محلول مائي متعادل ؛  $cOH = cH3O+$  وهي صفة الماء النقي ،
- $pH > 7$  محلول مائي قلوي وتكون  $cOH < cH3O+$

Rating	pH Range
High Acidity	< 6.5
Moderate Acidity	6.5 - 7.0
Moderate Alkalinity	7.0 - 8.5
High Alkalinity	> 8.5

تأثير قيمة ال PH على نمو النبات:

عندما تكون التربة متعادلة  $pH = 7$  فإن ذلك مفيد للنبات.

في التربة القلوية تزيد فيها أيونات النيتريت  $NO3^-$  Nitrate التي توفر النيتروجين الذي يحتاجه النبات للنمو.

في التربة الحمضية تزيد فيها أيونات الأمونيوم  $NH4^+$  التي توفر النيتروجين الذي يحتاجه النبات للنمو. والنبات يحتاج الاثنين معاً للنمو السليم ولذلك يستخدم نيتريت الأمونيوم ( $NH4NO3$ ) في السماد الصناعي حيث يوجد فيه نوعي أيونات الأمونيوم والنيتريت.





### علاقة الرقم الهيدروجيني وأنواع التربة (حمضية / قاعدية)

أنواع التربة (حمضية أو قاعدية)	مدى الرقم الهيدروجيني pH
تربة حمضية موجودة فقط في المناطق المطيرة.	6.5 – 4.5
تربة جيرية غير قلوية، وهي شائعة في بلادنا كالتربة الجبلية البنية أو الحمراء.	8.4 – 6.5
تربة قلوية وهي تربة المناطق الجافة المروية ذات المنسوب المرتفع من المياه الأرضية، وتكون داكنة أو سوداء اللون كما هو الحال في بعض ترب جنوب العراق ودلتا النيل.	أكثر من 8.4

## 6- الملوحة Salinity

الملوحة هو مصطلح عام يستخدم لوصف مستويات الأملاح المختلفة مثل: كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)، وسلفات الماغنيسيوم، وكبريتات الكالسيوم، وثنائي الكربونات وكلها موجودة بالماء والتربة وزيادة نسبتها تؤدي للملوحة.

### 1- ملوحة ماء الشرب Water salinity هو ارتفاع مستوى الملح الذائب في الماء.

مستويات الملوحة في مياه الشرب:

مستوى الملوحة الجيد للإنسان في مياه الشرب  $\text{salinity} = 500 \text{ PPM}$  أو  $0.500 \text{ Ppt}$

إلى  $1000 \text{ PPM}$  أو  $1 \text{ Ppt}$

ملاحظة: هناك تقارب دائما بينها وبين قيمة ال TDS

### 2- ملوحة التربة Soil salinity هو ارتفاع مستوى الملح في التربة وعندما ترتفع ملوحة التربة ترتفع الآثار السلبية للملح التي يمكن أن يؤدي إلى تدهور التربة والنباتات مستويات الملوحة في التربة:

مستوى الملوحة الجيد للنبات في مياه الري  $\text{salinity} = 450 \text{ PPM}$  أو  $0.450 \text{ Ppt}$

مستوى الملوحة المتوسط للنبات في مياه الري  $\text{salinity} = 2000 \text{ PPM}$  أو  $2 \text{ Ppt}$

مستوى الملوحة العالي للنبات في مياه الري  $\text{salinity} = 2000 \text{ PPM}$  أو  $2 \text{ Ppt}$

### أسباب تملح التربة

- 1- إضافة الأسمدة في مياه الري.
- 2- السدود تؤدي إلى زيادة تركيز الملح في المياه الجوفية.
- 3- ارتفاع مستوى المياه الجوفية المالحة.
- 4- إزالة الأشجار بغرض الزراعة مما يسمح بدخول المزيد من مياه الأمطار لطبقة المياه الجوفية وهو السبب الرئيسي للملوحة في الأراضي الجافة.
- 5- الأمطار الطبيعية تحتوي على بعض الأملاح المنحلة ولأن النباتات تستهلك المياه وكمية قليلة جدا من الأملاح المعدنية، فإن كمية كبيرة من الأملاح في التربة تبدأ بالتراكم. وبسبب ملوحة التربة يصبح من الصعب على النباتات امتصاص المياه، ويجب إبعاد هذه الأملاح عن جذور النباتات من خلال إضافة كمية أكبر من المياه.

### الآثار السلبية لملوحة التربة

- 1- آثار ضارة على نمو النبات والمحاصيل.
- 2- تلحق الأضرار بالبنية التحتية (الطرق، والأبنية، وتآكل الأنابيب والكابلات)
- 3- انخفاض جودة المياه بالنسبة لمستخدميها، ومشاكل بالترسيب.
- 4- تعرية التربة في نهاية المطاف، عندما تكون المحاصيل قد تأثرت بشدة من كميات من الأملاح.





## 7- امكانية الاكسدة والاختزال ORP Oxidation-Reduction Potential

ORP هو تحليل يوضح مدى عملية الاكسدة والاختزال في الوسط المائي حيث ان هذه العملية تؤدي الى تآكل بعض العناصر الموجودة بالماء مما قد يدمر اجهزة تنقية المياه العادمة واجهزة تحلية المياه المالحة عند دخول هذه المياه اليها ، حيث ان تحليل ORP يكشف عن الجهد الكهربائي في الوسط المائي فوحدة قياس ال ORP هي الملي فولت (mV) ... كما ان تحليل ORP يفيد في تشخيص الحالة التشغيلية ويحدد نوع الحماية المطلوبة للتخلص من ظاهرة التآكل. (في بعض الاحيان يكون ORP جهاز مستقل يعمل على التحليل بإعطاء اشعار بالتآكل و بوجود الكلور ثم تلقائياً يضبط عملية التأين).

ايضاً ORP هو تحليل يوضح مدى جودة المياه :

\* قياس ORP للمياه الجيدة للشرب تكون : MV 650 الى MV 700 فهذا القياس يؤكد ان البكتيريا الرئيسية المسببة للأمراض لا يمكن ان تعيش في هذا الوسط اكثر من 30 ثانية أو أقل كبكتيريا السالمونيلا salmonella وبكتيريا spoilage وبكتيريا كولاي E.coli وبعض الخمائر.

\* قياس ORP للمياه الملوثة بالبكتيريا تكون: اقل من MV 485 وهذا القياس يؤكد ان البكتيريا تعيش في هذا الوسط اكثر من 48 ساعة .

\* اما قياس ORP للمياه المالحة تكون : MV340 الى MV400

\* الأكسدة هي عملية فقدان للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها زيادة في الشحنة الموجبة أو نقصان في الشحنة السالبة.

\* الاختزال هي عملية اكتساب للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها نقصان في الشحنة الموجبة أو زيادة في الشحنة السالبة.

مثال عن الاكسدة والاختزال :

بطارية السيارة تتكون من لوحين لوح رصاص ولوح من أكسيد الرصاص ، يوجد اللوحان في محلول حامض الكبريتيك تعمل البطارية باختزال لوح أكسيد الرصاص وفي نفس الوقت يتأكسد لوح الرصاص. تستمر البطارية تعمل بهذا الشكل حتي " تفرغ" عندما يكون كل الرصاص قد تأكسد وكل أكسيد الرصاص قد اختزل. عندئذ تلزم إعادة شحن البطارية. ونقوم بذلك بتوصيل قطبي البطارية بمصدر كهربائي خارجي ، أي إمدادها بطاقة من الخارج. تعمل تلك الطاقة الكهربائية على عكس التفاعل الذي تم عند تفريغ البطارية ، فيتأكسد لوح الرصاص إلى أكسيد الرصاص كما كان في الأصل ، ويختزل لوح أكسيد الرصاص ليصبح رصاصاً نقياً كما كان عند شراء البطارية. بعد شحن البطارية يمكن للبطارية أن تقوم بوظيفتها من جديد وتمدنا بالتيار الكهربائي.

## 8- الاكسجين الذائب (Dissolved Oxygen (DO

### أو تشبع الاكسجين Oxygen saturation

تشبع الأكسجين أو الأكسجين المذاب هو عبارة عن مقياس نسبي لكمية الأكسجين المذابة أو المحمولة في وسط معين حيث تعرف جودة المياه ومدى صلاحيتها عن طريق تحديد تركيز الأكسجين المذاب فيها .

$$1 \text{ mg/L} = 1 \text{ ppm} = 640 \text{ mmhos/cm}$$

فحص الاكسجين المذاب في الماء له نوعين :

### 1 - فحص الاحتياج الحيوي للأوكسجين (BOD) Biological Oxygen Demand

وهو فحص لكمية الأوكسجين المذاب الذي يحتاجه الانسان وكذلك ما تحتاجه الكائنات الحية والاحياء الدقيقة للتنفس في الماء .







\*مستوى غاز الاكسجين المذاب BOD الجيد للإنسان في مياه الشرب = 0.7 – 1.5 ppm  
الافضل ان تكون قيمة ال BOD أقل من 1 لتكون المياه صالحة للشرب

\*مستوى غاز الاكسجين المذاب BOD للمصادر المائية الخاصة بالري النقي (او للشرب بعد تصفيتها) =  
1 – 3 ppm

\*مستوى غاز الاكسجين المذاب BOD الاقل من 7 ppm واكثر من 4 ppm معدلا مناسباً للري  
والاستحمام والحياه السمكية ، الافضل ( 5-6 ملليجرام أكسجين/ لتر ماء ( 5-6 PPM )  
اقصى حد للري ان تكون قيمة ال BOD أقل من 150 لتكون المياه صالحة للري فقط

يكون هناك تلوث عضوي (مياه مجاري) عندما يكون ال BOD = 300 mg/L

2- فحص الاحتياج الكيماوي للأوكسجين Chemical Oxygen Demand ( COD )  
وهذا الفحص يحدد كمية الأوكسجين اللازمة لإتمام الأكسدة الكيماوية للمواد القابلة على التأكسد الكيماوي في  
المياه. وهي الحديد والنحاس والمنجنيز والنيتروجين والكبريت .

\* يحتوى الهواء على 21% أكسجين، ونتيجة لعملية التمثيل الضوئي (سقوط الشمس) ينطلق الاكسجين  
ليذوب بالماء وبذلك فان كمية الأكسجين المذابة في التربة أو المسطحات المائية يسمى بالأكسجة البيئية ،  
حيث ان تلوث المياه بالفسفور ومركبات النيتروجين (زبل حظائر الأبقار والدواجن والمجاري وجيف  
الحيوانات) يؤدي الى تكاثر البكتيريا (المحلات الهوائية) اكثر من المعتاد فتستهلك كامل الاكسجين فتموت  
الاسماك ثم تموت المحلات الهوائية نفسها وتحل محلها محلات لا هوائية فتنتج غاز الميثان  $CH_4$  ذو  
الرائحة الكريهة وكذلك تنتج غاز كبريتات الهيدروجين  $H_2S$  فتصبح المياه غير صالحة للاستعمال (ملوثة).  
ولحل هذا التلوث علينا تقليل وفصل الفسفور ومركبات النيتروجين من الماء.

أنواع المياه : مياه سطحية Surface Water و مياه مالحة Salt Water  
ومياه عذبة Fresh Water ومياه جوفية Ground Water

\*عسورة الماء Hard Water : هي مجموع ايونات الكالسيوم  $(Ca^{++})$  وايونات المغنيسيوم  $(Mg^{++})$   
في الماء .كلما كان تركيز احد هذه الايونات أو كلاهما مرتفعاً كان الماء "عسراً" أكثر. وهذه المياه تؤدي  
إلى تراكم الكلس في الأنابيب والصابون لا يكون فعالاً فيها بالإضافة الى ان درجة حموضة عالية نسبياً ،  
والسبب هو ان مياه الأمطار تذيب الكلس الموجود في الصخور الجيرية.

## 9- القلوية والقلوية الكلية

القلوية ناتجة عن وجود ايونات البيكربونات والكربونات والهيدروكسيد لمعادن الكالسيوم والمغنيسيوم  
وتنتج البيكربونات في المياه عن طريق ادخال ثاني اكسيد الكربون في المياه والذي بدوره يذيب مركبات  
الكربونات التي تحتوي على معادن .

القلوية الكلية =  $(OH) + (CO_3^{2-}) + (HCO_3^-)$

## طريقة الفحص :

طريقة المعايرة باستخدام دليل الفينول فتالين ودليل برومو كريزول الاخضر ( او دليل الميثيل البرتقالي )  
ومحلول عياري من حمض الكبريتيك او حمض الهيدروكلوريك عيارية  $0.02=N$   
واتباع الخطوات التالية :

- 1- املاء السحاحة بمحلول حامض الكبريتيك او الهيدروكلوريك .
- 2- ضع حجم عينة يتناسب وتركيز القاعدية في ورق مخروطي .
- 3- اضع قطرة من دليل الفينول فتالين لورق العينة .





- إذا تحولت الى اللون الوردي فان ذلك يشير الى وجود الكربونات او الهيدروكسيد وباشر بالخطوة رقم 5 اما اذا بقيت العينة عديمة اللون فإن الماء يحتوي على بيكربونات فقط وفي هذه الحالة باشر بالخطوة رقم 8 .
- 4- ابدأ المعايرة بإضافة حمض الكبريتيك تدريجياً من السحاحة مع تحريك الدورق باستمرار حتى يختفي اللون الوردي .
- 5- احسب حجم الحامض بأخذ قراءة المستوى الجديد للسحاحة في اسفل السطح الهلالي .
- 6 -احسب قلوية الفينول فتالين P بالمليجرام / لتر كربونات كالسيوم بواسطة ضرب النتيجة التي تم الحصول عليها \* المعامل المناسب .

$$\text{Ph 0 ALK} = \frac{N \cdot 50 \cdot 1000 \cdot \text{ml titration with ph.ph}}{\text{Sample volume (ml)}}$$

### 1- لايجاد القلوية الكلية :

- اصف ثلاث قطرات من دليل برومو كريزل الاخضر او الميثيل البرتقالي .
- عاير المحلول باستخدام حمض الكبريتيك بوضع قطرات تدريجياً حتى يتحول اللون
- قم بقراءة السحاحة واحسب الحجم الكلي للحمض المستخدم في كلا من معايرة الفينول فتالين ومعايرة بروموكريزل الاخضر .

### 2- النتيجة تعبر عن القلوية الكلية T

$$\text{T0ALK} = \frac{N \cdot 50 \cdot 1000 \cdot (\text{ml titration with ph.ph} + \text{BCG})}{\text{Sample volume (ml)}}$$

### 3- استخدام الجدول التالي لتحديد تراكيز الشقوق :

البيكربونات	الكربونات	الهيدروكسيد	الوضع لقيمة P
T	صفر	صفر	P = صفر
T-2P	2P	صفر	P < 1/2 T
صفر	2P	صفر	P = 1/2 T
صفر	2(T-2P)	2P- T	P > 1/2 T
صفر	صفر	T	P=T

P = قلوية الفينول فتالين

T = القلوية الكلية

جميع القيم بالمليجرام / لتر كربونات الكالسيوم

ولايجاد تراكيزها كشقوق يتم الضرب في حالة الهيدروكسيد بمعامل 0.17 وفي حالة الكربونات بمعامل

0.60 وفي حالة البيكربونات بمعامل 1.22





## 10- العسر الكلي

يعرف العسر الكلي بأنه مجموع ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل كربونات الكالسيوم في الجزء في المليون ، كما يعتبر عسر الماء مقياس لقابلية كفاءة ذوبان الصابون في المياه الطبيعية .

جدول يوضح معدلات عسر الماء في المياه :

تصنيف معدلات عسر الماء	مدى التركيز (ملجم / لتر )
ماء يسر	صفر – 17.1
عسر قليل	60-17.1
عسر متوسط	120-60
عسرة	180-120
عسرة جداً	اكبر من 180

المواد المستخدمة وطرق تحضيرها :

1- EDTA – Na بتركيز 0.01 M و يحضر من اذابة 3.723 gm من Na<sub>2</sub> EDTA في قليل من الماء المقطر ويخفف الى اللتر ويحفظ في قناتي بلاستيكية محكمة السد .

2 – محلول منظم (NH<sub>4</sub>OH + NH<sub>4</sub>CL PH = 10) بأخذ 143ml NH<sub>4</sub>OH و 16.9gm NH<sub>4</sub>CL مع Mg Salt of EDTA 1025gm واذابته مع بعض واكمل الحجم الى 250ml

3- دليل ال EBT ويحضر عن طريق خلط 0.5 جرام من صبغة EBT مع 100 جرام من كلوريد الصوديوم ويخلطان جيداً .

طريقة تحليل العسر الكلي :-

- املاء السحاحة بمحلول EDTA
- ضع حجم مناسب من العينة في دورق مخروطي
- اضع 2 مل من المحلول المنظم Buffer Solutions (PH 10)
- اضع كمية بسيطة من دليل ال EBT
- عاير بواسطة ال EDTA ، لحين تحول اللون البنفسجي الى اللون الازرق وسجل القراءة
- احسب تركيز العسر الكلي بالمليجرام / لتر على هيئة كربونات الكالسيوم كالتالي :

$$\text{TH as CaCO}_3 = \frac{M(\text{EDTA}) * 100 * 1000 * \text{ml titration}}{\text{Sample volume (ml)}}$$

## 11- الكالسيوم

المواد المستخدمة وطرق تحضيرها :

1- EDTA – Na بتركيز 0.01M و يحضر من اذابة 3.723 gm من Na<sub>2</sub> EDTA في قليل من الماء المقطر ويخفف الى اللتر ويحفظ في قناتي بلاستيكية محكمة السد .

2- محلول هيدروكسيد صوديوم بتركيز NaOH 1N يحضر من اذابة 40 GM من NaOH في قليل من الماء المقطر ويخفف الى اللتر .

3- دليل الميروكسيد Murrexide عن طريق خلط 0.2 جرام من صبغة الميروكسيد مع 100 جرام من كلوريد الصوديوم ويخلطان خطأ جيداً

طريقة تحليل الكالسيوم :

- املا السحاحة بمحلول ال EDTA
- ضع حجم العينة المناسب في دورق مخروطي
- اضع 2 ملييلتر من محلول هيدروكسيد الصوديوم لرفع الاس الهيدروجيني
- اضع كمية بسيطة من دليل Murrexide
- عاير بواسطة ال EDTA لحين تحول اللون الوردي الى اللون الازرق وسجل القراءة
- احسب تركيز الكالسيوم بالمليجرام / لتر كالتالي :

$$\text{Ca} = \frac{M(\text{EDTA}) * 40.08 * 1000 * \text{ml titration}}{\text{Sample volume (ml)}}$$







## 12- الماغنيسيوم

يتم تقديره حسابياً من قيم كلاً من العسر الكلي والكالسيوم باستخدام القانون التالي :

$$\text{Mg (mg/L)} = \frac{\text{TH} - (\text{Ca} \times 2.5)}{4.11}$$

## 13- الكلورايد

المواد المستخدمة وطرق تحضيرها :

- 1- محلول نترات الفضة بتركيز 0.0141 عياري ويحضر من اذابة 2.395mg من نترات الفضة AgNO3 في قليل من الماء المقطر ثم يكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر ويحفظ في قناتي زجاجية غامقة اللون .
- 2- دليل كرومات البوتاسيوم ويحضر كالتالي :
  - اذابة 5 جرام من كرومات البوتاسيوم في كمية بسيطة من الماء المقطر
  - اضافة قطرات من نترات الفضة حتى يظهر راسب احمر
  - يترك المحول لمدة لا تقل عن 12 ساعة
  - يرشح المحلول ويأخذ الرشيع ويكمل حتى 100 مليلتر بماء مقطر .

طريقة تحليل الكلورايد :

1. املا السحاحة بمحلول نترات الفضة .
2. ضع حجم العينة المناسب في ورق مخروطي
3. ضع 5-6 قطرات من دليل كرومات البوتاسيوم
4. عاير بواسطة نترات الفضة لحين تحول اللون الى اللون الاحمر الطوبي
5. احسب تركيز الكلورايد كالتالي :

$$\text{Cl} = \frac{\text{N(AgNO}_3\text{)} \times 35.45 \times 1000 \times \text{ml Titration}}{\text{Sample volume (ml)}}$$

## 14- النترات

معالجة العينات :

- لمنع أي تغير في اوزان النتروجين فان قياس النترات يجب ان يبدأ مباشرة بعد اخذ العينات
  - اذا تعذر التحليل الفوري تحفظ بحامض الكبريتيك المركز وينزل الاس الهيدروجيني الى اقل من 2 في عبوات بولي ايثيلين او زجاج وتحفظ عند درجة 4 مئوية حيث يمكن الاحتفاظ بها لمدة 48 ساعة .
- الاجهزة والمواد المستخدمة وطرق تحضيرها :
- 1- جهاز الطيف الضوئي مع الخلايا الخاصة بالقياس .
  - 2- محلول نترات ذو التركيز 1000 ملجم / لتر ويحضر باذابة 7.214 جرام من نترات البوتاسيوم في لتر من الماء المقطر .
  - 3- محاليل مختلفة التركيز من النترات وتحضر من محلول نترات ذو التركيز 1000 ملجم / لتر حسب المدى المتوقع لتركيز النترات في العينة .
  - 4- ورق رسم بياني .





### طريقة التحليل :

- 1- نأخذ 50 مل من العينة بحيث تكون نظيفة وصافية او ترشيحها عند الضرورة .
- 2- نقوم بتحضير بلاتك ومحاليل قياسية من نترات البوتاسيوم كالنتروجين لكل لتر ونقوم بمعايرة جهاز الطيف الضوئي .
- 3- نضيف 1 مل من محلول الهيدروكلوريك عيارية (1N) الى العينة والمحاليل القياسية ونمزجها جيداً
- 4- نقوم بعملية قياس الامتصاص للمحاليل العيارية .
- 5- نقوم برسم علاقة بيانية بين الامتصاص والتركيز للمحاليل القياسية(منحنى التعيير القياسي) .
- 6- نقوم بقياس الامتصاص للعينة واسقاط قسمة الامتصاص على الرسم البياني للحصول على تركيز النترات في العينة .
- 7- نضرب النتيجة في 4.43 لنحصل على النتيجة كنترات .
- 8- نقوم بعمل تخفيف للعينة اذا زادت القراءة عن اعلى تركيز للمحلول القياسي الذي تمت معايرة الجهاز عليه .

### 15- الكبريتات

معالجة العينات : يوصى بتبريد العينات عند 4 درجات مئوية و تخزينها لمدة لا تزيد عن 7 ايام لان هذا سيقفل من احتمالية اختزال الكبريتات الى كبريتيد بفعل البكتيريا .

### الاجهزه والمواد المستخدمة وطرق تحضيرها :

- 1- جهاز الطيف الضوئي مع الخلايا الخاصة بالقياس .
- 2- المحلول المنظم أ :- نذيب 30 جرام من كلوريد المغنيسيوم ، 5 جرام من خلات الصوديوم ، 1 جرام من نترات البوتاسيوم ، 20 مل من 99% حامض الخليك في 500 مل من الماء المقطر ونكملها الى اللتر .
- 3- المحلول المنظم ب:- يستخدم ها المحلول في حالة كون تركيز الكبريتات اقل من 10 ملليجرام / لتر . يحضر المحلول من كل المواد الكيميائية الموضحة في تحضير المحلول المنظم أ ونضيف 0.111 جرام من كبريتات الصوديوم ويكمل الى اللتر .
- 4- بلورات كلوريد الباريوم من 20-30 ميس ( قطع بلورية صغيرة ) .
- 5- محلول الكبريتات القياسي الاصلي : نذيب 0.1479 جرام من كبريتات الصوديوم اللامائية من ماء مقطر ونكملها الى اللتر . تركيز هذا المحلول هو 100 ملليجرام / لتر كبريتات ونحفظ المحلول القياسي على درجة حرارة 4 مئوية .
- 6- محاليل مختلفة التركيز من الكبريتات وتحضر من محلول الكبريتات ذو التركيز 100 ملجم / لتر حسب المدى المتوقع لتركيز الكبريتات في العينة .
- 7- ورق رسم بياني .
- 8- جهاز الخلاط المغناطيسي .

### طريقة التحليل :

- 1- نأخذ 100 مل من العينة بواسطة مخبر مدرج ونضعها في دورق سعة 250 مل واذا كان التركيز المتوقع اعلى من 40 ملليجرام / لتر نقوم بتخفيف العينة .
- 2- نقوم بتحضير بلاتك ومحاليل قياسية للكبريتات .
- 3- نضيف 20 مل من المحلول المنظم لكلا من العينة والمحاليل القياسية .
- 4- نضع قصب تحريك في العينة ونضعها على الخلاط المغناطيسي موحد السرعة يكون موجد للمحاليل القياسية والعينات .
- 5- خلال التحريك نضيف ملعقة قياس واحدة مملوءة من بلورات كلوريد الباريوم و نبدأ بأحتساب الوقت فوراً .
- 6- نحرك لمدة دقيقة واحدة بالضبط بسرعة ثابتة .





- 7- نسكب المحلول في خلية القياس ونضع الخلية في جهاز الطيف الضوئي .  
8- نسجل القراءة بعد السماح للعينة بأن تستقر لمدة 5+0.5 دقيقة .

- 9- نقوم بإعداد منحني بياني للمحالييل القياسية بين التركيز ويكون على المحور س ونسبة النفاذية على المحور ص .  
10- نقوم بقياس النفاذية للعينة واسقاط قيمة النفاذية على الرسم البياني للحصول على تركيز الكبريتات في العينة .  
11- نقوم بعمل تخفيف للعينة اذا زادت القراءة عن اعلى تركيز للمحلول القياسي الذي تمت معايرة الجهاز عليه .

ملاحظة :- بعض المختبرات تستخدم اجهزة الطيف المبرمجة والتي تنتجها بعض الشركات مثل HACH. Dr.lange ، WTW وبعض الشركات الاخرى وفي هذه الحالة يجب استخدام الكواشف التي تنتجها هذه الشركات واتباع خطوات التحليل المذكورة في كتاب التشغيل المرفق مع الجهاز .

## 16- الفلورايد

### معالجة العينات :

- عموماً يتم استخدام عبوات بلاستيك بولي ايثيلين لجمع وخرن العينات لتحليل الفلور مع الحرص على عدم السماح لحصول تبخر على فتره طويلة .
- عبوات الزجاج او البايركس يجب تجنبها ولكن يمكن استخدامها بعد التأكد من عدم وجود قيم اس هيدروجيني منخفضة وان تكون العبوات قد تم تنظيفها وان لا تكون في السابق على تماس مع محاليل تحتوي تراكيز عالية من الفلور .

### الطرق التحليلية :

- طريقة القطب الاختياري الايوني .
- طريقة جهاز الفصل الايوني .
- طريقة جهاز الطيف الضوئي .

### الاجهزه والمواد المستخدمة وطرق تحضيرها :

- 1- جهاز الطيف الضوئي مع الخلايا الخاصة بالقياس
- 2- محلول فلورايد بتركيز 100 ملجم / لتر ويحضر بإذابة 0.2120 جرام من فلوريد الصوديوم في 100 مل ماء مقطر .
- 3- محاليل مختلفة التركيز من الفلورايد وتحضر من محلول الفلورايد ذو التركيز 100 ملجم / لتر حسب المدى المتوقع لتركيز الفلورايد في العينة .
- 4- محلول سبا دنس SPADNS ويحضر بإذابة 0.958 جرام من صبغة سبا دنس في 500 مل ماء مقطر .
- 5- محلول Zirconyl acid وتحضر بإذابة 0.133 جرام من Zirconyl chloride octa hydrate في 25 ملييلتر ويضاف اليها 500 ملييلتر من حمض الهيدروكلوريك ثم تكمل حتى 1 لتر بماء مقطر .
- 6- محلول Sodium Arsenate وتحضر بإذابة 5 جرام من Sodium Arsenate في 1 لتر ماء مقطر .
- 7- ورقة رسم بياني .







### طريقة التحليل :

- (1) نأخذ 100 مل من العينة بواسطة مخبار مدرج ونضعها في ورق سعة 250 مل .
- (2) نقوم بتحضير محلول blank ومحاليل قياسية للفلورايد .
- (3) نضيف 5 مل من محلول سبا دنس لكلا من العينة والبلانك والمحاليل القياسية .
- (4) نضيف 5 مل من محلول Zirconyl acid لكلا من العينة والبلانك والمحاليل القياسية .
- (5) اذا كانت العينة تحتوي على متبقى الكلور فيتم اضافة قطرة من محلول Sodium Arsenate
- (6) نسكب المحلول في خلية القياس ونضع الخلية في جهاز الطيف الضوئي .
- (7) نسجل القراءة بعد السماح للعينة بأن تستقر .
- (8) نقوم بأعداد منحني بياني للمحاليل القياسية بين التركيز ويكون على المحور س والامتصاص على المحور ص . ( منحنى التعبير القياسي .
- (9) نقوم بقياس الامتصاص للعينة واسقاط قيمة على الرسم البياني للحصول على تركيز الكبريتات في العينة .
- (10) نقوم بعمل تخفيف للعينة اذا زادت القراءة عن اعلى تركيز للمحلول القياسي الذي تمت معايرة الجهاز عليه .

ملاحظة : بعض المختبرات تستخدم اجهزة الطيف المبرمجة والتي تنتجها بعض الشركات مثل HACH ، Dr.lange ، WTW وبعض الشركات الاخرى وفي هذه الحالة يجب استخدام الكواشف التي تنتجها هذه الشركات واتباع خطوات التحليل المذكورة في كتاب التشغيل المرفق مع الجهاز .

### 17- الحديد

#### معالجة العينات :

- عند اخذ العينات و تخزينها فان المذاب يمكن ان يتغير بعوامل الاكسدة ومن الممكن ان يترسب على سطح وعاء العينة .
  - يمكن التحكم بترسب الحديد في اوعية العينات باضافة 1.5 مل من حامض النتريك المركز لكل لتر من العينة مباشرة بعد جمعها .
- الاجهزة والمواد المستخدمة وطرق تحضيرها :
- (1) جهاز الطيف الضوئي مع الخلايا الخاصة بالقياس
  - (2) محلول حديد ذو التركيز 1000 ملجم / لتر .
  - (3) محاليل مختلفة التركيز من الحديد وتحضر من محلول حديد ذو التركيز 1000 ملجم / لتر حسب المدى المتوقع لتركيز النترات في العينة .
  - (4) حمض هيدروكلوريك مركز .
  - (5) محلول هيدروكسيل امين ويحضر بإذابة جرام 10 من هيدروكسيل امين هيدروكلورايد في 100 مليلتر ماء مقطر .
  - (6) محلول منظم من خلات الصوديوم ويحضر بإذابة 250 جرام من خلات الصوديوم في 150 مليلتر ماء مقطر واطافة 700 مليلتر من حمض الخليل الثلجي .
  - (7) محلول 1,10 فينانثرولين ويحضر بإذابة 100 جرام من صبغة 1,10 فينانثرولين في 100 مل ماء مقطر ويضاف قطرتين من حمض الهيدروكلوريك .
  - (8) محلول برمنجنات البوتاسيوم وتحضر بإذابة 0.316 جرام من برمنجنات البوتاسيوم في 100 مليلتر ماء مقطر .





### طريقة التحليل :

- 1- نأخذ 100 مل من العينة .
- 2- تحضير عدد من المحاليل القياسية من المحلول الاصيلي ثلاثة على الاقل بلاضافة الى العينة الخالية (Blank) .
- 3- ونضيف 2 مل من حامض الهيدروكلوريك الى العينة والمحاليل القياسية .
- 4- ننقل 50 مل من العينة السابقة ونضعها في دورق حجم 100 مل .
- 5- العينات التي تحتوي على 1 ملجرام / لتر حديد او اقل نضيف لها 20 مل من محلول فينانثرولين و 10 مل من المحلول المنظم خلات الامونيوم ثم نمزجها ونحركها جيداً ونخفف العينات ذات التراكيز الاعلى .
- 6- نكمل الحجم الى 100 مل بالماء المقطر .
- 7- نضبط الجهاز على طول موجة 510 نانو ميتر .
- 8- نبدأ بالقياس باستخدام الجهاز ونسجل القراءة .
- 9- نقوم بإعداد منحني بياني لمحاليل المعايير بين التركيز ويكون على المحور س والامتصاص على المحور ص ( منحني التعبير القياسي ) .
- 10- نقوم بقياس الامتصاص للعينة واسقاط قيمة على الرسم البياني للحصول على تركيز الحديد في العينة .
- 11- نقوم بعمل تخفيف للعينة اذا زادت القراءة عن اعلى تركيز للمحلول القياسب الذي تمت معايرة الجهاز عليه .

ملاحظة : بعض المختبرات تستخدم اجهزة الطيف المبرمجة والتي تنتجها بعض الشركات مثل HACH ، Dr.lange ، WTW وبعض الشركات الاخرى وفي هذه الحالة يجب استخدام الكواشف التي تنتجها هذه الشركات واتباع خطوات التحليل المذكورة في كتاب التشغيل المرفق مع الجهاز .

### 18- طريقة الترشيح الغشائي لتنمية البكتيريا

- \* يتم بأخذ طبقتين بتري ( Petri - dish ) معقمة بوضع في الطبقة الاولى 2 مل من الوسط الغذائي - m Endo Broth وفي الطبقة الثاني 2 مل من الوسط M- Fc Broth
- \* لفحص البكتيريا الكلية ( Total coli forms ) يتم ترشيح 100ml من العينة بواسطة جهاز الترشيح المعقم ، وورق ترشيح غشائي ذو مسام  $0.45\mu\text{m}$  ثم تؤخذ ورقة الترشيح الغشائي وتوضع في الطبقة المحتوي على الوسط الغذائي m - Endo Broth ونقل الطبق الى الحاضنة عند درجة حرارة  $37\text{Co}$  لمدة 24 ساعة .
- لفحص القولونيات البرازية (Fecal Coliforms) يتم الترشيح 100ml من العينة بواسطة جهاز الترشيح المعقم ، وورق ترشيح غشائي ذو مسام  $0.7\mu\text{m}$  ثم تؤخذ ورقة الترشيح الغشائي وتوضع في الطبقة المحتوي على الوسط الغذائي M- Fc Broth ونقل الطبق لحضنة عند درجة حرارة  $44\text{Co}$  لمدة 24 ساعة .
- بعد مرور فترة التحضين وفي حالة تكون مستعمرات يتم عدها اما بالعين المجردة او باستخدام عداد المستعمرات .



## الفصل الثالث

- الخطوات الواجب اتباعها قبل اجراء التحاليل
- الطرق التحليلية المستخدمة لقياس مكونات المياه
- طرق جمع وحفظ العينات
- الاجراءات الخاصة بأخذ العينات
- اساسيات في الكيمياء التحليلية

### الخطوات الواجب اتباعها قبل اجراء التحاليل

هناك العديد من الخطوات الواجب اتباعها قبل اجراء التحاليل تؤدي للحصول على نتائج جيدة يعول عليها ومنها :

طبيعة المعلومات المطلوبة .

تحديد التحاليل الضرورية لتزويدنا بهذه المعلومات .

انتقاء الطرق التحليلية الواجب استخدامها .

### الطرق التحليلية المستخدمة لقياس مكونات المياه

- 1- الطريقة الوزنية .
- 2- الطريقة الحجمية .
- 3- الطرق الطيفية :-
- أ- الامتصاص .
- ب- الانبعاث .
- 4- الطريقة الكروماتوجرافية .
- 5- الطريقة الكهربائية .
- 6- طرق الفحص الجرثومي :-
- أ- طريقة الترشيح الغشائي .

### طرق جمع وحفظ العينات

عند جمع عينات المياه المراد تحليلها يجب التأكد ان أخذ العينة تم بصورة سليمة وفي اوعية مناسبة حسب الفحص المراد اجراؤها وعدم تعرضها لاي تلوث خارجي واذا لم تكن العينات سليمة فقد تكون النتائج مضللة ويجب غسل وتنظيف اوعية العينات كما يلي :

- 1- الغسل ثلاث مرات بماء الصنبور .
- 2- الغسل بحمض الكروم مرة واحدة .
- 3- الغسل بحمض النتريك 1 : 1 مرة واحدة .
- 4- الغسل بالماء المقطر ثلاث مرات .

\* ملحوظة : لا يتم استخدام حمض النتريك للعينات التي سيتم قياس مركبات النتروجين والكربون والفسفور لها .







جدول يوضح وسائل حفظ العينات واقصى فتره لحفظها قبل التحليل

التحليل	مادة الوعاء	وسائل الحفظ	اقصى فترة للحفظ قبل اجراء التحليل
القاعدية	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
الامنيوم	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
الزرنيخ	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	6 اشهر
البورون	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	6 اشهر
BOD	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	4 ساعات
الكادميوم	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
الكالسيوم	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
الكربون	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
الكلورايد	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
الكروم	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
النحاس	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
الاكسجين الذائب	زجاج	يقاس في الموقع	6 ساعات
الفلورايد	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
الحديد	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
الرصاص	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
المغنسيوم	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
المنجنيز	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر
الزئبق	زجاج	1مل من H2SO4 + 1مل من 5% K2Cr2O7	شهر
النيكل	زجاج	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر

#### حفظ العينات

التحليل	مادة الوعاء	وسائل الحفظ	اقصى فترة للحفظ قبل اجراء التحليل
الامونيا	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية و 2 مل من 40% H2SO4	24 ساعة
كُدال	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
نترات + نيتريت	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
نيتروجين عضوي	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
الفوسفات العضوي	زجاج	التبريد عند 4 مئوية و 10% HCL الى 4.4HP	24 ساعة
الاس الهيدروجيني	البولي ايثيلين	يقاس في الموقع	6 ساعات
الفوسفور الذائب	زجاج	ترشح في الموقع باستخدام 0.45 ميكرون	24 ساعة
الفوسفور غير العضوي	زجاج	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
الفوسفور الكلي	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	شهر
البوتاسيوم	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
سليسيوم	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	6 اشهر
سيلكا	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
صوديوم	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
التوصيلية الكهربائية	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	24 ساعة
الكبريتات	البولي ايثيلين	التبريد عند 4 مئوية	7 ايام
الخاصين	البولي ايثيلين	2مل من HNO3 لكل لتر من العينة	6 اشهر





## الاجراءات الخاصة بأخذ العينات

- 1- العينات ممثلة للمياه الواجب فحصها .
- 2- عدم وجود أي تلوث عارض اثناء اخذ العينة ( من يقوم بجمع العينات مدرباً وواعياً لطبيعة عملة المنطوي على المسؤولية ) .
- 3- تثبيت بطاقات على العينات توضح الموقع والتاريخ والوقت وطبيعة العمل وغيرها من المعلومات ذات الصلة بالموضوع ثم ترسل الى المختبر ليتم فحصها دون أي تاخير .
- 4- في حالة احتواء العينة على الكلور او الكلورومين او ثاني اكسيد الكلور او الاوزون عنده يجب اضافة محلول ثيوسلفات الصوديوم لتعديل أي مطهر (تركيز محلول ثيوسلفات الصوديوم المضبط بدقة ليس له تاثير على الكائنات الحية ) .
- 5- في حالة وجود عناصر ثقيلة وخصوصاً النحاس يجب اضافة عوامل مخلب (كماشة) **Chelentagenty** مثل حمض الابدتيك .
- 6- يجب اخذ تركيز المطهر المتبقي عند نقطة الاعتيان ( اخذ العينة ) مع اخذ قيمة الـ **PH** في وقت جمع العينة .
- 7- عندما يتطلب الامر اخذ اكثر من عينة لاغراض مختلفة من نفس الموقع يجب اخذ العينة الخاصة بالفحص الجرثومي اولاً لتجنب خطر تلوث نقطة جمع العينات .
- 8- يجب اخذ عينات من اجزاء مختلفة من شبكة التوزيع لضمان اختبار كافة اجزاء الشبكة .
- 9- عند اخذ العينات من الجداول والبحيرات والانهار والصحاريح ( الخزانات ) يجب اخذ العينة من تحت السطح بعيداً عن الضفاف وجوانب الخزان والمناطق الراكده من دون تحريك النفايات .
- 10- يجب تطهير الحنفيات ( الصنابير ) وفتحات اخذ العينات وفوهات المضخات مع اسالة كمية من المياه لطرده المياه الراكدة في الانبوب قبل اخذ العينة .
- 11- تحديد فتحات اخذ العينات في عمليات المعالجة وفي خطوط المياه الرئيسية بعناية لضمان كون العينات تمثيلية .
- 12- يجب ان يكون الانبوب المؤدي الى الصنوبر قصيراً قدر الامكان .
- 13- كما يمكن تخفيف التغيرات التي قد تطرا على المحتوى الجرثومي للمياه من التخزين الى ادنى حد ممكن عن طريق ضمان عدم تعريض العينة الى الضوء والمحافظة على برودتها عند ( 4- 10 درجات ولكن دون تجميدها ) .
- 14- يجب ان يبدأ الفحص في اقرب وقت ممكن بعد جمع العينات على وجة التعيين او خلال 24 ساعة .
- 15- يجب ان يكون الصندوق المستخدم لنقل العينات نظيفاً ومطهر بعد كل استعمال لتجنب تلوين سطوح وزجاجات وايدي العاملين في جمع العينات .





## الفصل الرابع - اساسيات في الكيمياء التحليلية

### انواع التحاليل

1- تحليل نوعي : وفيه يتم الكشف عن المواد او العناصر المكونة لمركب ( الكشف عن الشقوق القاعدية والشقوق الحامضية لملح )

2- تحليل كمي : وفيه يتم تقدير نسب او كمية العناصر او المواد المختلفة المكونة لاي مركب وينقسم الى نوعين تحليل حجمي وتحليل وزني .  
التحليل الحجمي : هو احد انواع التحليل الكمي وفيه يتم تعيين حجم محلول معلوم التركيز واللازم لانتهاء التفاعل مع حجم محلول آخر مجهول التركيز .

عملية المعايرة : هي اضافة المحلول القياسي ( معلوم التركيز ) من السحاحة المدرجة الى حجم معلوم من محلول مجهول التركيز حيث يتم التفاعل بينهما او العكس .

المحلول القياسي : هو ذلك المحلول الذي يحتوي على وزن معلوم من مادة قياسية اولية في حجم معين من المحلول ( محلول معلوم التركيز ) .

نقطة التعادل او التكافؤ او النهاية : هي النقطة التي ينتهي عندها التفاعل ( تغير لون المحلول عند PH معين ) .

وحدات التركيز :-

المحلول المولاري : هو المحلول الذي يحتوي على الوزن الجزيئي بالجرامات مذاب في لتر واحد من المحلول .

الوزن الجزيئي : هو مجموع الاوزان الذرية للمادة .  
مثال: الوزن الجزيئي للماء (H<sub>2</sub>O) يساوي  $2*1+16=18$  جم/مول .

المحلول العياري : هو المحلول الذي يحتوي على الوزن المكافئ بالجرامات مذاب في لتر من الماء المقطر .

الوزن المكافئ لحمض : هو الوزن الجزيئي للمادة مقسوم على عدد الذرات التي يمكن ان تحل محل ذرة الهيدروجين ( او تكافؤها ) .  
مثال: حمض الهيدروكلوريك وزنه الجزيئي (HCl) =  $(1*1+35.5)=36.5$  جم / مول هو نفس الوزن المكافئ .

الوزن المكافئ لقاعده : هو الوزن الجزيئي للمادة مقسوم على عدد الذرات التي يمكن ان تحل محل ايون الهيدروكسيل ( او تكافؤها ) .  
مثال: هيدروكسيد الصوديوم وزنه الجزيئي (NaOH) =  $(1*1+23+16)=40$  جم / مول هو نفس الوزن المكافئ .





## الفصل الخامس

### الطرق المستخدمة في التعبير عن تركيز المحاليل مثل :

- 1- النسبة المئوية الوزنية.
- 2- النسبة المئوية الحجمية.
- 3- المولالية (الجزئية الوزنية).
- 4- المولارية (الجزئية الحجمية).
- 5- العيارية.
- 6- الجزء في المليون.

أولاً : النسبة المئوية الوزنية.

ي عبارة عن كتلة المذاب بالجرام في 100 مللتر من المحلول .

$$\text{Concentration solute (w/v \%)} = \frac{\text{mass of solute (g)}}{\text{Volume of solution (mL)}} \times 100$$

فلو افترضنا أن لدينا محلول مائي لكلوريد الصوديوم يبلغ تركيزه ( 5 % وزناً ) فهذا يعني أن كل 100 مللتر من المحلول يحوي 5 جرام من ملح كلوريد الصوديوم المذاب.  
مثال : تم إذابة 1.2 جرام من كلوريد الصوديوم في كمية كافية من الماء بحيث أصبح حجم المحلول 160 مللتر ، احسب النسبة المئوية الوزنية للمحلول (تركيز المحلول % وزناً).  
يمكن الحصول على المطلوب بكل بساطه بقسمة وزن المذاب ( كلوريد الصوديوم ) على حجم المحلول.

$$\frac{1.2 \text{ g}}{160 \text{ mL}} \times 100 = 0.75 \text{ w/v \% (NaCl)}$$

ثانياً النسبة المئوية الحجمية.

النسبة المئوية الحجمية عبارة عن حجم المذاب الموجود في 100 مللتر من المحلول.

فالمحلول البالغ تركيزه 2 % حجماً يعني أن كل 2 مللتر ( وحدة حجمية ) من المذاب موجودة في 100 مللتر ( وحدة حجمية ممتلئة ) من المحلول.

$$\text{Concentration solute (v/v \%)} = \frac{\text{volume solute (mL)}}{\text{Total volume of solution (mL)}} \times 100$$

مثال : احسب تركيز محلول يتألف من 12 مللتر من الايثانول في 100 مللتر من المحلول.

$$\frac{12 \text{ mL alcohol}}{100 \text{ mL Solution}} \times 100 = 12 \text{ v/v \% alcohol}$$

ثالثاً : المولارية ( Molarity )

المولارية هي عدد مولات المذاب الموجودة في واحد لتر ( 1000 مللتر ) من المحلول.

$$\text{molarity solute (M)} = \frac{\text{moles of solute}}{\text{Liter of solution}}$$





مثال : تم إذابة 23 جرام من كلوريد الأمونيوم ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) في كمية كافية من الماء ليصبح حجم المحلول 145 ملتر ، احسب مولارية المحلول.

As an example, suppose we dissolve 23 g of ammonium chloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) in enough water to make 145 mL of solution. What is the molarity of ammonium chloride in this solution

الحل:

تذكر أن المولارية تساوي عدد مولات المذاب مقسوماً على حجم المحلول باللتر. إذاً لا بد في البداية من حساب عدد مولات المذاب ( كلوريد الأمونيوم ) من معلومية وزنه. عدد المولات = الوزن بالجرام / الوزن الجزيئي .

$$1) 23 \text{ g NH}_4\text{Cl} \times \frac{1 \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{53.5 \text{ g NH}_4\text{Cl}} = 0.43 \text{ mol NH}_4\text{Cl}$$

$$2) 145 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 0.145 \text{ L}$$

$$3) \frac{0.43 \text{ mol NH}_4\text{Cl}}{0.145 \text{ L}} = 2.97 \text{ M (NH}_4\text{Cl)}$$

رابعاً : المولالية ( Molality )

وهي طريقة غير شائعة كثيراً في التعبير عن تركيز المحاليل في الوقت الحالي ولكنها مفيدة في موضوع تحديد الأوزان الجزيئية للمواد بالطرق العملية التقليدية.

والمولالية عبارة عن عدد مولات المذاب المذابة في 1000 جرام من المذيب.

المولالية = عدد مولات المذاب / وزن المذيب بالكجم

أو

المولالية = عدد مولات المذاب / 1000 x وزن المذيب بالجرام

مثال : احسب مولالية محلول محضر من إذابة 5.85 جرام من كلوريد الصوديوم في 500 جرام من الماء.

الحل : نوجد أولاً عدد مولات الملح

عدد المولات = الوزن بالجرام / الوزن الجزيئي.

عدد مولات الملح =  $58.5 / 5.85 = 0.1$  مول

المولالية =  $0.5 / 0.1 = 0.2$  مولال.





خامساً : الجزء في المليون والجزء في البليون (Parts per million (ppm) & parts per billion (ppb) s .

طريقة من طرق التركيز المعتمدة على كتلة المادة وتستخدم لتقدير التراكيز الصغيرة للغاية ( آثار ) (almost trace amounts) فعندما نقول محلول تركيزه واحد في المليون فهذا معناه أن كل مليون جرام من المحلول مثلاً يحوي واحد جرام من المذاب .

$$\frac{\text{mass solute}}{\text{mass solution}} \times 10^6 = \text{concentration (ppm)}$$

$$\frac{\text{mass solute}}{\text{mass solution}} \times 10^9 = \text{concentration (ppb)}$$

For example, suppose a 155.3 g sample of pond water is found to have  $1.7 \times 10^{-4}$  g of phosphates. What is the concentration of phosphates in ppm

مثال : عينة لمحلول مائي وزن 155.3 جرام وجد أنها تحوي  $1.7 \times 10^{-4}$  جرام من الفوسفات ما هو تركيز الفوسفات بالجزء في المليون ؟  
الحل :

$$\frac{1.7 \times 10^{-4} \text{ g Phosphates}}{1.553 \times 10^2 \text{ g Solution}} \times 10^6 = 1.1 \text{ ppm}$$

سادساً : العيارية. ( Normality )  
من أهم طرق التعبير عن تركيز المحاليل وهي تعتمد على ما يعرف باسم المكافئ الجرامي .

ما هو المكافئ الجرامي ؟  
المكافئ الجرامي كمية من المادة ذات علاقة بالمول تم اصطلاحه في الأساس لغرض عمليات التعادل بين الأحماض والقواعد ثم شمل بعد ذلك غيره من التفاعلات .

ماهي العلاقة بين المول والمكافئ الجرامي ؟  
المكافئ الجرامي للحمض أو القاعدة = عدد المولات / درجة الحمض أو القاعدة .

المكافئ الجرامي للمادة في تفاعلات الأكسدة والاختزال = عدد مولات المادة / عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة للمول الواحد .







ما هو مفهوم العيارية ؟

العيارية هي عدد المكافئات الجرامية من المذاب الموجودة في واحد لتر من المحلول .

العيارية = عدد المكافئات الجرامية للمذاب / حجم المحلول باللتر .

فالمحلول الذي يبلغ تركيزه 1 عياري يعني أنّ كل واحد لتر من المحلول يحوي مكافئ جرامي واحد من المذاب .

مثال : احسب عيارية محلول محضّر من إذابة 9.8 جرام من حمض الكبريتيك في كمية من الماء بحيث أصبح حجم المحلول 800 مللتر .

الحل :

عدد مولات الحمض =  $9.8 / 98$  ( الوزن الجزيئي ) = 0.1 مول

بما أنّ حمض الكبريتيك ثنائي ....  $H_2SO_4$

عدد مكافئات الحمض =  $2 / 0.1 = 0.05$  مكافئ جرامي .

العيارية =  $0.05 / 0.8 = 0.0625$  عياري.





## الباب السادس التحكم في التلوث الإشعاعي

### الفصل الاول تعريفات ومصطلحات

### الفصل الثاني

## Types and Sources of Radiation أنواع الإشعاعات Ionizing radiation اولاً الإشعاعات المؤينة Non-ionizing radiation ثانياً الإشعاعات غير المؤينة

### الفصل الثالث

## النظائر المشعة المنتجة في المفاعلات والمعجلات النووية النظائر المشعة المستخدمة في الطب (Isotopes) (الطب النووي)

### الفصل الرابع

## برامج الوقاية من التلوث الإشعاعي





## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

### التيار الكهربى:

التيار الكهربى نوعان AC و DC ، Direct Current DC هو التيار الثابت أما الثانى فهو التيار المتردد Alternative Current AC .

\* الواط (W) WATT هو قوة التيار الكهربى ويعرف علمياً بأنه وحدة قياس القدرة والقوة (Power) التيار الكهربى وهو يساوى حاصل ضرب الجهد الكهربى (فولت) فى شدة التيار (أمبير) .

\* الأمبير (A) AMPERE هو وحدة قياس شدة التيار الكهربى (وهو ينشأء مجال مغناطيسى).  
\* الفولت (V) Volt هو وحدة قياس جهد التيار

القدرة WATT = شدة التيار (Ampere) × (Volt) الجهد

$$\text{Power(WATT)} = \text{Current(AMPERE)} \times \text{Voltage(Volt)}$$

مضاعفات WATT هي : كيلووات = ألف وات ، ميغاوات = مليون وات ، وجيجاوات = ألف مليون وات ، وتيراوات = مليون مليون وات.

إذا كانت قوة التيار = 746 WATT فهذا يعنى ان قوة التيار = 1 حصان Horse Power HP  
بمعنى انه إذا كانت المضخة قوتها = 1 حصان Horse Power HP فهذا يعنى ان قوة التيار اللازم لتشغيلها = 746 WATT.  
وإذا كانت المضخة قوتها = 1/2 حصان Horse Power فهذا يعنى ان قوة التيار اللازم لتشغيلها = 375 WATT

كهرباء المنزل هي تيار كهربى متردد AC = 5000 Watt - حسب المعادلة جهد 220 (Volt) X شدة تيار (AMPERE) 22.7

الأجهزة المنزلية	القوة الكهربائية اللازمة للتشغيل بالواط
مضخة نصف حصان	375 وات (نصف حصان)
غسالة	375 وات (نصف حصان)
ثلاجة	375 وات (نصف حصان)
حاسب الى	200 وات
تلفزيون	200 وات
سخان مياه	1500 وات
مكيف	3000 وات

### وحدة الكلفن (Kelvin) :

وهي وحدة لقياس درجة الحرارة ويرمز له بالرمز (K) سميت بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائى والمهندس البريطانى اللورد كلفن وهي نادراً ما تستخدم الحياة العامة، ولكنها تستخدم فى القياسات العلمية فهي مقياس لدرجة نشاط الجزيئات فى المادة، أي أنه عند درجة 0 كلفن(الصفر المطلق) تتوقف حركة الجزيئات تماماً.

درجة الصفر كلفن (فى مقياس كلفن) تساوى -273.15- على المقياس المنوي (مقياس الدرجة المنوية). ومن ثم فإنه لتغيير المقياس بين المنوي والكلفنى كل ما يجب هو إنقاص أو زيادة 273.15 حسب المقياس الذى يتم التحويل منه ( درجة كلفن = الدرجة المنوية + 273.15)

الصفر المطلق (0 كلفن) هو أخفض درجة حرارة فى الطبيعة وتتوقف عندها حركة الجزيئات. لا يمكن عملياً الوصول إلى درجة الصفر المطلق، ولكن يمكن فقط الاقتراب منها. فنظرياً، إذا وصل الجسم إلى درجة الصفر المطلق فإن حجمه سيساوى صفر، لأن العلاقة بين الحجم ودرجة الحرارة علاقة طردية ، وإذا ما وصلت المواد إلى درجة الصفر المطلق فإن خصائصها وسلوكها جميعاً سيصبح شيئاً واحداً، ولن تعود هناك إمكانية للتفريق بين المواد المختلفة.

عند كل زيادة مقدارها 1 درجة كلفن يزداد حجم كمية معينة من غاز بمقدار 1/273 من حجمه الأصلي وكذلك ضغطه.







### وحدة الإلكترون فولت

هي وحدة لقياس الطاقة ويرمز لها بالرمز (eV) وهي مقياس كمية طاقة الحركة التي يكتسبها الكترون وحيد غير مرتبط بذرة عند تسريعه بواسطة جهد كهربائي ساكن قيمته 1 فولت في الفراغ.

في الأساس وحدة الطاقة هي الجول ولكن وحدة الطاقة بالجول كبيرة جدا بالنسبة لتطبيقها على الإلكترونات وفي دراسة الذرة ، لهذا اخترع الفيزيائيون وحدة للطاقة صغيرة لتسهيل الحسابات عند دراسة الذرة و نواة الذرة والجسيمات الأولية ، وكذلك في مجال فيزياء المواد الصلبة وهي الإلكترون فولت eV.

إذاً الإلكترون فولت هو حاصل ضرب 1 فولت في شحنة الإلكترون :  $1\text{eV} = 1.6023 \times 10^{-19}$  جول

يستعمل الفيزيائيون والكيميائيون في عملهم وحدة الإلكترون فولت eV كالتالي:

keV كيلو إلكترون فولت = ألف إلكترون فولت

MeV ميغا إلكترون فولت = ألف إلكترون فولت (تبلغ كتلة الإلكترون 0.51 مليون إلكترون فولت)

GeV جيجا إلكترون فولت = ألف مليون إلكترون فولت (تبلغ كتلة البروتون 0.94 جيجا إلكترون فولت)

TeV تيرا إلكترون فولت = مليون مليون إلكترون فولت.

يعمل أكبر معجل للبروتونات ، وهو مصادم الهدرونات الكبير على تسريع البروتونات بحيث تكتسب طاقة قدرها 7 تيرا إلكترون فولت . أي نحو 7000 جيجا إلكترون فولت وهي طاقة يمكن أن ينشأ عنها نحو 7000 آلاف من البروتونات ، حيث أن كتلة البروتون تبلغ 0.94 جيجا إلكترون فولت.

وعندما نتعامل مع تأين الذرات نجد أن وحدة الإلكترون فولت مناسبة ، فذرة الهيدروجين تحتاج لتأينها إلى نحو 13.6 إلكترون فولت لكي تتأين.

أمثلة للطاقة بالإلكترون فولت:

\* 200 مليون إلكترون فولت تُصدرها نواة اليورانيوم 235 عند انقسامها في التفاعل النووي ، وهي تكافئ  $10.82$  جول / كيلوجرام ، أو 20000 طن TNT لكل كيلوجرام.

\* 17.6 مليون إلكترون فولت مقدار الطاقة الصادرة عن اندماج ذرة ديوتيريوم وذرة تريتيوم لتكوين ذرة هيليوم-4.

\* 20 مليون إلكترون فولت مقدار الطاقة الناتجة عن اصطدام قطرة ماء مطر بالأرض.

\* 13.6 إلكترون فولت الطاقة اللازمة لتأين ذرة الهيدروجين.

\*  $3/80$  إلكترون فولت مقدار الطاقة الحركية لجزيء الهواء عند درجة حرارة الغرفة.

\*  $7 \times 10^{12}$  إلكترون فولت مقدار الطاقة المكتسبة للبروتونات في معجل الهادرونات الكبير Large Hadron Collider المشيد في سويسرا.

لتحويل الإلكترون فولت إلى وحدة أخرى للطاقة نستعمل العلاقة الآتية:

$$1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} \cdot \text{V} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ W} \cdot \text{s} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

حيث: كولوم C ، فولت V ، أمبير A ، وات W ، ثانية s ، جول J

### الطاقة الشمسية:

كهرباء الواح الخلايا الشمسية (Module\Solar Panel) هي تيار كهربائي ثابت Direct Current DC حيث ان الإشعاع القادم من الشمس تبلغ قوته 1000 وات لكل متر مربع فإن الخلية الشمسية الواحدة تمتص الإشعاع الشمسي وتنتج كهرباء ما بين 110 إلى 800-160 وات بتيار ثابت DC. الواح الخلايا الشمسية (Module\Solar Panel) هي عبارة عن محولات فولتضونية تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشر إلي كهرباء ، وهي شبه موصلة وحساسة ضوئياً ومحاطة بغلاف أمامي وخلفي موصل للكهرباء.

فإذا كانت مواصفات الخلية الشمسية 12 فولت و 10 أمبير يعني ان قدرتها اقوتها =  $12 \times 10 = 120$  وات جدول توضيحي :





القوة الكهربائية اللازمة للمعدات الكهربائية	Module power DC القوة الكهربائية الناتجة من لوح الخلية الشمسية واللازم للمعدات	مواصفات البطارية اللازمة للعمل عند حجب الشمس Battery A=Ampere, H=Hour	مواصفات منظم الشحن Charge Controller
مصباح 9 وات	12V/40W	12V/35AH	12V/10A
مصباح 25 وات	12V/100W	12V/100AH	12V/10A
مضخة غاطسة 760 وات (واحد حصان)	48V/760W	ليس لها بطارية تعمل على اللوح مباشرة	

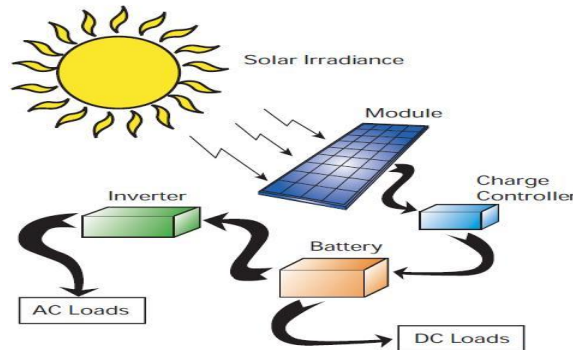
ولتحويل كهرباء الخلايا الشمسية من DC الى AC يجب ان نخزن الناتج من اللوح الخلايا الشمسية في بطارية (Battery) ثم نوصل البطارية بالعاكس (كونفيرتر المحول) (Converter/Inverter) الذي يقوم بتحويل الجهد (فولت) ١ تيار (أمبير) ثابت DC إلى جهد (فولت) ١ تيار (أمبير) متردد AC

ملاحظة : قبل توصيل اللوح الشمسي بالبطارية يجب توصيل اللوح بمنظم شحن ( Charge Controller) ثم توصيله بالبطارية ، حيث ان وظيفة منظم الشحن هو منع ارتداد التيار وتنظيم عملية الشحن ... فهو يتحكم في بطارية جهدها 12 فولت الي 24 وشدة تيار 10 امبير وبذلك فهو يستخدم في التطبيقات الخفيفة المتوسطة .

هناك العديد من الأجهزة الكهربائية التي تعمل بتيار ثابت DC مباشرة ولذلك يتم توصيلها مباشرة باللوح الشمسي .. طبعاً لا بد ان تتناسب تقريباً قوة التيار الكهربائي W الناتج من اللوح مع القوة التي يحتاجها محرك تلك الأجهزة W.... وايضا لا تعمل هذه الأجهزة اذا حجب الشمس لعدم وجود بطارية... فائدة البطارية بدون Inverter هو تشغيل الجهاز او اللمبات بتيار ثابت DC عند حجب الشمس ، و فائدة البطارية مع Inverter هو تشغيل اجهزة كهربائية عادية وذلك بتزويدها بالتيار المتردد AC بوجود الشمس أو عدم وجودها.

مواصفات Inverter للحصول على تيار AC

ويعرف ايضا بالعاكس من DC الى AC حيث يمكنه تحويل طاقة 12 فولت DC الى تيار متردد AC وهو يوفر اكثر من 300 وات في بداياته وهو الان متطور ويوفر اكثر من ذلك فهو قادر على توفير الطاقة للادوات والاجهزة المنزلية واجهزة الاضاءة واكثر من ذلك  
موديل in3000 ، الطاقة المقدره = 3000W ، قمة الطاقة المخرجة = 6000W ، الطاقة المخرجة باستمرار = 2400W ، الجهد الكهربائي = AC-100V/110V/220V/230V/240V



منظومة الطاقة الشمسية





### المادة:

المادة او العنصر اما ان يكون صلبا او سائلا او غاز او غاز مؤين "بلازما" ... ويمكن تحويل الاجسام الصلبة الى سائل بالتسخين وبمزيج من التسخين يتحول الى غاز.

### مكونات الهواء :

يتكون الهواء أو الغلاف الجوي المحيط بنا اساسا من خليط من الغازات التالية  
 21% اكسجين O oxygen ، 77-78% نيتروجين N nitrogen ، 4 - 1 % بخار الماء  
 1% غازات خاملة Inactive gases (الهليوم He، والنيون Ne، والأرجون Ar، والكربون Kr،  
 والزينون Xe، والرادون Rn (وهو عنصر جميع نظائره مشعة)) و 0.03 % ثاني أو أكسيد الكربون  
 (حيث ان الحرائق هي أهم عوامل اختلال توازن الهواء الجوي).

### بعض العناصر في الطبيعة :

عدد العناصر Elements في الطبيعة = 92 عنصر ، وكل عنصر له رمز كيميائي خاص واهم العناصر:

رمز العنصر من أول حرفين	رمز العنصر من الحرف الاول
Al aluminium	B boron
Br bromine	C carbon
Ca calcium	H hydrogen
Co cobalt	I iodine
He helium	N nitrogen
Ne neon	O oxygen
Ar argon	S sulphur
Ni nickel	U uranium
Ba barium	P phosphorus
رمز العنصر من الاسم اللاتيني	رمز العنصر من الحرف الاول والثالث
Cu cuprum	Cl chlorine
Au aurum	Mg magnesium
Fe ferrum	Mn manganese
Pb plumbum	Zn zinc
Hg hydragyrum	Cr chromium
K kalium	
Ag argentum	
Na natrium	
Sn stannum	

\* يتكون العنصر Element من ذرات Atoms متشابهة التكوين

\* تتكون الذرة Atom من جسيمات Particles (جسيمات الذرة)

- 1- جسيم البروتون P proton ويحمل شحنة موجبة (موجود في نواة الذرة Nucleus)
- 2- جسيم النيوترون Neutron ولا يحمل شحنة (موجود في نواة الذرة Nucleus)
- 3- جسيم الاليكترون Electron ويحمل شحنة سالبة (يدور حول نواة الذرة Nucleus)







## معلومات حول الذرة Atom

الذرة هي اصغر عنصر يمكن ان تنقسم له المادة ولا يمكن ان ترى الذرة باستخدام الميكروسكوب حيث تبلغ ابعاد الذرة ومكوناتها على النحو التالي:

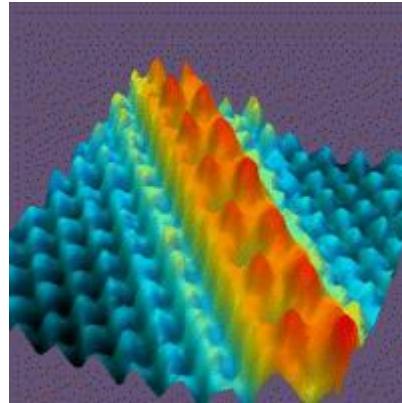
Atom =  $1 \times 10^{-10}$  meters

Nucleus =  $1 \times 10^{-15}$  to  $1 \times 10^{-14}$  meters

Neutron or Proton =  $1 \times 10^{-15}$  meters

Electron - not known exactly, but thought to be on the order of  $1 \times 10^{-18}$  meters

كل الذرات لها تقريبا نفس الحجم سواء كانت تحتوي على الكترون واحد أو 90 الكترون، فإذا ما تم صف 50 مليون ذرة فإن طولها لا يزيد عن السنتيمتر الواحد ، ولهذا لا يمكن بواسطة الضوء المرئي ان ترى جسيمات صغيرة مثل الذرات والسبب في ذلك لأن الطول الموجي للضوء المرئي يتراوح بين 0.7 و 0.4 ميكرومتر وهذا بالمقارنة بحجم الذرة الذي يكون اصغر بمليون مرة لا يمكن ان ترى الذرة بواسطة الضوء المرئي ولكن في العام 1981 تم تطوير ميكروسكوب يسمى **scanning tunneling microscope** يمكن ان يكون صورة للذرات على الشكل التالي :



**STM image (7 nm x 7 nm) of a single zigzag chain of cesium atoms (red) on a gallium-arsenide surface (blue)**

وعليه لم يكن امام العلماء في نهاية القرن التاسع عشر واوائل القرن العشرين الا ان يضعوا تصورهم لشكل تركيب الذرة على خلفية نتائج التجارب العملية المتوفرة في ذلك الوقت وبالطبع النموذج المقترح لتركيب الذرة يجب ان يفسر كل النتائج العملية وإلا يكون قاصراً او غير صحيح.

الأشياء التي لا ترى بالعين المجردة تسمى (ميكروسكوبية) **Microscopic** ، بينما التي ترى بالعين المجردة تسمى (ماكروسكوبية) **Macroscopic**





## الجزئي ء أو الجزيئات Macromolecules:

يطلق اسم جزئي ء أو مركب على تجمع واتحاد وارتباط لمجموعة من الذرات لنفس العنصر او لخليط ذرات عناصر مختلفة .

مثل عن الجزيئات Macromolecules:

- 1- جزئي ء الماء (مركب الماء H<sub>2</sub>O) يحتوي على ثلاث ذرات ( 1 ذرة اكسجين + 2 ذرة هيدروجين)
- 2- جزئي ء غاز ثاني اكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) يحتوي على ثلاث ذرات ( 2 ذرة اكسجين + 1 ذرة كربون)
- 3- جزئي ء غاز الميثان (CH<sub>4</sub>) يحتوي على ثلاث ذرات ( 1 ذرة كربون + 4 ذرة هيدروجين)
- 4- جزئي ء غاز الاكسجين (O<sub>2</sub>) يحتوي على ذرتين ( 2 ذرة اكسجين )
- 5- جزئي ء غاز النيتروجين (N<sub>2</sub>) يحتوي على ذرتين ( 2 ذرة نيتروجين)
- 6- جزئي ء غاز الكلور (Cl<sub>2</sub>) يحتوي على ذرتين ( 2 ذرة كلور)
- 7- جزئي ء غاز الامونيا (NH<sub>3</sub>) يحتوي على ثلاث ذرات ( 1 ذرة نيتروجين + 3 ذرة هيدروجين)
- 8- جزئي ء غاز الهيدروجين (H<sub>2</sub>) يحتوي على ذرتين ( 2 ذرة هيدروجين)
- 9- جزئي ء الهيموجلوبين يحتوي على 10 الاف ذرة.
- 10- جزئي ء/ مركب كلوريد الصوديوم Na Cl
- 11- جزئي ء/ مركب حمض الكبريتك H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- 12- جزئي ء/ مركب صدأ الحديد Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O

تستخدم الطاقة لربط ذرات العناصر لتكوين مركب جديد ومثال ذلك تسخين برادة الحديد والكبريت معا فيتكون مركب كبريتيد الحديد Fe + S = FeS

## العدد الذري للعنصر Atomic Number

العدد الذري للعنصر هو عدد "البروتونات" (الأجسام موجبة الشحنة) في نواة ذرة العنصر. أما الذرة نفسها فهي أصغر وحدة تركيبية في الكون، حيث ان جميع العناصر المشعة هي التي يزيد فيها العدد الذري على الرقم 83.

\* عدد البروتونات = عدد الالكترونات (وهذا العدد يسمى بالعدد الذري للعنصر)  
العدد الذري لبعض العناصر المشعة : سترونيوم 90، سيزيوم 137، بلوتونيوم 239.

## الوزن الذري للعنصر Atomic Weight

مفهوم الذرات قام بوضعة العالم الإنجليزي دالتون الذي قال في نظريته أن العنصر الواحد يحتوي على ذرات متشابهة غير قابلة للانقسام، لذلك الذرات هي الأساس عندما نحسب الوزن الذري للعنصر، في البداية أعتبر العلماء ان ذرة الهيدروجين هي وحدة الكتل الذرية ( 1 u ) وهي أصغر ذرة ووزنها واحد حيث u وحدة الكتل الذرية وتم تقدير وزن الذرات بالنسبة لها ، و بعد ذلك اعتمدوا نظير الكربون <sup>12</sup>C كأساس في قياس الأوزان الذرية للعناصر، و بعد ذلك اعتمدوا على النظائر عند حساب الوزن الذري للعناصر وعليه اصبح الوزن الذري لأي عنصر هو المعدل الموزون للكتل الذرية لنظائره فإن الكتلة الذرية الموجودة به هي متوسط الكتلة الذرية لكل النظائر الثابتة للعنصر.

إذا الوزن الذري للعنصر هو مجموع الكتل الذرية لنظائره والنظير هو عبارة أن ذرات العنصر لها نفس العدد الذري ولكن العدد الكتلي مختلف (عدد البروتونات متساوي و لكن تختلف في عدد النيوترونات)

\* مجموع البروتونات والنيوترونات يسمى بالعدد الكتلي للعنصر (الكتلة الذرية للعنصر)

العدد الذري هو عدد البروتونات في ذرة العنصر.  
العدد الكتلي هو مجموع البروتونات والنيوترونات في ذرة العنصر.  
الوزن الذري هو مجموع الكتل الذرية (العدد الكتلي) لنظائر العنصر.  
ذرية ... راجع الجدول الذري ستجد نفس النتيجة





## النظائر Isotopes

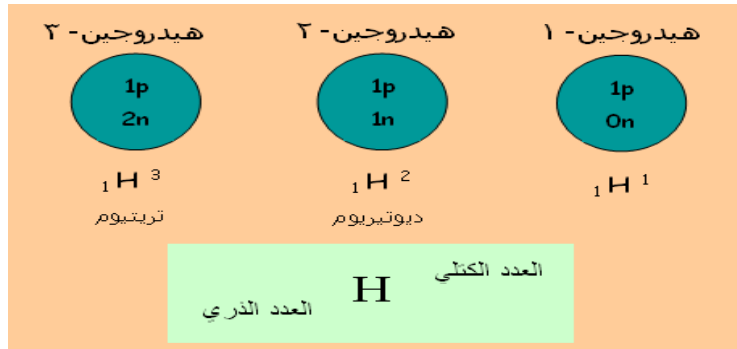
تختلف العناصر فيما بينها في العدد الذري ( عدد البروتونات ) إلا أن هنالك عناصر تتشابه في العدد الذري وتختلف فيما بينها في العدد الكتلي وتعرف هذه العناصر بالنظائر.

العناصر المستقرة هي التي لا تشع ودليلها على ذلك تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتها. العناصر غير المستقرة هي التي تشع ودليلها على ذلك عدم تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتها.... فتصبح نظائر مشعة. "نوكلد أو النواه أو النوية (A) = بروتونات (Z) + نيوترونات (N)"

### مثال عن النظائر Isotopes:

للهيدروجين ( العدد الذري للهيدروجين = 1 ) له ثلاثة نظائر مشهورة ، تشترك جميعها في احتوائها على نفس العدد من البروتونات (العدد الذري) . وتختلف فيما بينها في عدد النيوترونات (العدد الكتلي) . يسمى كل نظير نسبة إلى عدده الكتلي :

- يسمى النظير الأول للهيدروجين ( هيدروجين - 1 )  $^1_1\text{H}$  .
- يسمى النظير الثاني للهيدروجين ( هيدروجين - 2 )  $^2_1\text{H}$  أو الديوتيريوم .
- يسمى النظير الثالث للهيدروجين ( هيدروجين - 3 )  $^3_1\text{H}$  أو التريتيوم .



### مثال عن مكونات ذرات بعض العناصر :

ذرة الصوديوم تحتوي على 11 بروتون و 11 إلكترون و 12 نيوترون  
 ذرة الهيدروجين تحتوي على 1 بروتون و 1 إلكترون و 0 نيوترون  
 ذرة النيتروجين تحتوي على 7 بروتون و 7 إلكترون و 7 نيوترون  
 ذرة الاكسجين تحتوي على 8 بروتون و 8 إلكترون و 8 نيوترون  
 ذرة الكربون تحتوي على 6 بروتون و 6 إلكترون و 6 نيوترون  
 ذرة الالمونيوم تحتوي على 13 بروتون و 13 إلكترون و 14 نيوترون  
 ذرة السيليكون تحتوي على 14 بروتون و 14 إلكترون و 14 نيوترون  
 ذرة الكبريت تحتوي على 16 بروتون و 16 إلكترون و 16 نيوترون







TABLE OF ELEMENTS AND THEIR ATOMIC WEIGHTS

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium	Ac	89	227.0278*	Neodymium	Nd	60	144.24
Aluminum	Al	13	26.981539	Neon	Ne	10	20.1797
Americium	Am	95	243.0614*	Neptunium	Np	93	237.0482*
Antimony	Sb	51	121.760	Nickel	Ni	28	58.6934
Argon	Ar	18	39.948	Niobium	Nb	41	92.90638
Arsenic	As	33	74.92159	Nitrogen	N	7	14.00674
Astatine	At	85	209.9871*	Nobelium	No	102	259.1009*
Barium	Ba	56	137.327	Osmium	Os	76	190.23
Berkelium	Bk	97	247.0703*	Oxygen	O	8	15.9994
Beryllium	Be	4	9.012182	Palladium	Pd	46	106.42
Bismuth	Bi	83	208.98037	Phosphorus	P	15	30.973762
Boron	B	5	10.811	Platinum	Pt	78	195.08
Bromine	Br	35	79.904	Plutonium	Pu	94	244.0642*
Cadmium	Cd	48	112.411	Polonium	Po	84	208.9824*
Calcium	Ca	20	40.078	Potassium	K	19	39.0983
Californium	Cf	98	251.0796*	Praseodymium	Pr	59	140.90765
Carbon	C	6	12.011	Promethium	Pm	61	144.9127*
Cerium	Ce	58	140.115	Protactinium	Pa	91	231.0388*
Cesium	Cs	55	132.90543	Radium	Ra	88	226.0254*
Chlorine	Cl	17	35.4527	Radon	Rn	86	222.0176*
Chromium	Cr	24	51.9961	Rhenium	Re	75	186.207
Cobalt	Co	27	58.93320	Rhodium	Rh	45	102.90550
Copper	Cu	29	63.546	Rubidium	Rb	37	85.4678
Curium	Cm	96	247.0703*	Ruthenium	Ru	44	101.07
Dysprosium	Dy	66	162.50	Samarium	Sm	62	150.36
Einsteinium	Es	99	252.083*	Scandium	Sc	21	44.955910
Erbium	Er	68	167.26	Selenium	Se	34	78.96
Europium	Eu	63	151.965	Silicon	Si	14	28.0855
Fermium	Fm	100	257.0951*	Silver	Ag	47	107.8682
Fluorine	F	9	18.9984032	Sodium	Na	11	22.989768
Francium	Fr	87	223.0197*	Strontium	Sr	38	87.62
Gadolinium	Gd	64	157.25	Sulfur	S	16	32.066
Gallium	Ga	31	69.723	Tantalum	Ta	73	180.9479
Germanium	Ge	32	72.61	Technetium	Tc	43	97.9072*
Gold	Au	79	196.96654	Tellurium	Te	52	127.60
Hafnium	Hf	72	178.49	Terbium	Tb	65	158.92534
Helium	He	2	4.002602	Thallium	Tl	81	204.3833
Holmium	Ho	67	164.93032	Thorium	Th	90	232.0381
Hydrogen	H	1	1.00794	Thulium	Tm	69	168.93421
Indium	In	49	114.818	Tin	Sn	50	118.710
Iodine	I	53	126.90447	Titanium	Ti	22	47.867
Iridium	Ir	77	192.217	Tungsten	W	74	183.84
Iron	Fe	26	55.845	Unnilquadium	Unq	104	261.11*
Krypton	Kr	36	83.80	Unnilpentium	Unp	105	262.114*
Lanthanum	La	57	138.9055	Unnilhexium	Unh	106	263.118*
Lawrencium	Lr	103	262.11*	Unnilseptium	Uns	107	262.12*
Lead	Pb	82	207.2	Uranium	U	92	238.0289
Lithium	Li	3	6.941	Vanadium	V	23	50.9415
Lutetium	Lu	71	174.967	Xenon	Xe	54	131.29
Magnesium	Mg	12	24.3050	Ytterbium	Yb	70	173.04
Manganese	Mn	25	54.93805	Yttrium	Y	39	88.90585
Mendelevium	Md	101	258.10*	Zinc	Zn	30	65.39
Mercury	Hg	80	200.59	Zirconium	Zr	40	91.224
Molybdenum	Mo	42	95.94				

Based on 1993 IUPAC Table of Standard Atomic Weights of the Elements.

\* Relative atomic mass of the isotope of that element with the longest known half-life.







Atomic Number	Element	Symbol	Atomic Weight	Atomic Number	Element	Symbol	Atomic Weight
1	Hydrogen	H	1.00794	55	Cesium	Cs	132.90543
2	Helium	He	4.002602	56	Barium	Ba	137.327
3	Lithium	Li	6.941	57	Lanthanum	La	138.9055
4	Beryllium	Be	9.012182	58	Cerium	Ce	140.115
5	Boron	B	10.811	59	Praseodymium	Pr	140.90765
6	Carbon	C	12.011	60	Neodymium	Nd	144.24
7	Nitrogen	N	14.00674	61	Promethium	Pm	144.9127*
8	Oxygen	O	15.9994	62	Samarium	Sm	150.36
9	Fluorine	F	18.9984032	63	Europium	Eu	151.965
10	Neon	Ne	20.1797	64	Gadolinium	Gd	157.25
11	Sodium	Na	22.989768	65	Terbium	Tb	158.92534
12	Magnesium	Mg	24.3050	66	Dysprosium	Dy	162.50
13	Aluminum	Al	26.981539	67	Holmium	Ho	164.93032
14	Silicon	Si	28.0855	68	Erbium	Er	167.26
15	Phosphorus	P	30.973762	69	Thulium	Tm	168.93421
16	Sulfur	S	32.066	70	Ytterbium	Yb	173.04
17	Chlorine	Cl	35.4527	71	Lutetium	Lu	174.967
18	Argon	Ar	39.948	72	Hafnium	Hf	178.49
19	Potassium	K	39.0983	73	Tantalum	Ta	180.9479
20	Calcium	Ca	40.078	74	Tungsten	W	183.84
21	Scandium	Sc	44.955910	75	Rhenium	Re	186.207
22	Titanium	Ti	47.867	76	Osmium	Os	190.23
23	Vanadium	V	50.9415	77	Iridium	Ir	192.217
24	Chromium	Cr	51.9961	78	Platinum	Pt	195.08
25	Manganese	Mn	54.93805	79	Gold	Au	196.96654
26	Iron	Fe	55.845	80	Mercury	Hg	200.59
27	Cobalt	Co	58.93320	81	Thallium	Tl	204.3833
28	Nickel	Ni	58.6934	82	Lead	Pb	207.2
29	Copper	Cu	63.546	83	Bismuth	Bi	208.98037
30	Zinc	Zn	65.39	84	Polonium	Po	208.9824*
31	Gallium	Ga	69.723	85	Astatine	At	209.9871*
32	Germanium	Ge	72.61	86	Radon	Rn	222.0176*
33	Arsenic	As	74.92159	87	Francium	Fr	223.0197*
34	Selenium	Se	78.96	88	Radium	Ra	226.0254*
35	Bromine	Br	79.904	89	Actinium	Ac	227.0278*
36	Krypton	Kr	83.80	90	Thorium	Th	232.0381*
37	Rubidium	Rb	85.4678	91	Protactinium	Pa	231.0388*
38	Strontium	Sr	87.62	92	Uranium	U	238.0289
39	Yttrium	Y	88.90585	93	Neptunium	Np	237.0482*
40	Zirconium	Zr	91.224	94	Plutonium	Pu	244.0642*
41	Niobium	Nb	92.90638	95	Americium	Am	243.0614*
42	Molybdenum	Mo	95.94	96	Curium	Cm	247.0703*
43	Technetium	Tc	97.9072*	97	Berkelium	Bk	247.0703*
44	Ruthenium	Ru	101.07	98	Californium	Cf	251.0796*
45	Rhodium	Rh	102.90550	99	Einsteinium	Es	252.083*
46	Palladium	Pd	106.42	100	Fermium	Fm	257.0951*
47	Silver	Ag	107.8682	101	Mendelevium	Md	258.10*
48	Cadmium	Cd	112.411	102	Nobelium	No	259.1009*
49	Indium	In	114.818	103	Lawrencium	Lr	262.11*
50	Tin	Sn	118.710	104	Unnilquadium	Unq	261.11*
51	Antimony	Sb	121.760	105	Unnilpentium	Unp	262.114*
52	Tellurium	Te	127.60	106	Unnilhexium	Unh	263.118*
53	Iodine	I	126.90447	107	Unnilseptium	Uns	262.12*
54	Xenon	Xe	131.29				





## الفصل الثاني - أنواع الإشعاعات Types and Sources of Radiation

### أولاً الإشعاعات المؤينة Ionizing radiation

يطلق اسم الإشعاعات المؤينة على جميع الإشعاعات النووية Nuclear Radiation التالية :

- \* الإشعاعات الكهرومغناطيسية (الأشعة السينية X-Ray وأشعة جاما Gamma Ray)
- \* والجسيمات المشحونة (جسيمات البروتونات Proton وجسيمات ألفا Alpha وجسيمات بيتا Beta) التي تماثل الـ إلكترونات Electron
- \* وجسيمات النيوترونات Neutrons المتعادلة الشحنة التي تنتج من تفاعل بعض العناصر والانشطار النووي ، تعيش النيوترونات الحرة (التي خارج النواة) حوالي 15 دقيقة ثم تتفكك إلى إلكترون أو بروتون.
- \* وغيرها كجسيمات الميزونات Meson والبوزترونات Positron

سميت بالإشعاعات المؤينة لأنها تقوم بتأيين الوسط الذي تمر فيه مما يؤدي إلى تغيير في تركيب ذلك الوسط وهو ما نعبر عنه بالآثار الصحية المدمرة للإنسان والحيوان والنبات والتربة والمياه. باختصار... عند سقوط الإشعاعات المؤينة على الخلية فإنها تؤدي إلى تأين بعض مكوناتها وخصوصاً جزيئات الماء الذي يمثل الجزء الأكبر في أي خلية حية ، ويؤدي تأين جزيئات الماء إلى حدوث تغيرات كيميائية تؤدي بدورها إلى إحداث تغيرات في تركيب ووظيفة الخلية . ويمكن أن تظهر نتائج هذه التغيرات في الإنسان في شكل أعراض إكلينيكية كالمرض الإشعاعي أو إعتام عدسة العين أو بالإصابة بالسرطان على المدى البعيد وهكذا تؤدي الإشعاعات المؤينة إلى إتلاف الخلية.

### أنواع الإشعاعات المؤينة :

#### 1- الأشعة السينية X-Ray

الإشعة السينية هي عبارة عن حزمة طاقة تسمى فوتونات Photons تصدر من خارج النواة عن طريق تحويل الإلكترونات إلى فوتونات تسير في الهواء لعدة مئات من الأمتار مخترفة الذي امامها وهي تحمل اشعاع / موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic radiation/Wave على شكل طاقة وليس لها كتلة.

هذه الأشعة يتراوح طولها الموجي بين انجستروم واحد إلى 400 أنجستروم، توجد في الطبيعة نتيجة لبعض التفاعلات النووية، الكيميائية الطبيعية أو نتيجة استخدام أجهزة طبية تعمل على نقل الإلكترونات من مستوى طاقة عالية إلى مستوى طاقة أقل، حيث ينطلق فرق الطاقة على هيئة أشعة إكس (فوتونات).

حيث ان أشعة اكس بنوعها (المميزة والكبح) تصدر من خارج النواة وتنقسم إلى قسمين :

أ- الأشعة السينية المميزة للذرات

وهي أشعة صادرة من الإلكترونات التي تدور حول النواة وهي في حالة مثارة (طاقتها اعلى من وضع الاستقرار) .

ب- أشعة الكبح (الأشعة السينية المستخدمة بالتصوير)

وهي تختلف عن الأشعة السينية المميزة للذرات من حيث المنشأ حيث تصدر الأشعة السينية (الكبح) عندما تسرع الإلكترونات بفرق جهد من المهبط إلى المصعد وينحرف مسارها عند وصولها إلى المصعد فتتناقص سرعتها وتفقد جزء من طاقتها على شكل أشعة سينية.







### مكونات جهاز انتاج اشعة اكس

يشكل الالكترود قلب جهاز انتاج اشعة اكس والذي يتكون من كاثود "يسمى مهبط موجود فوق" وأنود "يسمى مصعد وموجود تحت" داخل انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء. يتكون الكاثود من فتيلة تسخين "من مادة التنجستين" مثل الموجودة في المصباح الكهربائي، عندما يمر التيار الكهربائي خلال الفتيلة ترتفع درجة حرارتها تدريجياً إلى ان تصل درجة الحرارة التي تمكن إلكترونيات الفتيلة من الانبعاث من سطحها. الأنود عبارة عن قرص من التنجستين مشحون بشحنة موجبة تعمل على جذب الإلكترونات المحررة من الكاثود.

فرق الجهد العالي بين الكاثود والأنود يساعد على تعجيل الإلكترونات لتنتقل بقوة في اتجاه الأنود. عندما تصطدم الإلكترونات بذرات مادة الانود (التنجستين) فإن هذه الإلكترونات تعمل على الاصطدام بالكترونات ذرات التنجستين في المدارات الداخلية القريبة من نواة الذرة والتي تكون طاقتها كبيرة. يقوم الكترون في مدار أعلى بسد الفراغ الذي حدث مما يؤدي الى انطلاق فوتون يحمل فرق الطاقة بين المستويين. ولأن الفرق في مستويي الطاقة كبير فإن الفوتون الناتج يكون فوتون اشعة أكس. ويستخدم اليوم السيراميك كمادة للمصعد "الأنود" ويكون مكان اصطدام الإلكترونات عليه مغطى بالموليبدينوم أو بالنحاس أو بالتنجستن.

**الأشعة السينية X-Ray :** تنبعث هذه الأشعة من عمليات خارج نواة الذرة ، وذلك عن طريق انبواب الأشعة السينية المفرغ كلياً من الهواء والذي يحتوي على قطبين **Electrodes**، أحدهما سالباً يدعى (الكاثود **Cathode** او المهبط) والآخر موجباً يدعى (الأنود **Anode** او المصعد). القطب السالب هو عبارة عن خويط من التنكستن **Tungsten** واقعاً في احدى نهايتي الأنبوب الزجاجي ، وفي النهاية الأخرى حيث يتواجد القطب الموجب فهو عبارة عن قطعة من النحاس. وتحت تأثير امرار التيار الكهربائي **Electric Current** ما بين الكاثود والأنود تنبعث الألكترونات من الكاثود بتعجيل عال جداً ، بسبب فرق الجهد العالي ، متجهة نحو الأنود ، عندها تتوقف هذه الألكترونات المعجلة عن حركتها لدى اصطدامها او سقوطها على الأنود (المصعد) الذي يصبح عندئذ مصدراً لحزمة الأشعة السينية الخارجة من نافذة معينة باتجاه جسم المريض.

### استخداماتها

- في التصوير الشعاعي في الطب للكشف عن الأسنان والعظام وكسورها وتحديد مواقع الأجسام الصلبة مثل الشظايا أو الرصاص في الجسم، وكذلك الكشف عن الأورام في الجسم،
- علاج الأورام الخبيثة والقضاء عليها. فالأشعة السينية تميت الخلايا السرطانية وتقضي عليها، أما خلايا الجسم السليمة فهي تستعيد حيويتها بعد فترة نقاهة وتعود سليمة معافاة.
- استخدمت الأشعة السينية أيضاً في الصناعة لكشف الهنات والشقوق في القوالب المعدنية والأخشاب المستعملة في صناعة الزوارق، كما ساعدت دراسة طيف امتصاص هذه الأشعة في المادة على جعل الأشعة السينية طريقة لكشف العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها. وتستعمل في هذه الحالة الأشعة السينية التي تميز كل عنصر من العناصر الكيمياوية.
- في مجال الأمن تستخدم الأشعة السينية في مراقبة حقائب المسافرين في المطارات بحثاً عن أسلحة أو قنابل
- في علم دراسة الأجسام الصلبة إذ انه باستخدام حيود الأشعة السينية اتضح وجود تناظر معين في بعض أنواع الجوامد) البلورات (وكانت تلك بداية انطلاقة جبارة في دراسة خصائص الجوامد والتركيب البلوري، ومعرفة التركيب الذري للعناصر.
- في مجال الفن استخدمت للتعرف على أساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة، وذلك لأن الألوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على كثير من المركبات المعدنية التي تمتص الأشعة السينية، وأما الألوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الأشعة السينية بنسبة أقل. يمكن أخذ خطر الأشعة السينية بعين الاعتبار إذا عرفت أن الأشعة السينية الطبية من كافة الأنماط مسؤولة عن أقل بقليل من 10% من التعرض الإجمالي للإشعاع بالنسبة إلى سكان الولايات المتحدة، حيث تشتمل المصادر الأخرى للإشعاع على الرادون **Radon** والفضاء الخارجي والصخور والتربة. ويعادل مقدار الإشعاع الناجم عن الصورة بالأشعة السينية للمصدر ما تتعرض له خلال رحلة جوية بالطيارة الممتدة عبر قارة.





### الفرق بين التصوير بالأشعة السينية و التصوير النووي؟

عند خضوعك للتصوير بالأشعة السينية، يمر الإشعاع من خلال جسمك لإنتاج الصورة؛ أما خلال إجراءات التصوير النووي، فيجري إدخال مقدار بسيط من الإشعاع إلى جسمك، ويؤدي ذلك إلى ظهور الصور عندما ينتشر الإشعاع إلى الخارج.

### كيفية القيام بالتصوير النووي

تحقن كميات زهيدة من مادة مشعة **Radioactive Material** تدعى النويدات المشعة **Radionuclides** في المجرى الدموي، وتعطي مواد الاقضاء هذه «Tracers» مقادير صغيرة من الطاقة (الإشعاع) الذي يكتشف بكاميرات خاصة تشبه عدادات جيجر **Geiger Counters**. تعالج «كميات» الإشعاع بالحاسوب، وتنتج صورة مبدئية توزع المادة في جسمك، واستنادا إلى المادة المشعة الاستشفافية والنمط النوعي للتصوير، يمكن أن نخبر هذه الإجراءات طبيبك بالكثير عن عضلة قلبك والجريان الدموي لديك.

في الطب النووي للكشف وتشخيص الأورام تتم بطريقة التصوير بواسطة أشعة جاما. وميزة هذه الطريقة هي إعطائها صوراً مجسمة. وتتطلب الطريقة حقن المريض بنظير مشع يسمى نيوكليد مشع في أحد عروق الدورة الدموية (مثل محللول الجاليوم ومن خواص الجاليوم أنه يتركز في أنواع معينة من الأنسجة الجسمية. كما يمكن اختيار نظائر مواد أخرى تتركز في الكلى أو الرئة أو غيرها والتي تكون تحت التشخيص. وعن طريق تصوير أشعة جاما الصادرة من العضو الذي تركزت فيه المادة المشعة يمكن أخذ صور لمقاطع عضو المريض .

## 2- أشعة جاما Gamma ray

أشعة جاما هي عبارة عن حزمة طاقة تسمى فوتونات **Photons** تصدر من نواة الذرة وتسير في الهواء بسرعة الضوء **C velocity / Speed of Light** لعدة مئات من الأمتار مخترةً الذي امامها ، وهي تحمل اشعاع / موجات كهرومغناطيسية **Electromagnetic radiation/Wave** وليس لها كتلة . أشعة جاما تصدر من نوي الذرات الغير مستقرة حيث ان نوي هذه الذرات تصل إلى الاستقرار عن طريق إصدار إشعاعات من ضمنها اشعة جاما.

تعتبر أشعة جاما هي أكثر الإشعاعات قوةً في اختراق الأجسام وهي فوتون ذو طاقة عالية وبدون شحنة وبدون كتلة وتنطلق مثل شعاع الضوء بسرعة الضوء. اشعة جاما هي نوع عالي الطاقة من أشعة إكس . لحجب تلك الأشعة نحتاج إلى لوح من معدن ثقيل للوقاية من إشعاعها و عادةً يكون الحائل من الرصاص " لأن الرصاص يمتص اشعة جاما بشدة " أو من الباريوم للتقليل من حدة ضررها ، وقد يكون سمك الحائل عدة سنتيمترات.

أشعة جاما موجاتها قصيرة جداً حيث يتراوح طولها الموجي بين 0.05 أنجستروم إلى 0.005 أنجستروم ، ومصدرها الرئيسي "الشمس" مليون إلكترون فولت ثم من النظائر المشعة الطبيعية واهمها (اليورانيوم) بالإضافة إلى النظائر التي من صنع الإنسان مثل نواتج الانشطار النووي، النظائر المشعة المستخدمة في الطب، الصناعة، البحوث و المجالات الأخرى وتم تقسيمها كالتالي :

### 1- النظائر المنتجة في المفاعلات

- **Technetium-99m** : تكنيشيوم99 ( <sup>99m</sup>Tc ) ، • **Chromium-51** كروميوم 51 : ( <sup>51</sup>Cr )
- الكوبالت 60 : ( <sup>60</sup>Co ) ، • النحاس 64 : ( <sup>64</sup>Cu ) ، • اليود 131 : ( <sup>131</sup>I )
- السماريوم 153 : ( <sup>153</sup>Sm )

### 2- النظائر المنتجة في المعجلات

- الجاليوم 67 : ( <sup>67</sup>Ga ) ، • التالسيوم 201 : ( <sup>201</sup>Ta ) ، • اليود 123 : ( <sup>123</sup>I )

المهم ان النظائر المشعة المعدة للتشخيص والعلاج تكون على شكل مواد سائلة ،صلبة ،غازية،ومن امثلة النظائر السائلة التكنيشيوم والجاليوم اما الصلبة مثل كبسولات اليود اما النظائر الغازية مثل الكربون والزينون .





### تطبيقات اشعة جاما

في الطب تستخدم اشعة جاما في الطب لقتل الخلايا المتسرطنة ومنعها من النمو. حيث تنفذ اشعة جاما في الجلد وتعمل على تأيين الخلايا وهذا يسبب قتل تلك الخلايا.  
في الصناعة تستخدم اشعة جاما في الصناعة لفحص انابيب البترول وسلامة اللحام واكتشاف نقاط الضعف فيها. حيث تستخدم اشعة جاما في تصوير هذه الانابيب بتسليط اشعة جاما على الانابيب ويوضع فيلم حساس خلف الانابيب وتتكون صورة الظل على الفيلم حيث تظهر مناطق الضعف بصورة مميزة مثل تصوير عظم الإنسان بواسطة اشعة اكس، كما تستخدم اشعة جاما في تخليص المواد الغذائية المصنعة من الجراثيم والبكتيريا وكذلك في تعقيم الحبوب وغيره وتنتج اشعة جاما في المفاعلات النووية وتنتج أيضا خلال التفاعل النووي في القنابل النووية.  
في العلوم تستخدم اشعة جاما في تطوير المفاعلات والقنابل النووية والتجارب العلمية لكشف اسرار النواة.

### خطورة أشعة جاما والوقاية منها

التعرض لأشعة جاما يسبب تأيين للخلايا البشرية وتتسبب بصورة رئيسية في الإصابة بالسرطان. ولوقاية الأشخاص الذين يعملون في مجال اشعة جاما يستخدم حاجز سمكه 1 سم من الرصاص حيث أن له أكبر معامل امتصاص لهذه الاشعة.  
يعمل العاملون في مجال استخدام اشعة جاما على التقليل من التعرض لها قدر الإمكان، ولتقليل التعرض لها يتطلب التخطيط الدقيق لطريقة استعمالها وتقليل مدة التعرض لها واستعمال الحوائل الواقية منها مثل ألواح الرصاص. وكما في حالة الضوء تتناسب شدة الإضاءة تناسباً عكسياً مع مربع المسافة من المصدر. فهذا يعني ان شدة الإشعاع تقل إلى الربع إذا زاد البعد عن المصدر بمقدار الضعف.  
ومن المشكلات الحقيقية أن الإنسان ليست له حاسة لرؤية تلك الأشعة ومشكلة الجهل بمواقع تواجدتها. فقد حدث في السنوات السبعينية من القرن الماضي أن بعض عمال الرادار أصيبوا بتلك الاشعة. فلم يكن معروفاً حتى ذلك الوقت أن تغيير الجهد الكهربائي المفاجئ عند الضغوط العالية فوق 20 ألف فولت يتسبب في تولد أشعة انكباح - Bremsstrahlung وهي نوع من أشعة جاما - كما يحدث في أجهزة الأشعة السينية.  
وتعتبر أشعة جاما من أخطر الإشعاعات في المجال الكهرومغناطيسي، إذ أنها تمتلك الطاقة الأعلى بسبب ارتفاع ترددها.

### الفوتون Photon

هو جسيم أولي متناهي الصغر، وهو المسئول عن الظاهرة الكهرومغناطيسية. وهو حامل الإشعاع الكهرومغناطيسي لكل أطوال الموجات، بما فيها أشعة جاما و الأشعة السينية ويختلف الفوتون عن الكثير من الجسيمات الأولية الأخرى، مثل الإلكترون فهو يتحرك في الفراغ بسرعة الضوء  $C$  التي تعادل 300,000 كيلومتر في الثانية.  
الفوتون ليس له كتلة.  
ينشأ الفوتون الضوئي في الذرة عندما يقفز أحد إلكترونات الذرة من مستوى طاقة علوي إلى مستوى طاقة سفلي، عندئذ يطلق الإلكترون فارق الطاقة على هيئة فوتون له تردد محدد.  
حيث ان الكتلة : هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة  
في قانون أينشتاين الطاقة = الكتلة ضرب مربع سرعة الضوء (أي أن للفوتون كتلة و لكنها ضئيلة لدرجة الصفر.  
عندما ينتقل الإلكترون إلى المدار ذو مستوى الطاقة الأعلى فإنه ما يلبث إلا أن يعود وينتقل إلى المستوى الطاقة الأدنى، وعندها فإن الإلكترون يحرر طاقة في صورة فوتون (ضوء).  
تصدر الإلكترونات الفوتونات عند اثارها وعلى سبيل المثال عند تسخين معدن مثل سلك السخان الكهربائي فإنه يتحول لونه من اللون المعتم إلى اللون المتوهج وهذا التوهج ناتج من الفوتونات التي انطلقت بعد اثاره ذرات مادة سلك السخان الكهربائي.







### 3 - جسيمات ألفا Alpha Particles

وهي عبارة جسيمات تنبعث Emits من :

#### 1- غاز الرادون <sup>222</sup> RN RADON

هو غاز عديم اللون والطعم والرائحة وهو ذو منشأ طبيعي وهو باعث لجسيمات ألفا بطاقة (5.4 MeV). يبلغ عمره النصفى ( 3.825 ) يوم وينتج عن تفكك عنصر الراديوم المشع 226 RA الذي عمر نصفه 1600 سنة ويستمر في توليد غاز الرادون في سلسلة تفككه الإشعاعي حيث ان الراديوم 226RA من نواتج تحلل اليورانيوم 238U.

غاز الرادون مصنف ضمن الغازات الخاملة Inactive gases او النبيلة Noble Gases وهي التي تشكل في مجموعها تقريباً نسبة 1% من الهواء الجوي المحيط بنا (الهليوم He، والنيون Ne، والأرجون Ar، والكربيتون Kr، والزينون Xe، والرادون Rn (وهو عنصر له نظائر مشعة 219RN و 220RN واهمها 222RN). حيث ان غاز الرادون 222RN أثقل من الهواء سبع مرات ونصف مما يؤدي إلى وجوده في الأسفل دائماً ونسبته واحد في الألف من الهواء الجوي ولكن يكون تركيز الرادون داخل المنزل بشكل عام أعلى من 2 إلى 10 مرات منه في الخارج.

غاز الرادون 222RN هو الأطول عمراً من بين نظائر الرادون (الأكتونون 219Rn actinon ، الثورون 220Rn thoron، الرادون 222Rn radon ) إذ يبلغ عمره النصفى ( 3.825 ) يوم وهذا العمر يمنحه القابلية على الانتشار لمسافات في الجو ثم يتحول إلى عنصر البولونيوم polonium Po الباعث أيضاً لجسيمات ألفا.

#### \*النظائر Isotopes

تختلف العناصر فيما بينها في العدد الذري ( عدد البروتونات ) إلا أن هنالك عناصر تتشابه في العدد الذري وتختلف فيما بينها في العدد الكتلي (عدد البروتونات + عدد النيوترونات) وتعرف هذه العناصر بالنظائر. العناصر المستقرة هي التي لا تشع ودليلها على ذلك تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتجها. العناصر غير المستقرة هي التي تشع ودليلها على ذلك عدم تساوي عدد البروتونات والنيوترونات في نواتجها... فتصبح نظائر مشعة.

أن الرادون له القابلية على الانتقال في الهواء من مكان إلى آخر دون أي إعاقة ، مما يجعل عملية التعرض له والإشعاعه تحدث باحتمالية عالية لعدد كبير من الناس حيث أوضحت الدراسات انه عند مسامية منخفضة تكون حبيبات التربة متقاربة إلى بعضها فعندما تنبعث ذرة الرادون من الحبيبة فان طاقة ارتدادها تطمرها في حبيبة أخرى وبهذا لا تستطيع الإفلات بسهولة .

وتكمن الآثار الصحية للرادون في جسيمات ألفا الصادرة عنه وعن نواتج تفككه، حيث تمتلك هذه الجسيمات الطاقة الكافية لتخترق النسيج وتصل إلى القسم الداخلي للخلايا وتخرّب هذه النسيج. هناك طريقتان يمكن للرادون ونواتج تفككه أن تدخل جسم الإنسان وهما التنفس والهضم. ويعتقد أن الهضم ليس خطراً حيث وجود الطعام في المعدة ولو بسماكة لا تتجاوز 1.5 مم يمكن أن يوقف معظم جسيمات ألفا الصادرة عن تفكك الرادون ووليداته، وبما أن الرادون غاز نبيل ذو عمر نصف كبير مقارنة مع الدورة التنفسية ، فهو إما ينتقل إلى الدورة الدموية أو يعود ويخرج من الرئة عن طريق الزفير و لما كانت نواتج تفكك الرادون تعلق نفسها على المعلقات الهوائية فليدها احتمال كبير أن تدخل الرئة وتتفكك و تؤدي الرئة، وبما ان الرادون أثقل من الهواء فهو يكون قريب من التربة.





## 2- نواة نظير ذرة الهليوم $4\text{He}$ (جسيم ألفا - نظير نواة الهليوم-4)

وهي تتكون من نيترونين وبروتونين وهي جسيمات موجبة الشحنة (جسيمات ألفا) ويمكن إيقاف فعالية وتأثير هذه الجسيمات بورقة فقط او حتي بالبعد عنها مسافة 4 سم ولا يتعدى اختراقها الجلد بضعة ملليمترات في حالة ملامستها ولكن تكمن خطورتها عندما تتبلع حيث تفتك بالا نسجه المحيطة بها داخل الجسم. هناك 9 نظائر معروفة للهيليوم  $\text{He}$  ، ولكن النظيرين هيليوم-3 وهيليوم-4 هما الوحيدين المستقرين، فالبقية لها نشاط إشعاعي، وتتحول بسرعة إلى عناصر أخرى. أكثر النظائر انتشارا هو هيليوم-4 ، وهو يتكون من جسيم ألفا في نواته الذرية، ويدور حولها 2 إلكترون في الغلاف الذري، وجسيم ألفا هو أكثر الجسيمات استقرارا.

والمقصود بالاستقرار انها ليس لها عمر النصف "لا يوجد تحلل اشعاعي اصلا" (النظيران هيليوم-3  $^3\text{He}$  وهيليوم-4  $^4\text{He}$ ) وكذلك باقي النظائر المشعة للهيليوم قصيرة العمر و أطولها عمرا هو  $^6\text{He}$  بعمر نصف مقداره 806.7 ميلي ثانية .

باختصار هي تيار من نويات الهيليوم المشحونة إيجابياً، مسلطة من ذرة عنصر مشع بسرعة عالية، ولكن بقدرة ضعيفة على الاختراق. ليس لها قابلية على اختراق الجلد فجسيم ألفا هو كتلة صغيرة من مادة تتكون من اثنين من البروتونات و اثنين من النيوترونات ، جسيمات ألفا لا تذهب بعيدا جدا عن مصدرها المشع لها. وهي لا تستطيع أن تخترق الملابس، او الورق أو حتى طبقة من الخلايا الميتة التي عادة ما تحمي الجلد، لأن جسيمات ألفا لا يمكن أن تخترق الجلد البشري لا يتم النظر إليها على أنها "خطر التعرض الخارجي". هذا يعني أنه إذا كانت جسيمات ألفا خارج جسم الإنسان فانه لا يمكن أن تضر به ، ومع ذلك، ولكنها عندما تدخل الجسم تشكل خطرا على الصحة إذا كانت موجودة بكميات كافية كبيرة .على سبيل المثال، استنشاق غاز الرادون في الأماكن المغلقة حيث ان استنشاق جسيمات ألفا تستقر في أنسجة الرئة و تقوم بالإشعاع في الداخل .و اشعة ألفا هي تيارات من جسيمات ألفا، يمكن للإشعاعات المؤينة بشكل عام ( التي من ضمنها اشعة الفا) ان تتلف الحمض النووي، و RNA والبروتينات مباشرة، ولكن في كثير من الأحيان فان الأضرار التي تحدثها هذه الجزيئات غير مباشر، لانها تسهم في توليد الجذور الحرة شديدة التفاعل في الجسم وذلك عندما تتفاعل هذه الأشعة مع جزيئات الماء داخل الخلايا، و يمكن لجرعات كبيرة من الإشعاع ان تسبب موت الخلايا، والجرعات المنخفضة قد تؤثر في نمو الخلايا. يمكن للأضرار التي تلحق بمكونات الخلية الأخرى الى ضمور في الانسجة و نقص التنسج و تليف في نهاية المطاف.

## 4- جسيمات بيتا Beta Particles

يعتبر الكربون-14 ( $^{14}\text{C}$ ) مصدر لإنتاج أشعة بيتا فهي عبارة عن جسيمات سالبة أو موجبة الشحنة مقدوفة من نواة الذرة وفي الغالب تكون جسيمات سالبة الشحنة **negative charge** تماثل الإلكترونات وهي ناتجة عن عملية التحلل الإشعاعي ولها القدرة على اختراق الجلد وهي تسير في الهواء لعدة أمتار ومن ثم تفقد طاقتها. ويمكن إيقاف مسار اشعتها بواسطة قطعة من الخشب، ويعتبر كربون 14 من النظائر المشعة للكربون المنتجة لهذه الاشعة .

$^{14}\text{C}$  Decay Table : Physical Half-Life: 5730 Years

طريقة تكون الكربون-14:

تصطدم الأشعة الكونية **cosmic rays** بالغلاف الجوي باستمرار ، ويقدر أن ملايين الأشعة الكونية تصطدم بجسم الإنسان كل ساعة. تصطدم الأشعة الكونية بذرات الغلاف الجوي مما ينتج عنه أشعة كونية ثانوية في شكل نيوترونات تحمل طاقة حركة، تصطدم هذه النيوترونات بذرات النيتروجين-14 المكون من سبع بروتونات وسبع نيوترونات، ينتج عن هذا التصادم ذرة كربون-14 المكونة من ستة بروتونات وثمانية نيوترونات وتتحول ذرة هيدروجين المكونة من بروتون واحد فقط. تعتبر ذرة الكربون-14 ذرة غير مستقرة لأن عدد بروتوناتها لا يساوي عدد نيوتروناتها مما تسمى بالكربون المشع الذي له عمر نصف (وهو العمر اللازم لكي تقل كمية النشاط الإشعاعي إلى النصف) هو 5730 سنة.

الكربون 14 هو نظير من نظائر الكربون المشعة ، وهو مصدر لأشعة (B) يتحلل بمرور الوقت . فإذا كان لدينا كمية معينة منه ، بعد مرور 5730 عام يكون قد تحلل نصفها ، وهذا ما ندعوه بعمر النصف ، ويكون لنا هذا العمر بمثابة الأساس الذي نعتمد عليه في اعتبار كربون 14 كطريقة ناجعة في تحديد العمر، شرح للدورة الطبيعية لإنتاج كربون 14 وامتصاصه في النبات ومن ثم للإنسان إلى ان يتحلل إلى نيتروجين 14 وتقل نسبته في الجسم بمرور الزمن الكربون 14 موجود في كل الكائنات الحية.



وللعلم يتكون الكربون الموجود في الغلاف الجوي والكانتات الحية بالدرجة الاولى من النظير المستقر الكربون 12 حيث تبلغ نسبته 98.89% من الكربون وللكربون (C) خمس عشر نظير معروف تتراوح الكتلة الذرية لها ما بين  $^8\text{C}$  و  $^{22}\text{C}$ ، اثنان منها نظيرين مستقرين  $^{12}\text{C}$  و  $^{13}\text{C}$  يعد النظير  $^{14}\text{C}$  ذو عمر النصف الأطول من بين النظائر المشعة ويبلغ 5730 سنة، وهو النظير المشع الوحيد الموجود في الطبيعة، ويتكون وفق المعادلة:  $14\text{N} + 1\text{n} \rightarrow 14\text{C} + 1\text{H}$  وأكثر نظير مشع مصطنع ثابت للكربون هو النظير كربون-11  $^{11}\text{C}$ ، والذي لديه عمر نصف مقداره 20.334 دقيقة، في حين أن باقي قيم عمر النصف لباقي النظائر المشعة أقل من 20 ثانية، مع العلم أن أغلبها تحت 200 ميلي ثانية، أقل هذه النظائر ثباتاً هو النظير كربون 8 بعمر نصف  $2.0 \times 10^{-21}$  ثانية.

### 5- جسيمات البروتونات Proton Particles

وهي عبارة عن جسيمات ذات شحنة موجبة موجودة داخل النواة.

### 6 - جسيمات النيوترونات Neutrons Particles

وهي عبارة عن جسيمات متعادلة الشحنة موجودة داخل النواة وهي تنتج من تفاعل بعض العناصر ومن الانشطار النووي. لا يوجد بالطبيعة مواد مشعة تنتج النيوترونات ولكن يتم صناعياً تحضير مصادر لها لا استخدامها في تطبيقات عديدة منها الانشطار النووي.

### 7 - جسيمات الميزونات Meson Particles والبوزترونات Positron Particles







## ثانياً الإشعاعات غير المؤينة Non-ionizing radiation

الإشعاعات غير المؤينة أقل طاقة من الإشعاعات المؤينة وهي لا تمتلك طاقة كافية لإنتاج الأيونات ولكن يمكن رؤيتها بعضها مثل ضوء الشمس.

أمثلة الإشعاعات غير المؤينة التي تستخدم في تقنيات مهمة :

أشعة الشمس التي تحتوي على الأشعة فوق البنفسجية ( Ultra-violet Rays ) حيث تعمل طبقة الأوزون على الحد من شدة هذه الأشعة على سطح الأرض. والإشعة تحت الحمراء وموجات الراديو والميكرويف وأنظمة تحديد المواقع العالمية والهواتف النقالة ومحطات التلفزيون والراديو والهواتف اللاسلكية والحقول المغناطيسية وأبراج الضغط العالي والأسلاك والعدد الكهربائية و أشعة الليزر.

وهي تعرف بتردداتها المنخفض وموجاتها لا تضر بالصحة كثيراً . وعلى الرغم من المزايا الإيجابية التي تقدمها هذه التقنيات فإن هناك تأثيرات صحية يجب الحذر منها واتباع إجراءات السلامة والحماية في التعامل معها .

الفوتون Photon هو حامل الإشعاع الكهرومغناطيسي لكل أطوال الموجات الخاصة بالإشعاعات غير المؤينة ك نور الشمس والأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو والميكرويف وأنظمة تحديد المواقع العالمية والهواتف النقالة ومحطات التلفزيون والراديو والهواتف اللاسلكية والحقول المغناطيسية وأبراج الضغط العالي والأسلاك والعدد الكهربائية .)

سرعة الضوء Speed of Light (هو الثابت الفيزيائي c ) هي أقصى سرعة تستطيع أن تسافر بها كل أشكال الطاقة، أو المادة، أو المعلومات في الفضاء .وهي سرعة سفر الجسيمات عديمة الكتلة ومجالاتها المتلازمة (بما في ذلك الإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء). سرعة الضوء عبر الفراغ هي ثابت فيزيائي عالمي هام في العديد من مجالات الفيزياء، يرمز له في العادة بالرمز c و تساوي قيمته بدقة 299,792,458 متر لكل ثانية ، وهو ما يعادل بعد التقريب لثلاثة أرقام معنوية 300,000 كيلومتر في الثانية أو حوالي مليار كيلومتر لكل ساعة.



## الفصل الثالث - النظائر المشعة المنتجة في المفاعلات والمعجلات النووية :

### المفاعل النووي Nuclear Reactor

هو عبارة عن معمل الغرض منه السيطرة على عملية الانشطار النووي المتسلسل والناجم عن وضع كمية من الوقود النووي (ذرة يورانيوم 235 و يورانيوم 238 & U<sup>238</sup>) ثم تعريضها لمصدر نيوتروني فتمتص ذرة الوقود احد هذه النيوترونات فينشطر اليورانيوم **فحصل على نيوترون أو أكثر**، فعمله هو تنظيم التفاعلات حتى لا تصبح الطاقة المتولدة من الانشطار عالية جدا فتصهر المفاعل وتعرضه للخطر ، التفاعل المتسلسل هو تفاعل ينتج من اصطدام النيوترونات الناتجة عن الانشطار بذرة وقود أخرى فحصل على انشطار جديد وعدد آخر من النيوترونات

والمفاعل يتكون من جزأين رئيسيين هما:

- 1- قلب المفاعل (يتكون قلب المفاعل من الوقود النووي وغالباً ما يكون يورانيوم 235).
- 2- منظومة السيطرة على تفاعلات القلب (وهي قضبان السيطرة المصنوعة من مواد قانصة للنيوترونات، وغالباً ما تكون من مادة الكادميوم).

أما الكرافيت أو الماء فهي مواد تحيط قلب المفاعل لغرض تهدئة النيوترونات السريعة المنطلقة من تفاعل الوقود. وتحاط المواد المهدنة بحواجز ثقيلة من الكونكريت لامتناس النيوترونات البطيئة وعدم السماح لها بالنفوذ إلى قاعة المفاعل. مهدئ القلب يحاط بتيار من الماء البارد للسيطرة على حرارة القلب. عند كل انشطار ينتج نيوترونان أو ثلاث نيوترونات ولغرض تخفيض عدد النيوترونات إلى نيوترون واحد، أي لكي يبقى المفاعل في عمله الطبيعي تحت السيطرة، تعمل قضبان السيطرة عملها في امتصاص النيوترونات الزائدة. وهذه العملية تتغير بتحريك قضبان السيطرة إلى داخل القلب وخارجه لكي يبقى مستوى التفاعل ثابتاً. هذه الحالة المتوازنة تتم عندما يكون عامل المضاعفة الفعال يساوي واحد وتدعى الحالة **الحرجة**، إما إذا زاد عامل المضاعفة عن واحد فإنها تسمى **بالحالة فوق الحرجة** ويكون التفاعل غير مسيطر عليه، وهذا ما يؤدي إلى انفجاره، كما يحدث في القنبلة النووية.

وبعض النظر عن أنواع المفاعلات وكيفية حدوث الانشطار النووي. فإن هناك توزيعاً واسعاً لكتل النظائر الناتجة عن انشطار الوقود النووي وشحنتها إذ تتكون أجزاء لكتل مختلفة ينتج عنها عناصر خفيفة تبدأ من الزنك ذو العدد الذري 30 إلى العناصر الثقيلة مثل الكادولونيوم ذو العدد الذري 64 . وهذا يعني أن النظائر المشعة الناتجة تتكون بأعداد كتلية بين قيمتين أحدهما قرب العدد الكتلي - 97 والثانية قرب العدد الكتلي - 137 ، وهذه النظائر ذات أعمار منصفة تتراوح بين أجزاء الثانية وملايين السنين. وعليه فإن هناك عدد كبير من دقائق العناصر المتكونة، تنبعث من مداخل المفاعلات، وتحرر إلى الجو أثناء العمل الاعتيادي في هذه المواقع . وعليه فإن العمل الاعتيادي للمفاعلات يحدث تراكم كمي للنويدات ذات الأعمار المنصفة الطويلة. أما معدل إنتاج النويدات ذات الأعمار المنصفة القصيرة في المنطقة القريبة من مفاعل ما، فيتوازن مع معدل انحلالها بعد فترة وجيزة من اشتغاله، علماً أن تركيز واختلاف النظائر المشعة في الجو يعتمد على زمن تشغيل المفاعل، وعلى كمية الوقود المحترق أي على قدرة المفاعل.

وأهم ما تطرحه المحطات النووية كنواتج لعمليات احتراق الوقود من المداخل على شكل غازات أثناء العمل الاعتيادي هي؛

- 1- غاز الكربتون، الزنون، واليود إذ تتحول هذه الغازات إلى متساقطات على التربة وفي المياه على شكل صلب لنظائر عنصري السيزيوم والسترونتيوم المشع.
- 2- شوائب أغلبها غازي الأركون والأوكسجين ونظائر الكوبالت والحديد والنيكل وكلها مشعة.

**المعجلات النووية Nuclear Accelerators** هي عبارة عن معمل الغرض منه تعجيل الجسيمات المشحونة لزيادة طاقتها ثم يقذف بها المادة الهدف لإثارة أنويتها ودراسة خصائص الأنوية في هذه المادة ، تطور المعجلات أدى لاكتشاف جسيمات جديدة كالميزونات والهايبرونات وضد البروتونات وضد الميزونات ... وعموما الهدف من المعجل تسريع الجسيمات حتى تصل لطاقة عالية .





## النظائر المشعة المستخدمة في الطب (الطب النووي) (والتي ينتهي بها المطاف فتكون مخلفات طبية مشعة)

عادة يحقن المريض بمادة مشعة وتستخدم كاميرا لتلقي فوتونات اشعة جاما الصادرة من المريض وتبثها للحاسوب لنحصل على صورة لعضو المريض وتكون المادة المشعة غالبا ثاليوم-201 أو تكنيشيوم-99m.

### 1- النظائر المنتجة في المفاعلات

تشمل النظائر المنتجة في المفاعلات مجموعة منها:

• Technetium-99m (Tc-99m) وتستخدم في تصوير عضلات القلب والدماغ والغدة الدرقية والرئتين.. يستخدم في الاجهزة الطبية التصويرية لأنه يرسل بسهولة 140 keV من أشعة جاما على شكل فوتونات .

Decay Table : Physical Half-Life: 1 Days (93.7% of it decays to 99Tc in 24 hours)

• Chromium-51 (Cr-51) كروميوم 51 ويستخدم في ترقيم كريات الدم الحمراء ودراسة الأوعية الدموية.

Decay Table : Physical Half-Life: 27.7 Days

• الكوبالت 60 (Co-60) ويستخدم شعاع جاما الصادر عنه في معالجة الأورام السرطانية.  
• النحاس 64 (Cu-64) ويستخدم لدراسة الأمراض الجينية المرتبطة بتناول عنصر النحاس.  
• اليود 131 (I-131) ويستخدم في علاج سرطان الغدة الدرقية والتصوير الإشعاعي لها ، كما يستخدم لاكتشاف القصور في وظيفة الكبد ودراسة جريان الدم في الكليتين وتحديد انسدادات الجهاز البولي.  
• السماريوم 153 (Sm-153) جدا فعال لتخفيف آلام سرطان العظام ، كما يستخدم في سرطان البروستات والثدي.

### 2-النظائر المنتجة في المعجلات

تشمل هذه المجموعة العديد من النظائر منها على سبيل المثال:

• الجاليوم 67 (Ga-67) يستخدم في تصوير الأورام.  
• الثاليوم 201 (Ta-201) يستخدم في تشخيص قصور عضلات القلب وفي قصور الغدة اللمفاوية • اليود 123 (I-123) ويستخدم في تشخيص أداء الغدة الدرقية.  
المهم ان النظائر المشعة المعدة للتشخيص والعلاج تكون على شكل مواد سائلة، صلبة، غازية، ومن امثلة النظائر السائلة التكنيشيوم والجاليوم اما الصلبة مثل كبسولات اليود اما النظائر الغازية مثل الكربتون والزينون

في الطب النووي يتم الكشف وتشخيص الأورام بطريقة التصوير بواسطة أشعة جاما .وميزة هذه الطريقة هي إعطائها صورا مجسمة. وتتطلب الطريقة حقن المريض بنظير مشع يسمى نيوكليد مشع في أحد عروق الدورة الدموية (مثل محلول الجاليوم ومن خواص الجاليوم أنه يتركز في أنواع معينة من الأنسجة الجسمية. كما يمكن اختيار نظائر مواد أخرى تتركز في الكلى أو الرئة أو غيرها والتي تكون تحت التشخيص. وعن طريق تصوير أشعة جاما الصادرة من العضو الذي تركزت فيه المادة المشعة يمكن أخذ صور لمقاطع عضو المريض .

كما تستخدم النظائر المشعة في توليد الكهرباء اللازمة لعمل الأقمار الصناعية.







## القياسات الإشعاعية Radiation Measure

\*لقياس كمية الإشعاع المؤين الممتص في الكائن الحي أو الجماد (وحدة قياس الجرعة الممتصة):  
نستخدم وحدة تسمى الجراي Gray (Gy)

\*لقياس كمية الإشعاع المؤين المؤثر على الكائن الحي .. بمعنى آخر هو قياس مدى الإصابة بالإشعاع النووي (وحدة قياس الجرعة المؤثرة): نستخدم وحدة تسمى السيفرت Sievert (Sv)

مقدمة :

السيفرت Sievert (Sv) هو أهم وسيلة أو وحدة لقياس الإشعاع المؤين من حيث مستوى الضرر الذي يلحقه بمن يتعرض له ويأخذ السيفرت في الحسبان نوع الإشعاع ودرجة حساسية الأنسجة والأعضاء.

ونظراً لضخامة وحدة السيفرت تم استخدام وحدات أصغر له مثل:

الميللي سيفرت (mSv) أو الميكروسيفرت (μSv)  
يحتوي السيفرت الواحد على 1000 ميللي سيفرت mSv  
ويحتوي الميللي سيفرت الواحد على 1000 ميكروسيفرت μSv

\* وبالإضافة إلى أهمية قياس كمية الإشعاع (الجرعة المؤثرة) يكون من المفيد في أغلب الأحيان قياس معدل تعرض الشخص لهذه الجرعة (معدل الجرعة)، مثل الميكروسيفرت/ الساعة أو الملي سيفرت/ السنة.

\* يلاحظ حدوث زيادة ملحوظة في خطر الإصابة بالسرطان لدى الأشخاص الذين تعرضوا لجرعات أعلى من 100 ملي سيفرت ولكن هناك أمل أن تنجح الخلايا التالفة في إصلاح نفسها في حالة تعرض الأشخاص لها على مدى فترة زمنية طويلة (انخفاض في معدل الجرعة المؤثرة). ولكن هناك احتمال أن تحدث آثار طويلة الأجل أيضاً إذا كانت هناك أخطاء في عملية إصلاح الخلايا التالفة، فتحولت تلك الخلايا إلى خلايا مشعة لا تزال قادرة على الانقسام. وقد يؤدي هذا التحول إلى إصابة الإنسان بالسرطان بعد مرور سنوات أو حتى عقود. وليس بالضرورة أن تحدث هذه التأثيرات، على الرغم من أن احتمال حدوثها يتناسب طردياً مع الجرعة الإشعاعية. ويشكل الأطفال والمراهقون الفئة الأكثر عرضة للخطر لأنهم أكثر حساسية للتعرض الإشعاعي بكثير من البالغين.

\* تتأكد الخطورة الكاملة لمرضى الإشعاع الحاد لدى الأشخاص الذين تعرضوا لجرعات تساوي أو أعلى من 1 سيفرت أي 1000 ميللي سيفرت

الحدود المسموح بها للتعرض للإشعاع من أجهزة المستشفى:

قيمة أقصى الجرعات الشعاعية المسموح التعرض لها للعامين (اطباء، فنيين، ممرضين .. الأعمار فوق 18)  
عند استخدام الفحص بالأجهزة المصدرة للإشعاعات المؤينة :

20 MSV لا تتجاوز عشرون ملي سيفرت Sievert لكامل الجسم في السنة  
أو

50 MSV لا تتجاوز خمسون ملي سيفرت Sievert لكامل الجسم في السنة

وأقصى جرعة مسموح بها خلال 5 سنوات هي :

100 MSV لا تتجاوز مائة ملي سيفرت MSV لكامل الجسم

150 MSV لا تتجاوز مئة وخمسون ملي سيفرت MSV لعدسة العين

500 MSV لا تتجاوز خمسمائة ملي سيفرت MSV للجلد ولأطراف





وقيمة اقصى الجرعات الشعاعية المسموح التعرض لها للمتدربين (متدربين، فنيين، ممرضين .. الاعمار بين 16 و18 ) عند استخدام الفحص بالأجهزة المصدرة للإشعاعات المؤينة :

6 MSV	سنة ملي سيفرت MSV	لكامل الجسم
50 MSV	خمسون ملي سيفرت MSV	لعدسة العين
150 MSV	مئة وخمسون ملي سيفرت MSV	للجلد والأطراف

قيمة اقصى الجرعات الشعاعية المسموح التعرض لها ممن ليس لهم علاقة بالمنشأة:

15 MSV	خمسة عشر ملي سيفرت MSV	لعدسة العين
50 MSV	خمسون ملي سيفرت MSV	للجلد والأطراف
1 MSV	واحد ملي سيفرت MSV	لكامل الجسم

أما بالنسبة للعاملات الحوامل فانه يجب أن لا تتعدي الجرعة للجنين 1 ملي سيفرت حيث يعامل علي أنه من عموم الناس ولا تتعدي الجرعة علي سطح بطن العاملة الحامل 2 ملي سيفرت أثناء الحمل.

### وحدات قياس النشاط الإشعاعي Radiation Measure

وحدات قياس النشاط الإشعاعي لأي مادة مشعة كالتالي بالترتيب :

#### 1- وحدة الكوري (Curie)

وهي لقياس عدد التحللات الإشعاعية في الثانية الواحدة لجرام واحد من الراديوم 226 النقي.. ( وقد وجد أن هذه الوحدة كبيرة جداً بالنسبة للقياسات الحديثة)

#### 2- وحدة بيك ريل (Bq Becquerel)

وهي وحد النشاط الإشعاعي أو معدل تحلل المواد المشعة Bq ، حيث يعرف 1 بيكريل بأنه كمية الإشعاع الصادرة من مادة مشعة تتحلل فيها نواة واحدة في الثانية.  
وبذلك تصبح وحدة البيكريل تساوي ثانية-1. وقد سميت تلك الوحدة على اسم العالم الفرنسي هنري بيك ريل وهي وحدة تستخدم لبيان معدلات تحلل المواد المشعة (لا تستخدم لقياس الجرعات الإشعاعية المؤثرة) أي انها لقياس العمر النصفى للمادة المشعة والتي تعني الزمن الذي يحتاجه العنصر ليتفكك نصف عدد ذراته (حيث يبلغ العمر النصفى لليود-131 هو 8 أيام في حين أن العمر النصفى للكربون-14 هو 5730 سنة) (أي أن بيك ريل الواحد يعادل تحلل إشعاعي لنواه واحدة في الثانية).

أمثلة :

- \* 15300 طن من النفايات المشعة تحتوي على 14.14 تيرا بيك ريل من مصادر اشعة الفا و41.12 تيرا بيك ريل من مصادر أشعة بيتا وجاما.
- \* كميات النفايات المشعة التي دفنت بين عامي 1949 و1982 في مواقع متعددة من شمال شرق المحيط الاطلسي فقد وصلت الى 73530 طنا معبأة في 149627 علبة
- \* النشاط الإشعاعي للنظير المشع يبلغ 7.3 جيجا بيك ريل في المتر المكعب الواحد.

#### 3- وحدة الرونتجن (R Roentgen)

وهي وحدة قياس مدي التعرض للأشعة السينية ، ولكن الرونتجن محدد على أساس قياس مادة واحدة وهي الهواء، فهو لا يصلح لتقدير الطاقة الممتصة في المواد الأخرى ذات الكثافات المختلفة.





#### 4- وحدة الراد (Rad)

وهي وحدة قياس مقدار الطاقة التي تنقلها الإشعاعات المؤينة للأنسجة الحية عند مرورها فيها وُحدت بأنها طاقة مقدارها 100 أرج لكل جرام واحد من الأنسجة الحية [ 1Rad=100erg/gr ]

#### 5- وحدة الجراي (Gray)

و يعرف الجراي بأنه وحدة الجرعة الممتصة.. **Absorbed Dose Rate** أو معدل الجرعة الممتصة ، لقد وجد أن الراد وحده صغيرة في الحسابات الإشعاعية، ولذلك تم إختيار وحدة اكبر وهي الجراي تعادل امتصاص طاقة إشعاعية مقدارها واحد جول في كيلو جرام واحد من المادة..

[ 1Gray=1Joule/Kg ] و ببعض العمليات الرياضية البسيطة نصل إلى أن: **Gray= 100Rad**

#### 6- سي فرت (Sv Sievert)

بعد تحديد وحدة الـ **Gray** والعمل بها كان لابد من عمل تقدير جديد في معامل نوعية الأشعة، معامل استجابة الأنسجة للجرعة الإشعاعية الممتصة، وقام المختصون بعمل دراسات، نماذج عديدة وتوصلوا إلى تحديد معامل النقل الإشعاعي **Radiation Weighting Factor** الذي يأخذ في الاعتبار نوع الأشعة المعينة وقيمة طاقتها .. وتختلف قيمة هذا المعامل طبقاً لنوع الأشعة وطاقتها، وهناك بعض المراجع الكثيرة التي تحدد قيمة هذا المعامل للأنسجة الحية المختلفة، وتساوي الطاقة الإشعاعية الممتصة مقدرة بالـ **Gray** مضروبة في معامل نوعية الأشعة، إستجابة الأنسجة، وتمثل هذه القيمة في النظام الدولي **SI: [ 1Sv=1Joule/kg ]**

#### 7- الريم (Rem)

وهو لقياس التأثير البيولوجي للإشعاع على جسم الإنسان... ولكن نظرا لانه لابد أن نأخذ في إعتبارنا مقدرة الإشعاعات المختلفة على التأين أو مقدار الطاقة الممتصة من الإشعاعات المختلفة في الأنسجة الحية، ولذلك تم إختيار وحدة أخرى لهذا السبب سميت بالـ **Rem** ، وكانت هذه الوحدة مستخدمة حتى عام 1980 لكن تم إستبدالها بعد ذلك بناءً على الدراسات الحديثة.

إذا الريم **Rem** وهي وحدة لقياس تكافؤ الجرعة للأنسان **Equivalent Man** .

يقاس التأثير البيولوجي للإشعاع على جسم الإنسان كالتالي :

- \* جرعة الإشعاع من الأشعة السينية على الصدر حوالي **10 mrem** .
- ويكون معدل الجرعة الإجمالي من الأشعة السينية الطبية هو **40 mrem** في السنة .
- \*معدل الجرعة الإجمالي للنظائر المشعة في الطب للتشخيص والعلاج هو **14 mrem** في السنة.
- \* جرعة الإشعاع من أجهزة التلفزيون ، الساعات المضيئة القديمة ، وبعض أجهزة الكشف عن الدخان هي **10 mrem** في السنة.
- \* جرعة الإشعاع من تجارب الأسلحة النووية في الغلاف الجوي هو حوالي **2 mrem** في السنة.
- \* جرعة الإشعاع الكوني عند مستوى سطح البحر حوالي **26 mrem**
- \* جرعة الإشعاع من البوتاسيوم **40** الذي في أجسامنا (النويدات المشعة الطبيعية ) **40 mrem / سنة** .







## النظائر المشعة الطبيعية

### أولاً النظائر المشعة في التربة:

تختلف توزيع المواد المشعة على الأرض بحسب التضاريس مثل انتشار مناجم الحديد ومناجم الفحم وغيرها المناطق الجبلية عموماً بها مواد مشعة أكثر من الأراضي المنخفضة .

وتقدر الهيئة الدولية للطاقة الذرية بأن في كيلوجرام من تربة الأرض به في المتوسط الكميات التالية من الأربعة نظائر المشعة الطبيعية:

370 بيكريل للبتواسيوم  $^{40}\text{K}$  التوزيع مختلف بين 100-700 Bq  
 و 25 بيكريل للراديوم  $^{226}\text{Ra}$  التوزيع المعتاد 10 - 50 Bq  
 و 25 بيكريل لليورانيوم  $^{238}\text{U}$  المستوى العادي 10 - 50 Bq  
 و 25 بيكريل للثوريوم  $^{232}\text{Th}$  المستوى العادي بين 7 - 50 Bq  
 هذا بالإضافة إلى ما يصيبنا من أشعة كونية بنفس المقدار الكلي تقريبا ، ولكنها لا تدخل في مجال الكيمياء الإشعاعية

### ثانياً النظائر المشعة في جسم الإنسان :

يشع جسم الإنسان من الداخل عن طريق كل من الهواء الذي يتنفسه والغذاء والماء الذي يصل إلى جوفه ، فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية الطبيعية التي تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جو الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير اليورانيوم-238 الموجود طبيعياً في صخور قشرة الأرض. وكذلك فإن كلا من الغذاء الذي يتناوله الإنسان والماء الرئيسي لتلك المواد المشعة في النبات هو التربة التي تمتص منها النباتات تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية فتدخل في بنائها . كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات يحوي آثاراً من تلك المواد المشعة ، وتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله النباتات أو لحوم الحيوانات التي تتغذى على النباتات وتدخل المواد المشعة أيضاً مع الماء الذي نشربه حيث تحتوى المياه على آثار قليلة جداً منها . إضافة إلى ذلك فإن جميع اجسام الكائنات الحية وكذلك جسم الإنسان يحتوي على نظير الكربون المشع  $^{14}\text{C}$

إذا تدخل أنسجة جسم الإنسان مع الشراب والطعام الذي يتناوله نظائر مشعة طبيعية تستقر في جسمه، وتعمل على تشيع هذه الأنسجة، ومن هذه النظائر رينيوم -87 ثوريوم -228 وريديوم -226 بوتاسيوم -40. تتجمع النظائر ذات الأعداد الذرية الواطنة والمتوسطة في الأنسجة الرخوة، أما العناصر الثقيلة فتتمركز في العظام. وكمية هذه النظائر في الجسم تعتمد على البيئة الإشعاعية للإنسان. فقد وجد أن تركيز الراديوم يتغير بدرجة كبيرة من منطقة إلى أخرى مما يزيد من احتمالية الزيادة في سرطان العظام في المناطق التي تزيد فيها تلك التراكمات. ووجد اختلاف واضح في تراكيزه في الأطعمة المختلفة. فمثلاً يتغير تركيزه من 64 مرة في الحبوب إلى 3400 في الجوز واللوز وإلى أكثر من 510 مرة في المشروبات بينما يقل عن 23 مرة في الخضار. أما الرادون -220 والرادون -222 الناجمان عنه فيزدادان في غرف التهوية الرديئة مما يزيد من مكافئ الجرعة للرنيتين.

### 1- كربون-14

$^{14}\text{C}$  Decay Table : Physical Half-Life: 5730 Years

### 2- البوتاسيوم-40

$^{40}\text{K}$  Decay Table : Physical Half-Life: 1.3 milliard Year

وعمر النصف له كبير جداً ويساوي  $1.3 \times 10^9$  سنة





يحتوي البوتاسيوم الطبيعي على 0,12 جرام لكل كيلوجرام من النظير المشع  $^{40}\text{K}$ . ويبلغ عمر النصف لنظير البوتاسيوم المشع  $t_{1/2}$  ما يساوي  $1,248 \times 10^9$  سنة، أي ما يعادل  $39,38388 \times 10^{15}$  ثانية وبذلك يكون النشاط الإشعاعي =  $31.825$  كيلو بيكريل لكل 1 كيلوجرام من البوتاسيوم الطبيعي. هذا القدر من الإشعاع الذي يبدو كبيراً هو السبب في أن البوتاسيوم المشع  $^{40}\text{K}$  من أكثر مصادر الإشعاع في جسم الإنسان والأحياء بصفة عامة حيث يكوّن البوتاسيوم عنصراً هاماً في بنية الكائنات الحية. فمثلاً ما يحتويه جسم الإنسان من البوتاسيوم يتسبب في إصابته بنشاط إشعاعي قدره نحو  $5000 \text{ Bq}$ . أي يحدث نحو  $5000$  تحلل أشعاعي في جسم الإنسان من البوتاسيوم في الثانية الواحدة. ومع ذلك فقد نشأت الحياة على الأرض وتعودت الكائنات الحية ومن ضمنها الإنسان على ذلك، فهذا طبيعي جداً.

### 3- اليورانيوم-238

$^{238}\text{U}$  Decay Table : Physical Half-Life: 4.5 milliard Year

وعمر نصفه يساوي  $4.5 \times 10^9$  سنة

### 4- الثوريوم-232

$^{232}\text{Th}$  Decay Table : Physical Half-Life: 14 milliard Year

عمر نصفه  $14 \times 10^9$  سنة

### 5- الرابديوم-87

$^{87}\text{Rb}$  Decay Table : Physical Half-Life: 49 milliard Year

وعمر نصفه يساوي  $49 \times 10^9$  سنة

$^{87}\text{Rb}$  النظير الذي يؤلف حوالي 28% من الروبيديوم الطبيعي المشع وله عمر نصف الـ 49 مليار سنة، ثلاث مرات أكثر من أطول من العمر المقدر للكون.

باستخدام العناصر السابقة يتمكن العلماء من تقدير أعمار العينات التي أساسها كائنات حية أو العينات الجيولوجية.

جدير بالذكر أن تقدير الأعمار باستخدام الكربون-14 أو غيره من العناصر المشعة لا يعطي نتائج دقيقة للعينات بعد العام 1940 حيث تم اكتشاف القنابل النووية والمفاعلات النووية التي أنتجت التجارب عنها إضافة لنسبة العناصر المشعة الموجودة في الطبيعة مما أحدث خلل في النسبة الطبيعية بين الكربون-12 والكربون-14 في الغلاف الجوي التي اعتمدنا عليها في حساب عمر العينة.

إن من أهم العناصر المشعة في صخور القشرة الأرضية هي البوتاسيوم 40 و الروبيديوم 87 وسلسلتا العناصر المشعة المتولدة من تحلل اليورانيوم 238 والثوريوم 232، وهناك ما يقارب الأربعين من النظائر المشعة.

تتواجد النظائر المشعة الطبيعية في ثلاث مجموعات:

\*نظائر مشعة أساسية Primordial Radionuclide مثل اليورانيوم-233 واليورانيوم-235 واليورانيوم-238 وهي توجد في الطبيعة بنسب مختلفة، كذلك توجد نظائر الثوريوم طبيعياً ومنها الثوريوم-232 والثوريوم-234 وتأتي جزء منها من باطن النجوم ولأن عمرها طويل فهي لا زالت موجودة.  
\*نظائر مشعة ثانوية Secondary Radionuclide تنشق من النظائر المشعة الأساسية ويكون عمرها أقصر.

\*نظائر مشعة كونية Cosmogenic Radionuclide تنشأ بشكل متواصل في الجو المحيط بسبب الأشعة الكونية، مثال ذلك كربون-14 وكذلك تتولد النظائر الثقيلة في المستعرات العظمى وتنتشر في الفضاء.





\*عنصر **Plutonium** "البوتونيوم" **239** يقدر نصف عمره بأربعة وعشرين ألف عام أما إذا كان النشاط الإشعاعي كبيراً، بمعنى أن قدرًا كبيراً من الإشعاع يصدر عن العنصر في زمن قصير، فإن نصف العمر يقل تبعاً لذلك.  
فمثلاً نصف عمر عنصر "سيزيوم" **<sup>137</sup>Cs** ثلاثون عاماً، بينما نصف عمر عنصر سترونيوم **90** ثمانية وعشرون عاماً.  
أي أن النشاط الإشعاعي لعنصر "سترونيوم" أكبر منه لعنصر "سيزيوم". وعند كتابة أسماء العناصر الكيميائية عموماً.

### 5- السيزيوم : **<sup>55</sup>Cs** Cesium

وهو عنصر كيميائي فلزي نشط كيميائياً معدن قلوي طري القوام لونه فضي ضارب إلى الذهبي ، اكتشف السيزيوم عام **1860** من قبل الصيدلي الألماني روبرت ويلهلم بنسن والفيزيائي الألماني غوستاف روبرت كيرتشفوف **Robert Bunsen & Gustav Kirchhoff** أثناء استعمال طريقة مطيافية اللهب ، يصنف السيزيوم بأنه العنصر الرابع و الستون من حيث وجوده طبيعياً في القشرة الأرضية ، المصدر الطبيعي الذي يعطي كميات كبيرة من السيزيوم هو المعدن النادر بولوكس ( أو بولوسايت ) ، كذلك يوجد في معادن الليثودولاييت و الكارنالاييت وبعض أنواع الفلسبار، مثل البوتاسيوم، يتأكسد السيزيوم بسهولة عند تعرضه للهواء و بالتالي كان يستخدم لغزالة الأكسجين المتبقي من أنابيب التفريغ الراديوية ، و بسبب قابليته لإطلاق الإلكترونات عند تعريضه للضوء فهو يدخل في صناعة الخلايا الكهروضوئية حيث يغطي به سطح الكاثود ، يدخل السيزيوم المشع في مجالات الطب و أبحاث الصناعات.

من الصعب الحصول على السيزيوم نقياً لتشابهه سلوكه الكيميائي مع عنصر الروبيديوم الذي يفصل عنه بالتقطير الجزأ.

### النظير **<sup>137</sup>Cs (cesium 137)** واستعمالاته

للسيزيوم أربعون نظيراً **Radioactive isotope** بدءاً من النظير **<sup>112</sup>Cs** حتى النظير **<sup>151</sup>Cs** ، ولكن أهم ملوث هو **<sup>137</sup>Cs** وهو ينتج عن الانشطار النووي في المفاعلات النووية وهو من أهم النظائر المشعة الملوثة للبيئة في التفجيرات أو الحوادث النووية النظير وله عمر النصف **30** سنة، إذ يُعتقد أن انفجار مفاعل تشيرنوبيل في أوكرانيا عام **1986** أطلق إلى البيئة نحو **6** مليون كوري من هذا النظير المشع.

\*استعمل **<sup>137</sup>Cs** في كثير من الأبحاث والتطبيقات الطبية لعلاج الأورام، كما استعمل في المقاييس النووية لمراقبة تدفق السوائل والتحكم بملء العبوات أو خزانات النفط وقياس الكثافة والمسامية وسبر الآبار أيضاً استعمل في التصوير الصناعي (الاختبارات اللاإتلافية).

\*استعمل السيزيوم **<sup>137</sup>Cs** في معالجة الأورام سواء بطريقة المعالجة عن بعد أي بتوجيه حزمة من الإشعاع الصادر عن السيزيوم إلى الورم **Teletherapy** أو بطريقة المعالجة بالتماس عن قرب **Brachytherapy** أي بإدخال حبيبات من نظير السيزيوم المشع داخل الأجواف مثبتة ضمن حامل مناسب وموزعة حسب أبعاد الورم وتوضعه.

### إذا تستعمل الأشعة التي يطلقها في المعالجة الإشعاعية **Radiotherapy**

\*نتيجة بيان رصد كمية ضئيلة من السيزيوم المشع - **137** في هونج كونج تم رصد كمية ضئيلة جدا من السيزيوم المشع الصناعي - **137** للمرة الأولى في عينات من الهواء في هونج كونج ، حيث تم رصد كمية ضئيلة من السيزيوم المشع - **137** واليود المشع الصناعي - **131** في عينات من الهواء تم جمعها خلال يومين وكانت تركيزات مادة السيزيوم - **137** في هذه العينة لا تمثل سوى **1/37000000** من المستوى الذي يستلزم اتخاذ إجراءات وقائية.  
وذكر البيان الصحفي انه نظرا لكون كمية اليود المشع - **131** والسيزيوم - **137** التي تم رصدها ضئيلة للغاية، فلن يكون هناك أي تأثير على الصحة العامة ولن تكون هناك حاجة إلى اتخاذ إجراءات وقائية وأضاف ان مستوى اشعاع جاما في هونج كونج مازال طبيعياً.







\*نتيجة رصد مستويات عالية من السيزيوم المشع في المياه الجوفية باليابان كشفت شركة طوكيو للطاقة الكهربائية المشغلة لمحطة /فوكوشيما داينيتشي/ المعطوبة للطاقة النووية إنها رصدت وجود مستويات عالية من السيزيوم المشع في المياه الجوفية بعد سقوط أمطار غزيرة بعد إعصار وقال مسؤول الشركة، إن مياه مأخوذة من بئر قريبة من الواجهة البحرية للمحطة كانت تحتوي على 2051 ألف بيكريل من السيزيوم لكل لتر واحد ، ويعتبر هذا المستوى هو أعلى مستوى من السيزيوم المشع يتم رصده في مياه بئر قريبة من الواجهة البحرية للمحطة ، وهذا المستوى أعلى بثلاث مرات عن المستوى الذي وجد في عينة مأخوذة من نفس البئر قبل أربعة أيام وقال المسؤولون إنه من المرجح أن تكون الأمطار الغزيرة التي هطلت جراء إعصار /فانفون/ تسببت في انتقال مواد مشعة من التربة إلى المياه الجوفية.

### نظائر السيزيوم : Isotopes of caesium

\* السيزيوم  $^{133}\text{Cs}$  هو النظير الوحيد المستقر من فلز البوليسيت **Pollucite** وهو فلز طبيعي يمكن أن يعطى الصيغة الكيميائية  $(\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}) \text{Cs,Na}$  استعمل النظير  $^{133}\text{Cs}$  المستقر منذ عام 1967 في الساعة الذرية ولتعريف وحدة الزمن الدولية الثانية، باعتماد قيمة التردد 9192631770 هرتز الصادر عن ذرة السيزيوم  $^{133}$  المثارة.

\* جميع نظائر السيزيوم مشعة فيما عدا  $^{133}\text{Cs}$  و  $^{135}\text{Cs}$  (عمر النصف له 2.5 مليون سنة) وهو أطول عمر نصف بينما النظير  $^{137}\text{Cs}$  أقصر عمر نصف وهو 30.1671 ونظير  $^{134}\text{Cs}$  عمر النصف له 2.0652 سنة ، جميع النظائر الأخرى لها عمر نصف أقل من أسبوعين ومعظمها أقل من ساعة.

### تحلل النظائر المشعة

تتحلل أنوية النظائر المشعة بإشعاع جسيمات أو إشعاع كهرومغناطيسي. الجسيمات قد تكون جسيم ألفا أو جسيم بيتا (إلكترون) عن طريق تحلل ألفا وتحلل بيتا، والتحلل بإصدار أشعة كهرومغناطيسية يكون إما بإشعاع أشعة سينية أو أشعة أشد منها وهي أشعة جاما، التحلل بواسطة تحلل بيتا يكون مصاحباً في العادة لأشعة جاما.

عملية التحلل الإشعاعي تتم بسرعة معينة تخص كل نظير ، وتسمى عمر النصف :  $(T_{1/2})$  يبقى نصف عدد الذرات التي لم تتحلل بعد عمر النصف ، وبعد عمري نصف يتبقى  $(1/4)$  عدد الذرات التي لم تتحلل ، وبعد مرور ثلاثة نصف عمر يتبقى  $1/8$  من عدد الذرات الأصلية لم تتحلل ، وهكذا.

عمر النصف لبعض النظائر المشعة المستخدمة في الطب	النظير
2 min	أكسجين-15
20 min	كربون-11
110 min	فلور-18
6 h	تكنشيوم-99m
13 h	يود-123
4 d	يود-124
8 d	يود-131
2,80 d	إنديوم-111[1]
99,49 min	انديوم-113m[1]
14,26 d	فوسفور-32
5,27 a	كوبلت-60
28 d	كروم-51
0,5 d	نحاس-64
2,7 d	زئبق-197
127 d	زئبق-75





لا تختلف النظائر المشعة سواء كانت طبيعية أم اصطناعية، ومن الوجهة العامة فيمكن تخليق جميع أنواع النظائر بالطرق الصناعية النووية ومنذ بداية عصر استخدامات الطاقة النووية زادت أعداد النظائر المشعة فزادت مثلاً كميات كربون-14 ( $^{14}\text{C}$ ) و نظير الهيدروجين الثقيل ( $^3\text{H}$ ) ويسمى تريتيوم ، كما نشأت نظائر للبلوتونيوم Plutonium فهي لا توجد في الطبيعة طبيعياً وإنما تصنع في المفاعلات النووية.

### استعمالات النظائر المشعة

تستعمل النظائر المشعة في مجالات عديدة منها:

\*اقتفاء سير التفاعلات الكيميائية ودراسة تحركها.

\*في الكيمياء الحيوية لتقدير مدى استفادة الأحياء من غذاء معين وذلك بإعطائه غذاء يحتوي عنصر مشع ويقتفى أثر العنصر المشع بكاشف للإشعاع حتى وصوله إلى غايته وبذلك يقدر مدى استفادة جسم الكائن من الغذاء.

\*في الطب مثل العلاج الإشعاعي والعلاج باليود المشع ومعالجة الأورام السرطانية وذلك من خلال إعطاء المريض مادة مشعة تقضي على الورم.

\*في تقدير عمر الأشياء القديمة فقد قدر عمر الأرض من معرفة معدل الإشعاع في الأورانيوم والرصاص. كما قدرت أعمار الأمم البائدة وذلك من الإشعاع الناتج من الكربون-14 المتبقي على قطعة خشب أو قماش من تلك العهود.

\*الاستخدام في الزراعة والأغذية

تستخدم الإشعاعات المؤينة والنظائر المشعة في وقتنا الحالي استخداماً واسعاً وفي عدة مجالات زراعية بغرض زيادة الدخل الزراعي ، وفي عمليات حفظ المحاصيل الزراعية.

ومن أهم مجالات استخدام الإشعاعات المؤينة في الزراعة ما يلي:

زيادة إنتاجية الأرض. استنباط أنواع جديدة من المحاصيل الغذائية ذات نسبة عالية من البروتين.

تحديد أماكن مصادر المياه واستخداماتها بكفاءة عالية. إنتاج محاصيل ذات مقاومة عالية للأمراض وللتقلبات الجوية.

تحديد كيفية امتصاص النباتات للأسمدة والكيماويات المخصبة. تعقيم البذور.

### الإضمحلال الإشعاعي radioactive decay

النظائر المشعة هي نظائر غير مستقرة تصدر إشعاعات مختلفة النوع ، وهذ المواد المشعة تتحلل عن طريق الإضمحلال النووي مما يؤدي إلى انبعاث بعض الأنواع من الإشعاعات ، فمنها ما يصدر أشعة بيتا ومنها ما يصدر أشعة ألفا ومنها ما يشع أشعة جاما.

يمكن أن نميز هذه الثلاثة أنواع من الإشعاعات عن بعضها على حسب قوة اختراقها للأجسام.

فيمكن إيقاف جسيم ألفا (نظير نواة الهيليوم4) بسهولة بسبب الشحنة الكبيرة في ورقة الكتابة أو عندما تنطلق لعدة سنتيمترات في الهواء.

أما الجسيم بيتا (إلكترون) فيمكن إيقافه بواسطة ورقة من الألمنيوم يكون سمكها فقط عدة ملليمترات.

وتعتبر أشعة جاما هي أكثر الإشعاعات قوةً في اختراق الأجسام وهي فوتون ذو طاقة عالية وبدون شحنة وبدون كتلة وتنطلق مثل شعاع الضوء بسرعة الضوء، أشعة جاما هي نوع عالي الطاقة من أشعة إكس . لحجب تلك الأشعة نحتاج إلى لوح من معدن ثقيل للوقاية من إشعاعها و عادةً يكون الحائل من الرصاص أو من الباريوم للتقليل من حدة ضررها ، وقد يكون سمك الحائل عدة سنتيمترات.



## الفصل الرابع - برامج الوقاية من التلوث الإشعاعي Pollution Radiation Protection

الوقاية من التلوث الإشعاعي تعني:

أولاً : حماية العاملين بالمنشآت العامة والخاصة ( إدارة - مصنع - معمل - مستشفى - عيادة - حقل - محطة كهربائية أو صناعية.. غيرها ) من التعرض لخطر غير مبرر من مصادر الإشعاعات المؤينة التالية:

1- الإشعاعات المؤينة الصادرة من النفايات الصناعية والملوثات للتربة حول المواقع النفطية والغازية والكهربائية وتلك الصادرة من الاجهزة المولدة للإشعاعات (الصناعية والطبية) والتي غالباً تكون في أقسام الأشعة والطب النووي وغيرها من الأقسام التي تستخدم الأجهزة والمواد المصدرة للإشعاع وايضا الاجهزة الليزرية والمعملية (لم يثبت انها تصدر اشعاعات مؤينة) ولكن يعتمد خطر الليزر فيها على مقدار الطاقة التي يحملها والطول الموجي وهذا ما يجب الانتباه له لتعدد مصادر تلك الاجهزة.

2- الإشعاعات المؤينة الصادرة من الموانئ البحرية والبرية والجوية والبضائع المستوردة المختلفة بها وكذلك المحتجزة والتالفة .

3- الإشعاعات المؤينة الصادرة عند تغيير الجهد الكهربائي المفاجئ الذي يؤثر على المنطقة المحيطة وبمساحات واسعة.

4- الإشعاعات المؤينة الصادرة من بعض العناصر في الجو و التربة والماء ومواد البناء ذات المنشأ الطبيعي والتي نواتج تفككها كافية لاختراق الانسجة الحية وإتلاف الحمض النووي والبروتينات مباشرة.

5- الإشعاعات المؤينة الصادرة من النفايات النووية والعوادم النووية في البحر والبر والتي تشمل جميع النظائر المشعة المنتجة في المفاعلات النووية وكذلك تشمل جميع النظائر المشعة المنتجة في المعجلات النووية وهذه النظائر ذات أعمار منصفة تتراوح بين أجزاء من الثانية وملايين السنين.

6- الإشعاعات المؤينة الصادرة من النفايات الطبية بمكبات القمامة القريبة من المنشآت والمجمعات السكنية وهي تشمل جميع النظائر المشعة المعدة للتشخيص والعلاج والتي تكون على شكل مواد سائلة أوصلبة أوغازية ملقاة في اكياس أو محترقة (حيث ان الاحتراق لا يمنع نشاطها الإشعاعي).

7- الإشعاعات المؤينة الصادرة من نواتج التفجيرات والانشطارات النووية التجريبية والحقيقية فهذه التفجيرات تتفاعل مع الغلاف الجوي للأرض محدثة للبعض منها تآين.

(تلك الإشعاعات سميت بالإشعاعات المؤينة وذلك لأنها تقوم بتأيين الوسط الذي تمر فيه مما يؤدي إلى تغيير في تركيب ذلك الوسط والإشعاعات المؤينة لها القدرة (عند تسلطها) على فصل الالكترونات من محيط الذرة الخارجي أو من أي مدار للذرة وبالتالي تأيين جزيئات أو ذرات المواد التي تمر خلالها وهو ما نعبّر عنه بالمخاطر أو بالآثار الصحية المدمرة للإنسان والحيوان والنبات والتربة والمياه والهواء.)







### ثانياً : حماية السكان من مسارات التلوث الإشعاعي (المسارات الحرجة)

وفقاً للتعليمات الدولية بخصوص النفايات والمواد النووية فأنه يجري تحويل تلك النفايات إلى كتلة صلبة بخلطها مع الأسمت، ثم وضعها في أسطوانة من الحديد ثم تلقى أسطوانات الحديد في مياه لا يقل عمقها عن أربعة كيلومترات، وعلى بعد مائة كيلومتر من الشواطئ في أي اتجاه ويحاط الحديد بطبقة من "أكسيد المغنسيوم" أو مخلوط من الطمي والجرانيت والبازلت (بدلاً من أكسيد المغنسيوم). والهدف من ذلك منع تآكل أسطوانات الحديد بسرعة بفعل المياه. ولكن لا يتم الالتزام بهذا دائماً وبالقياس الرياضي يمكن أن يؤدي ذلك إلى فيضانات بإزاحة مياه البحر أو المحيط كما ان تحلل الحديد والأسمت في المياه المالحة يحرق المادة المشعة من داخل الأسطوانات ولذلك آثار مباشرة على أحياء البحار الحيوانية والنباتية التي تقع في شبك الانسان يصعب تقديرها في الوقت الحالي.

كما ان العادم النووي يصدر عنه مقدار أكبر من الإشعاع وهذا يعني أن الآثار الضارة للإشعاع قد تقع في وقت أقصر من المتوقع ذلك أنه إذا حدث زلزال فيمكن أن يدفع تلك النفايات إلى سطح البحر أو الأرض حيث يصبح تسرب الإشعاع احتمالاً وارداً بقوة.

قد يكون التعرض خارجياً نتيجة الاستنشاق المباشر للمواد الدقيقة العالقة في الهواء أو التي تسببت في تلوث السطوح المكشوفة أو غير المباشرة جراء تناول المواد الغذائية الملوثة.

ان تعرض الفرد للإشعاع بعد انتشار مواد مشعة في الجو .. يكون تعرض إما خارجياً أو داخلياً :

#### أ - التعرض الخارجي للنشاط الإشعاعي في الهواء (السحابة المشعة):

إن أشعة جاما المنبعثة من الغازات الخاملة ومن اليود المشع والنويدات المنشطرة الأخرى تؤدي إلى تعرض عموم الجسم خلال مرور السحابة المشعة ، وتعتمد كمية الجرعة الإشعاعية على مواصفات دورة تحرر المواد ، فإذا كانت مكونات المواد المشعة غازات خاملة فقط فإن السحابة هي المسار الحرج لتعرض السكان للخطر أما إذا كانت المتساقطات تحوي نماذج انشطار أخرى فإن التعرض الخارجي لعموم الجسم يحدث نتيجة تراكم تلك المواد على سطح الأرض والأبنية والشوارع ويتناقص معدل التعرض مع الزمن نتيجة للاضمحلال الإشعاعي للنويدات ذات الأعمار المنصفة القصيرة وبسبب إزالة التلوث والغسل .... ولكن تختلف الحالة فيما إذا تركزت كميات ملموسة من نويدات ذات أعمار منصفة طويلة على الأرض.

#### ب - التلوث الداخلي:

يحدث جراء دخول المواد المشعة داخل جسم الإنسان، ويؤدي إلى تعرض أساسي لأعضاء وأنسجة الجسم، وتعتمد خطورته على تراكيز النظائر وخواصها الفيزيائية والبيولوجية، ويكون مباشر عن طريق استنشاق الدقائق لتلك المواد العالقة في الهواء أو بصورة غير مباشرة عند تناول الغذاء أو الماء الملوث. يكون أيسر المخاطر هو الإصابة بالانيميا (فقر الدم) نتيجة كبح نشاط نخاع العظام لإنتاج خلايا دم ويليها كبح نشاط جهاز المناعة في الجسم، وبالتالي التعرض المتكرر للإصابة بأمراض متعددة لا يصاب بها الإنسان في حال نشاط جهاز المناعة ، أما أخطر آثار التعرض للإشعاع فهو الإصابة بالسرطان، خصوصاً سرطان الجلد. وعلى المدى البعيد يمكن أن يؤدي الإشعاع إلى الإصابة بالعقم، وإلى إحداث تحورات في الجينات تؤدي في حال انتقالها إلى الذرية إلى تشوهات خلقية وبينما يحدث فقر الدم في غضون أيام أو أسابيع قليلة من التعرض للإشعاع، فإن الإصابة بالسرطان تحدث بعد زمن أطول عدة شهور أو سنوات تبعاً لمقدار الإشعاع.

يمكن تحديد ثلاثة مسارات رئيسية للتعرض السكاني للمواد المشعة هي:-

- 1- مسار التعرض الخارجي المباشر من السحابة المشعة.
- 2- مسار التعرض الناجم عن استنشاق المتطايرات الدقيقة المحمولة جواً.
- 3- مسار النشاط الإشعاعي للمتساقطات على الأرض أو الذي يستقر على الملابس ومستلزمات وحاجيات السكان .

أما في الأطوار المتأخرة فالمسارات هي: - دخول المواد المشعة إلى الجهاز الهضمي نتيجة تناول الماء والمواد الغذائية واستنشاق المتطايرات بالدرجة الثانية .وتختلف الإجراءات اللازم اتخاذها لتقليل التعرض في الطور المبكر عن الإجراءات المتخذة في الأطوار المتأخرة .





## خطوات برنامج الوقاية من الإشعاعات :

أولاً : عمليات القياس والتفتيش والمراقبة باستخدام كواشف الإشعاعات النووية:

تستخدم معظم كواشف الإشعاعات النووية Nuclear radiation detectors لتحديد نوع الإشعاعات وكمياتها وطاقتها.

الأجهزة المتوفرة تعمل داخلياً حسب الأساليب التالية :

\* أسلوب التغيرات الكيميائية وهي تعني ان تقوم الإشعاعات باحداث بعض التغيرات الكيميائية في مادة معينة داخل الجهاز ثم قياس النشاط الإشعاعي للمادة .(المواد مثل .. بلورة وميضية من كبريتيد الخارصين المنشط بالفضة ZnS(Ag) او بلورة يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم Nal(TL) او يوديد الليثيوم المنشط بالثاليوم LiI (TL)

\* أسلوب ظاهرة تأين الغاز وهي تعني ان تقوم الإشعاعات بتأين جزيئات الغاز(الأرجون أو الكريبتون داخل الجهاز) مكونة بذلك أزواج الكترونية ايونية يتم تجميعها للحصول على نبضة الجهد الكهربائي.

\* أسلوب ظاهرة تأين المادة الصلبة وهي تعني ان تقوم الإشعاعات بتأين ذرات المادة الصلبة بالجهاز (السيليكون Silicon أو الجرمانيوم Germanium) مكونة بذلك أزواج الكترونية ايونية(عند طاقة 3 الكترون فولت) يتم تجميعها للحصول على نبضة الجهد الكهربائي. وهي ادق طريقة لان الأزواج الالكترونية الايونية تتكون في الهواء بطاقة 35 الكترون فولت.

### 1- استخدام الكواشف الوميضية الحرارية (Thermo luminescent Dosimeter (TLD)

وهي عبارة عن اجهزة قياس الجرعة الاشعاعية الشخصية Personal Radiation Dosimeter بأسلوب التغيرات الكيميائية .

تقيس هذه الاجهزة كمية الإشعاعات التي يتعرض لها العاملين خلال عملهم من كمية (جرعة) إشعاع بحيث ان كل عامل تقاس الجرعة الخاص به بمكان عمله، للتأكد من القراءات في الوضع الطبيعي المتفق عليها دولياً أو ان هناك تعدي للحدود الطبيعية .

ويتم ذلك حسب الآتي:

\* القياس الدوري للجرعات الإشعاعية الشخصية التي يتعرض لها العاملون وتسجيل نتيجة القياس على نماذج خاصة معدة لذلك.

\* متابعة سير معدلات الجرعات المسموح بها للأفراد حسب مستويات تعرضهم وحسب الجرعات المسموح بها دولياً للجسم أو لأجزاء معينة منه.

\* حفظ سجلات الجرعات الإشعاعية لجميع العاملين.

\*إبلاغ المختصين ببرنامج التفتيش عند اكتشاف تعرض لجرعات تزيد عن الحد المسموح به.

\*إعداد تقارير بنتائج القياس وعرضها لاتخاذ الإجراءات المناسبة والعمل على تلافي ما قد يوجد من مخالفات وتحديد المهلة المناسبة لذلك.

نقوم بالقياس وتوفير اجهزة قياس الجرعة الإشعاعية الشخصية للعاملين ،بحيث ان قياس الجرعة يتم أربع مرات في السنة (كل ثلاثة أشهر) وتسجل الجرعة الإشعاعية الشخصية لكل عامل ، ويوضع الجهاز في مكان ثابت يقابل الجزء الأعلى من الجسم وذلك من أجل تقييم مكافئ للجرعة ...أجهزتنا حساسة جداً فهي تطلق إنذاراً بسيطاً عند ادنى قيمة للإشعاعات المحيطة وحتى الكونية.





## 2- استخدام الكواشف الغازية The Gas Detectors

وهي عبارة عن أجهزة المسح الإشعاعي Survey meters مثل غرفة التأين والعدادات التناسبية و كايكر - مللر بأسلوب ظاهرة تأين الغاز.

وتستخدم لقياس مستوى الخلفية الإشعاعية (هو الإشعاع الطبيعي الصادر عن الصخور والتربة والهواء وكذلك الأشعة الكونية القادمة من الشمس والنجوم) باستخدام أجهزة المسح الإشعاعي Survey meters مثل عداد كايكر - مللر وذلك للبيئة المحيطة بالمنشأة والمواقع الحقلية والصناعية ثم إيجاد معادلات رياضية تصف العلاقة بين معدل الجرعة الممتصة ( $\mu\text{Gy/hr}$ ) وبين معدل العد (count/s) وأخيراً مقارنة النتائج بالقيم العالمية المسموح بها كخلفية إشعاعية (الصادرة عن وكالة الطاقة الذرية).

(تتم عملية قياس مستوى الخلفية الإشعاعية لكل موقع بإجراء ثلاث قياسات فيه لمدة 15 دقيقة).  
الجدير بالذكر هنا ان الأشعة الكونية التي تصل الى الأرض من الفضاء الخارجي تتكون من 85% من البروتونات و14% من اشعة (الفا) وتتميز هذه الأشعة بالانهمار بصورة متجانسة وهي تملأ جو الأرض في الارتفاعات التي تزيد عن 25 كلم حيث تصطدم مع قوى ذرات العناصر المكونة للغلاف الجوي. ينتج من ذلك أشعة ثانوية تتكون من بوزترونات والكترونات ونيوترونات هذا وعلى ارتفاع 15 كلم تكون الأشعة الكونية قد تحولت الى بوزترونات والكترونات وفوتونات.

## 3- استخدام الكواشف شبه الموصلية The Semiconductor Detectors

وهي أيضاً عبارة عن أجهزة المسح الإشعاعي Survey meters بأسلوب ظاهرة تأين المادة الصلبة . وهي لفحص مناطق برية أو بحرية بشكل دوري للتأكد من خلوها من النفايات والمواد النووية Nuclear Waste وفحص مخازن مطارات وموانئ معينة وكذلك فحص البضائع والآلات للتأكد من سلامتها ، حيث ان النفايات المشعة السائلة والمتوسطة المستوى هي تلك التي يزيد نشاطها الإشعاعي عن 7.3 جيجا بيك ريل في المتر المكعب .

## 4- مراقبة الجودة النوعية

فحص كافة أنواع الاجهزة المولدة للإشعاعات بكافة المواقع للتأكد من استيفائها لمتطلبات الحماية من الإشعاع والوصول إلى ان تنجز مهمتها بأقل جرعة إشعاعية مع التقليل من تكاليف الإصلاح وقطع الغيار.

## 5 -التفتيش والكشف عن مصادر التلوث الإشعاعي

القيام بالتفتيش لمعرفة مدى التزام الموانئ البحرية والبرية والجوية وكذلك المواقع الانتاجية والطبية بتعليمات الوقاية من الإشعاعات المؤينة والتعرف المبكر لأي زيادة في الجرعة الإشعاعية عن الحد المسموح به نتيجة وجود تسرب إشعاعي.

القيام بالتفتيش لمعرفة التلوث الإشعاعي الناتج عن الصناعات الكيماوية.  
القيام بالتفتيش في بعض الاماكن لمعرفة التلوث الإشعاعي الناتج عن استخدام بعض القنابل المحرمة دولياً في الحروب.

## طرق التفتيش والبحث عن التلوث الإشعاعي المتوقع:

اولاً : البحث عن التلوث الطبيعي الناجم عن مرور المياه في صخور أو مناطق تحوي مواد مشعة أو اماكن تواجد المياه في مناطق حاوية على المواد المشعة .

ثانياً : البحث عن التلوث الصناعي غير المقصود ويشمل تسرب المواد المشعة الغير معروفة المصدر في محطات ردم الفضلات بواسطة المياه الجوفية إلى مصادر الماء الصالحة للشرب وتسرب المواد المشعة المستعملة في مختبرات إنتاج المواد المشعة أو المختبرات الطبية ومختبرات البحوث العلمية الأخرى بواسطة مياه المجاري ورجوعها إلى مصادر الماء الصالحة للشرب و انفجار المركبات الهوائية أو الصواريخ التي تعمل بالطاقة النووية وسقوط الوقود على مصادر مياه صالحة للشرب أو تسربها جيولوجياً إلى تلك المصادركتسرب مياه تبريد المحطات النووية .





ثالثاً البحث عن التلوث الصناعي المقصود ويشمل التالي :

أ- البحث عن التلوث الصناعي الناتج عن إلقاء مركبات النظائر المشعة (ذات الأعمار المنصرفة الطويلة فيزيانياً وبيولوجياً وهي الاعنف تدميراً) وسهولة الذوبان والانتشار من مشعات ألفا وبيتا خاصة في البحر أو البر أو دفنها مما يؤدي الى دخولها للمياه الجوفية او في شبكات إسالة المياه ذاتها. إن أهم خطوة في علاج هذه الحالات يكمن في الإنذار المبكر وسرعة اكتشاف اماكن التلوث لإيجاد الحل الأمثل في عملية المعالجة. إذ إن كمية ونوعية المواد الملوثة والمركب الكيماوي المستعمل في عملية الاقتفاء والحمل والانتشار داخل الماء هي الأسس الرئيسية لكيفية التصرف والتخلص أو اتخاذ القرار الملائم في علاج التلوث.

ب- البحث عن التلوث الصناعي الناتج عن التفجيرات التجريبية بمواد مشعة فوق سطح الأرض وفي أعالي الجو أو في باطن الأرض. او الناتج من مخلفات الحروب.

ج- مراقبة النظائر المشعة: (في كافة المستشفيات التي تتعامل بالنظائر المشعة) القيام بمراقبة قسم الطب النووي ومخزونها من النظائر المشعة وذلك لمعرفة مدى التزامهم بتعليمات الوقاية من الإشعاعات المؤينة والتعرف المبكر لأي زيادة في الجرعة الإشعاعية عن الحد المسموح به.

#### 6- توفير واستعمال الملابس الواقية للإشعاعات Medical-Ray Protective

نتشرف بتوفير أول قماش في العالم مضاد للإشعاعات يعطي حماية لا تقل عن السترة المصنوعة من الرصاص لكنه أخف وزناً بكثير..فهو البديل عن استخدام معادن ثقيلة للحماية من الإشعاعات وكذلك أشعة إكس فإن القماش الجديد المسمى (ديمرون Demron) غير سام وخال من الرصاص ومدمج بين طبقتين من النسيج. هذا القماش أساسه مركب بوليميري وهذا القماش لا يوقف الأشعة السينية فقط بل والأصدارات النووية (أشعة جاما وجسيمات ألفا وبيتا) فهذا القماش البوليميري يحتوي على مجموعة متنوعة من جسيمات أملاح عضوية ولاعضوية توقف الأشعاع التي عندما تلاقى الأشعة السينية أو أشعة جاما فإن هذه الجسيمات الملحية المبعثرة فإما أن تمتص بواسطة التأثير الكهروضوئي وتستنفذ طاقتها عن طريق توليد الحرارة (يتم اطلاق الحرارة إلى الهواء المحيط بالجسم) أو أنها تتبعثر عند مستوى طاقة مختلف بواسطة تأثير كمبتون ومن ثم تمتص أو تحرقها الجسيمات المحيطة بها. وهذه الأمتصاصات والتبعثرات المتتالية تمنع الأشعاع المؤذي من اختراق أنسجة الجسم. وتطبيقات ديمرون التي نعرضها هي من حل خفيفة الوزن تغطي الجسم كله..تسمح لمن يرتديها بالحركة بسهولة في المناطق عالية الإشعاع .

#### 7- تقديم خدمات تكوين الادلة الارشادية والمعايرة والقياس والدعم الفني

- تكوين دليل ارشادي للنقل والتخزين الآمن للمواد ذات النشاط الإشعاعي.
- تكوين دليل ارشادي يحتوي على تعليمات الحماية من الإشعاعات المؤينة
- عمل المعايرة الخاصة بأجهزة الكشف الإشعاعي سواء الإشعاع البيئي أو الإشعاع الصناعي
- تقديم خدمة قراءة الجرعات الإشعاعية الخاصة بالعمالين في مجال الإشعاع في المؤسسات المختلفة
- تقديم برامج الحماية من الإشعاع لكل المنشآت المستخدمة للنظائر المشعة سواء كانت في الناحية الطبية أو الصناعية أو غير ذلك .
- تقديم خدمات المسح الإشعاعي ورفع التلوث الإشعاعي .
- قياس مستويات الإشعاع الطبيعي في الصناعات المختلفة .
- تقديم خدمات الدعم الفني والاستشارات الخاصة بممارسات النظائر المشعة .





## 8- التوعية والتدريب :

توفير التوعية والتدريب عن طريق خبرات بشرية مؤهلة تأهيلا محليا ودوليا في مجال الوقاية من الإشعاعات المؤينة لتقديم الخدمات التالية:

- تقديم الدورات التدريبية الخاصة باجتياز اختبار مسنولي الحماية من الإشعاع .
- تقديم الدورات التدريبية للعاملين في مجال الإشعاع .
- تقديم الدورات التدريبية للعاملين في مجال التصوير الإشعاعي الصناعي .
- عقد دورات تدريبية متخصصة في مجالات الطب النووي والعلاج الإشعاعي بالتعاون مع خبراء مؤهلين دوليا من جميع الهيئات الدولية المتهممة بالوقاية من الإشعاع مثل الوكالة الدولية للطاقة الذرية , الرابطة العالمية للوقاية من الإشعاع واللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع في الطب , وغيرها من الهيئات العلمية العالمية .
- عقد دورات تدريبية في الوقاية من الإشعاع في مجال الصناعات لقياس مستويات الإشعاع الطبيعية بالتعاون مع خبراء مؤهلين من مكتب الدعم الفني بالوكالة الدولية للطاقة الذرية .
- عقد الدورات التدريبية المتخصصة على حسب احتياجات المؤسسات المختلفة سواء في مكان العمل الخاص بالمؤسسة أو في مقر المركز .

## ثانياً : عمليات مكافحة ومعالجة التلوث الإشعاعي (إدارة التلوث الإشعاعي)

إن الهدف الأساسي لأي عمليات مكافحة ومعالجة للتلوث الإشعاعي هو الوصول إلى الوضع الذي يضمن حماية الإنسان والبيئة من المضار ، ففي بعض حالات النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض يتم معالجتها أو حفظها ، حيث إن معالجتها أو حفظها أو كليهما قد تؤدي إلى خفض مستواها الإشعاعي إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعي الطبيعي في البيئة، أما حالة النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي فالأمر يختلف تماماً ويحتاج الى تعاون اكبر مع الشركات العالمية المتخصصة والتي نحن على اتصال وتعاون دائم بها من أجل القيام بالتالي :

1- معالجة بعض النفايات المشعة عن طريق مكونات السيليكون والتيتانيوم والأكسجين التي تسحب السيزيوم المشع منها.

2- معالجة بعض النفايات المشعة عن طريق تخزينها في برك مغمورة بماء وتحت رقابة مشددة لسنوات عديدة حتى تفقد جزء من نشاط الإشعاعي العالي ثم إجراء عدة عمليات كيميائية معقدة لتقليص كمية الإشعاع باستخدام مبادلاته ايوانية مناسبة قادرة على أستخلاص نسبة عالية من النويدات المشعة ثم يجري تقليص حجمها ايضا باستخدام طرق فيزيائية وكيميائية الى اقل حجم ثم التخلص منها وفقاً للتعليمات الدولية.

3- معالجة بعض النفايات المشعة عن طريق حرقها في افران البلازما وهذه قيد الدراسة العلمية وجاري تطويرها .

4- توفير مناخ التخزين الآمن للمواد المشعة الخطرة اللازمة للاستعمالات الطبية والعلمية بوضعها داخل حاويات ثم دروع مناسبة في أماكن آمنة وتغطية أرضيات تلك الاماكن وكذلك تغطية الأسطح والجدران بطبقة من مادة مقاومة للتفاعلات الكيميائية وللحرارة وأن تلصق لصقا جيدا لضمان عدم تسرب المواد المشعة ، بحيث يكون وجودها في وضع سليم داخل الحاوية والدرع.

5- وضع تحذيرات في أماكن تواجد الإشعاعات والتزام التهوية اللازمة في أماكن العمل بالإشعاعات والمواد المشعة ومراقبة التلوث الإشعاعي باتخاذ إجراءات الوقاية والأمن وذلك باتباع وتطبيق المواصفات المطلوبة بالنسبة للأسطح والجدران والأرضيات لمنع دخول الإشعاعات منها.





## الباب السابع فيزياء البلازما

الفصل الاول  
تعريفات ومصطلحات

الفصل الثاني  
علم فيزياء البلازما Plasma Physics

الفصل الثالث  
تقنيات انتاج البلازما واستخداماتها (التطبيقات الصناعية للبلازما)

الفصل الرابع  
المفاعلات البلازمية Plasma Reactor

الفصل الخامس  
مفاعل البلازما PEPS

Plasma Energy Pyrolysis System - PEPS







## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

### علم الفيزياء Physics

هو القاعدة الأساسية لمختلف العلوم فهو يقدم التفاصيل العميقة لفهم كل شيء بدءاً بالجسيمات الأولية إلى النواة والذرة والجزيئات والخلايا الحية والمواد الصلبة والسائلة والغازات والبلازما (الحالة الرابعة للمادة) والدماغ البشري والأنظمة المعقدة والكمبيوترات السريعة والغلاف الجوي والكواكب والنجوم والمجرات والكون نفسه. أي أن الفيزيائيين يختصون بمعرفة اصغر عنصر لهذا الكون وهو الجسيمات الأولية إلى الكون الفسيح مروراً بالتفاصيل .

أفرع الفيزياء : ( الفيزياء الكلاسيكية / الميكانيكا / الديناميكا الحرارية / الكهرباء والمغناطيسية / الضوء ) أما الفيزياء الحديثة : ( النظرية النسبية / ميكانيكا الكم / الفيزياء الذرية / الفيزياء الجزيئية / الفيزياء النووية / فيزياء الحالة الصلبة ) ... وهناك علوم فيزياء تطورت بتطور مفاهيم الفيزياء الحديثة مثل : ( الليزر / الطاقة الشمسية / البلازما / الأغشية الرقيقة / الألياف الضوئية / الفيزياء الإشعاعية / الجسيمات الأولية .

### علم الفيزياء الصناعية (الهندسية) Industrial Physics

هي جزءاً من علم الفيزياء وهو يوفر الاساس العلمي لصناعة واستعمال المعدات التي تخدم العلوم التالية الهندسة بكافة تخصصاتها (كيمياء- اتصالات- مدنية- الكترونيات- طيران-نووية...الخ) وتقنية المعلومات بكافة تخصصاتها و الطب والادوية والبيئة والجيولوجيا والزراعة والعلوم الرياضية والطب البيطري والبيولوجيا وتكنولوجيا النانو وغيرها.

### علم الفيزياء النووية Nuclear Physics

هي جزءاً من علم الفيزياء ويهتم بدراسة نواة الذرة من حيث خواص الجسيمات الأولية في النواة التي تحوي بروتونات ونيوترونات، ترابطها فيما بينها وتفاعلاتها عند امتصاص جسيمات أولية أخرى من الخارج، بالإضافة إلى تفسير وتصنيف خصائص النواة. وتسمى النواة الذرية أحياناً نوكلويد (يدعى كل من البروتون والنيوترون باسم مشترك هو النويد (النوية) أو بالترجمة الحرفية نوكلويد). أما الإلكترونات فهي تحوم حول النواة مشكلةً غلافاً للذرة من الإلكترونات.

ومعظم التطبيقات المعروفة للفيزياء النووية هي الطاقة النووية والأسلحة النووية، ولكن الأبحاث فتحت المجال أوسع للتطبيقات المختلفة، فمنها في المجال الطبي الطب النووي، والتصوير بالرنين المغناطيسي، وفي مجال علم المواد) زرع الأيونات وعلم الآثار وتحديد العمر باستخدام الكربون المشع.

### علم الفيزياء الاشعاعية Radio physics

هي جزءاً من علم الفيزياء ويهتم بدراسة الذرة والنواة ودراسة النشاط الاشعاعي والاشعاعات ثم تفاعل الاشعاعات في المادة ودراسة كواشف الاشعاعات ثم دراسة التأثيرات البيولوجية و وحدات قياس الاشعاعات ثم التطبيقات الطبية ثم الاخطار الاشعاعية والتخلص من النفايات.





## الفصل الثاني – علم فيزياء البلازما Plasma Physics

### علم فيزياء البلازما

من المعروف أن حالات المادة ثلاث وهي الغازية والسائلة والصلبة في درجات الحرارة العادية ولكن حينما تتعرض المادة لدرجة حرارة عالية جدا مثل باطن الشمس ( هذه الحرارة لا تتوافر على سطح الأرض ) فان الإلكترونات التي تدور حول النواة تكتسب هذه الطاقة الهائلة فتتحرر من جذب النواة لها وتبقى النواة بدون الكترونات (معرفة من الإلكترونات ) وتسمى المادة في هذه الحالة بـ " البلازما " وهي حالة المادة الرابعة ويرجع الفضل في تسمية البلازما إلى العالم إيرفنج في عام 1928 حيث قال إنها تشبه بلازما الدم. تشكل البلازما نسبة 99% من المادة الكونية بين النجوم و المجرات و بعض الكواكب تشكل البلازما اغلب مادتها حيث يعتبر كوكب المشتري كتلة هائلة من البلازما ، وتوجد البلازما في أشكال أخرى ففي الصناعة تستخدم في شاشات التليفزيون (كل بكسل به غاز عند توصيلها بالكهرباء تتبعثر الكترونات الغاز "يتأين" فيصبح بلازما تضييء) ، وفي مصابيح النيون (كل مصباح فيه غاز الزئبق عند توصيله بالكهرباء تتبعثر الكترونات الغاز فيصبح بلازما تضييء) ، و في الأبحاث الخاصة بطاقة الانصهار ، و كذلك في اللحام حيث ان ناتج التوصيل الكهربائي يولد غاز محترق أي بلازما ، و العديد من المجالات الصناعية و توجد البلازما كذلك في الغلاف الجوي في طبقة الايونوسفير و أيضا في ظاهرة الشفق القطبي.

إذا البلازما Plasma: هي حالة متميزة من حالات المادة يمكن وصفها بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو بالجزيء .

### بلازما الغاز:

في الغاز العادي كل ذرة تحتوي عدد مساوي من الشحنات الموجبة والسالبة؛ الشحنات الموجبة في النواة محاطة بعدد مساوي من الإلكترونات السالبة، وكل ذرة بشكل كهربائي محايدة لتساوي عدد البروتونات الموجبة مع الإلكترونات السالبة ، ويصبح الغاز بلازما عند إضافة الحرارة أو أية مصدر طاقة الأخرى لعدد هام من الذرات لإطلاق سراح بعض أو كل الكتروناتها ، الأجزاء الباقية من تلك الذرات تترك بشحنة موجبة، والإلكترونات السالبة التي انفصلت تكون حرة الحركة ، هذه الذرات وناتج الغاز المشحون كهربائيا يقال بأنه غاز مؤين، عندما تؤين الذرات بما فيه الكفاية للتأثير على الخصائص الكهربائية للغاز، فهو في هذه الحالة يكون حالة بلازما.

PLASMA: Fourth State of matter \*Ionized gas at high temperature capable of conducting electrical current \*Lightning is an example from nature.

إذا البلازما تنتج عند تسخين الغاز أو توجيه طاقة كهربائية عالية فتتحرر الإلكترونات فينتج غاز متأين "البلازما" التي هي عبارة عن شحنات سالبة وموجبة وبقايا الغاز وبذلك فهي تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية مما ينتج عنها طاقة كبيرة.

### أشكال البلازما

#### 1- بلازما طبيعية أرضية

مثل: البرق ، كرة البرق ، نار سانت إلمو ، طبقة الغلاف المتأين ، الشفق القطبي.

#### 2- بلازما طبيعية كونية (فيزياء فلكية وفضاء كوني)

مثل: النجوم (البلازما تسخن بالاندماج النووي) ، الرياح الشمسية ، الفراغ المحيط بين الكواكب ، الفراغ المحيط بين النجوم ، الفراغ المحيط بين المجرات ، حلقة أحد أقمار المشتري ، الأقراص الناشئة من تكوين الأجسام النجمية الضخمة ، سديم المجرات.

#### 3- بلازما تصدر عن أجهزة صناعية

مثل: شاشات البلازما ، مصابيح التألُّق (لمبات الفلوريسنت)، لحام القوس الكهربائي أو المصباح (المدفع) البلازمي ، عوادم الصواريخ ، أبحاث الاندماج النووي ، التفوس الكهربائي الموجود بالإشارة القوسية ، مصابيح البلازما وتسمى كرة البلازما ، يستخدم البلازما لحفر رقائق الحاسوب لإنتاج الدوائر الكهربائية وصنع أشباه الموصلات.





### الايونات (نتيجة اكسدة واختزال الذرات):

تتكون الايونات **An ions** عند فقد او اكتساب الذرة للإلكترونات ، فالذرة التي تفقد الكترون او اكثر تتحول الى ايون موجب والذرة التي تكتسب الكترون واحد او اكثر تتحول الى ايون سالب ويتطلب لفعل ذلك طاقة كبيرة لتتقارب وتتحد الذرات فتنتقل الالكترونات من ذرة الى اخرى .

فلايونات عبارة عن جسيمات مشحونة بشحنة سالبة او موجبة وتتماسك معا عن طريق الجذب الالكتروستاتيكي .

مثال : مركب كلوريد الصوديوم **Na Cl** يحتوي على الصوديوم المتفجر في الهواء والكلور السام للغاية واتحادهما يكون ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) الغير مؤذي ، فعند فقد ذرة الصوديوم لعدد 1 الكترون تتحول الى ايون صوديوم موجب الشحنة وعندما تجذب ذرة الكلور ذلك الالكترون تتحول الى ايون كلوريد سالب الشحنة  $Na + Cl = Na^{+} + Cl^{-}$

الأكسدة **Oxidation** هي عملية فقدان للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها زيادة في الشحنة الموجبة أو نقصان في الشحنة السالبة (أو هي فقدان لذرات الهيدروجين أو اكتساب لذرات اكسجين).

أى عملية احتراق هو اكسدة ومثال ذلك احتراق غاز الطهي "الميثان **CH4**" يؤدي الى فقد ذرات الكربون للهيدروجين واكتسابها للأكسجين فيتكون ثاني اكسيد الكربون **CO2**.

الاختزال **Reduction** هي عملية اكتساب للإلكترونات من قبل الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ينتج عنها نقصان في الشحنة الموجبة أو زيادة في الشحنة السالبة (أو هي اكتساب لذرات الهيدروجين أو وفقدان لذرات اكسجين).

### مثال عن الاكسدة والاختزال :

بطارية السيارة تتكون من لوحين لوح رصاص ولوح من أكسيد الرصاص ، يوجد اللوحان في محلول حامض الكبريتيك تعمل البطارية باختزال لوح أكسيد الرصاص وفي نفس الوقت يتأكسد لوح الرصاص. تستمر البطارية تعمل بهذا الشكل حتي " تفرغ" عندما يكون كل الرصاص قد تأكسد وكل أكسيد الرصاص قد اختزل. عندئذ تلزم إعادة شحن البطارية. ونقوم بذلك بتوصيل قطبي البطارية بمصدر كهربائي خارجي ، أي إمدادها بطاقة من الخارج. تعمل تلك الطاقة الكهربائية على عكس التفاعل الذي تم عند تفريغ البطارية ، فيتأكسد لوح الرصاص إلى أكسيد الرصاص كما كان في الأصل ، ويختزل لوح أكسيد الرصاص ليصبح رصاصا نقيا كما كان عند شراء البطارية. بعد شحن البطارية يمكن للبطارية أن تقوم بوظيفتها من جديد وتمدنا بالتيار الكهربائي.

### الفلزات واللافلزات:

الفلز هو المعدن **Metal** وهو يعني العنصر الكيميائي الذي يفقد للإلكترونات ليكون أيونات موجبة ومن الفلزات المشهورة :الألومنيوم ، النحاس ، الذهب ، الحديد ، الرصاص ، الفضة ، التيتانيوم والخرصين .

اللافلز هو ليس معدن **Nonmetals** وهو يعني العنصر الكيميائي الذي يكتسب للإلكترونات ليكون أيونات سالبة ، اللافلزات يتكون منها معظم الأرض تقريبا ، وخاصة الطبقات الخارجية . وتتكون الكائنات الحية كلها تقريبا من اللافلزات . ويوجد كثير من اللافلزات ( الهيدروجين ، النيتروجين ، الأكسجين ، الفلور ، الكلور ، البروم ، اليود ) في حالة جزئي مزدوج الذرة ، و الباقي معظمه يوجد في حالة جزئي عديد الذرات . اللافلزات مرتبة حسب الرقم الذري هي كالتالي : هيدروجين ( H ) كربون ( C ) نيتروجين ( N ) أكسجين ( O ) فلور ( F ) فسفور ( P ) كبريت ( S ) كلور ( Cl ) سيلينيوم ( Se ) بروم ( Br ) يود ( I ) أستاتين ( At ) .







### درجة تأين البلازما ومدى كثافتها

درجة تأين البلازما هي: كمية الذرات التي فقدت أو اكتسبت إلكترونات، وتكون الحرارة هي العامل القوي المتحكم بذلك ، ولو أن جزءا من الغاز، بما يساوي 1% من الجزيء، قد تأين فسوف يأخذ صفة شبه البلازما

\*غاز شبه بلازما يعني أنه متأثر بمجال مغناطيسي وهو موصل كهربائي قوي.  
\*كثافة البلازما هي كمية الإلكترونات المتحررة لكل وحدة مساحة.

تعرف درجة التأين  $\alpha$  بالمعادلة التالية:

$$\alpha = \frac{n_i}{(n_i + n_a)}$$

حيث أن  $n_i$ : تعبّر عن كثافة الأيونات و  $n_a$  تعبّر عن كثافة الذرات غير المتأينة (المحايدة).  
ترتبط كثافة الإلكترون بدرجة التأين عن طريق حالة متوسط الشحنة  $\langle Z \rangle$  للأيون خلال المعادلة التالية:

$$n_e = \langle Z \rangle n_i$$

حيث أن  $n_e$  ترمز إلى كثافة الإلكترونات.

يطلق على البلازما ذات التأين الخفيف تسمية "البلازما الباردة". ومن الممكن الحصول على بلازما بدرجة قليلة من التأين (أكثر الغازات المحايدة)، بمعنى أن الأيونات ذات الدرجة المرتفعة من التأين تكون الإلكترونات فيها قليلة وبارزة في كل أيون.

### قياس درجة حرارة البلازما

تقاس حرارة البلازما بالكلفن أو الإلكترون فولت، وهي عبارة عن قياس للطاقة الحركية الحرارية لكل جزيء.

وحدة الكلفن (Kelvin) :

وهي لقياس درجة الحرارة ويرمز له بالرمز (K) سميت بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائي والمهندس البريطاني اللورد كلفن وهي نادراً ما تستخدم الحياة العامة، ولكنها تستخدم في القياسات العلمية فهي مقياس لدرجة نشاط الجزيئات في المادة، أي أنه عند درجة 0 كلفن (الصفر المطلق) تتوقف حركة الجزيئات تماماً.

$$1 \text{ درجة كلفن} = 273.15 + \text{درجة المنوية}$$

وحدة الإلكترون فولت هي وحدة لقياس الطاقة ويرمز لها بالرمز (eV) وهي مقياس كمية طاقة الحركة التي يكتسبها إلكترون وحيد غير مرتبط بذرة عند تسريعه بواسطة جهد كهربائي ساكن قيمته 1 فولت في الفراغ.

الإلكترون فولت هو حاصل ضرب 1 فولت في شحنة الإلكترون :  $1 \text{ eV} = 1.6023 \times 10^{-19} \text{ جول}$   
وعندما نتعامل مع تأين الذرات نجد أن وحدة الإلكترون فولت مناسبة ، فذرة الهيدروجين تحتاج لتأينها إلى نحو 13.6 إلكترون فولت لكي تتأين.

يستعمل الفيزيائيون والكيميائيون في عملهم وحدة الإلكترون فولت eV كالتالي:

keV كيلو إلكترون فولت = ألف إلكترون فولت

MeV ميغا إلكترون فولت = ألف إلكترون فولت (تبلغ كتلة الإلكترون 0.51 مليون إلكترون فولت)

GeV جيجا إلكترون فولت = ألف مليون إلكترون فولت (تبلغ كتلة البروتون 0.94 جيجا إلكترون فولت)

TeV تيرا إلكترون فولت = مليون مليون إلكترون فولت.

يعمل أكبر معجل للبروتونات ، وهو مصادم الهدرونات الكبير على تسريع البروتونات بحيث تكتسب طاقة قدرها 7 تيرا إلكترون فولت . أي نحو 7000 جيجا إلكترون فولت وهي طاقة يمكن أن ينشأ عنها نحو 7000 آلاف من البروتونات ، حيث أن كتلة البروتون تبلغ 0.94 جيجا إلكترون فولت.





تكون الإلكترونات في الكثير من الأحيان قريبة من حالة التوازن الحراري ومثال ذلك (الأشعة فوق البنفسجية، الجسيمات النشطة أو المجال الكهربائي القوي) ويسبب التفاوت الكبير لحجم الإلكترونات تتوازن الإلكترونات عن طريق الديناميكا الحرارية وحدها وبشكل أسرع من أن تتحول إليها من خلال الأيون أو الذرات الطبيعية . لهذا السبب تكون حرارة الأيونات مختلفة عن حرارة الإلكترون وعادة ما تكون أبرد، وهذا أكثر ما يظهر في بلازما الأيونات الضعيفة حيث تكون الأيونات قريبة من الحرارة المحيطة.

استنادا للحرارة المرتبطة بالإلكترونات والأيونات والجسيمات المحايدة فإن البلازما يمكن تصنيفها على أنها حرارية أو لا حرارية:  
**البلازما الحرارية:** تكون فيها الإلكترونات والأجسام الثقيلة بنفس درجة الحرارة ، أي تكون بحالة توازن حراري مع بعضها البعض.  
**البلازما اللا حرارية:** تكون الأيونات والجسيمات المحايدة بحالة الحرارة المحيطة بها بينما ترتفع درجة حرارة الإلكترونات بشكل أكبر بكثير.  
 تتحكم الحرارة بدرجة التأين بالبلازما، وخصوصا أن تأين البلازما محدد بدرجة حرارة الإلكترون المتصلة بطاقة التأين وبدرجة أضعف بالكثافة.  
 توصف البلازما بالحارة إذا كانت متأينة بدرجة تامة، وتوصف بالباردة إذا كان جزء بسيط (كمثال 1%) من جزيء الغاز متأين (في حالة البلازما الباردة تكون درجة حرارة الإلكترون المثالية حوالي عدة آلاف من الدرجات المنوية وبذلك تكون البلازما المستخدمة في التكنولوجيا البلازمية باردة.

### الغازات الخاملة Inactive gases:

يطلق اسم الغازات الخاملة **Inactive gases** أو **gases inert**، أو النادرة **rare**، أو النبيلة **noble** على مجموعة الغازات الكائنة في الفصيلة الرئيسية الثامنة (أو الفصيلة 18) وهذه الغازات هي: الهليوم **He**، والنيون **Ne**، والأرجون **Ar**، والكربيتون **Kr**، والزينون **Xe**، والرادون **Rn** (وهو عنصر جميع نظائره مشعة).  
 الهليوم أخف هذه العناصر، وغير نادر؛ إذ إنه يأتي بعد الهيدروجين من حيث وفرة في الكون، إلا أنه نادر في جو الأرض لأن حقل ثقالتها الصغير غير كاف لجذب هذا الغاز الخفيف. ومجموعة هذه الغازات تكوّن نحو 1% من الجو الأرضي ولهذا دعيت الغازات النادرة.

\* غاز الأرجون من الغازات الخاملة كيميائياً، أي أن لديه غلاف إلكتروني مكتمل، ثمانية إلكترونات في الطبقة الإلكترونية الخارجية، بالتالي غير قادر على تشكيل المركبات الكيميائية في الشروط العادية من الضغط ودرجة الحرارة.  
 يتواجد غاز الأرجون في الغلاف الجوي للأرض وذلك بنسبة 0.934% .  
 يحصل على غاز الأرجون كنتاج عرضي في عملية تسيل وتجزئة الهواء تحت ضغط عالي، أي التقطير التجزيئي للهواء. قطعة من جليد الأرجون، ويلاحظ الاتصهار السريع لها  
 انحلالية غاز الأرجون في الماء مشابهة لغاز الأكسجين ومقدارها 0.0336 ل(غاز)/ل(ماء).  
 النظائر الرئيسية للأرجون على سطح الأرض هي **Ar40** بنسبة (99.6%)، و**Ar36** بنسبة (0.34%)، و**Ar38** بنسبة (0.06%). يستخدم الأرجون في عمليات اللحام وذلك كغاز عازل لمنطقة اللحام عن الجو المحيط ويستخدم كغاز مالى في مصابيح الإنارة خاصة أنه لا يتفاعل مع السلك المعدني المتوهج حتى في درجات حرارة عالية.





## الفصل الثالث – تقنيات انتاج البلازما واستخداماتها (التطبيقات الصناعية للبلازما)

تنتج البلازما الصناعية عن طريق تطبيقات المجالات الكهربائية أو المغناطيسية أو كليهما.

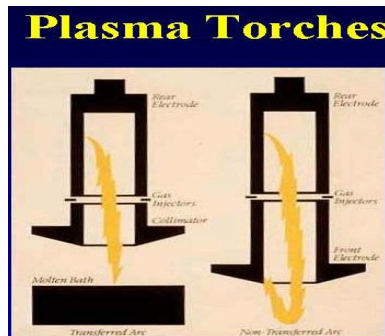
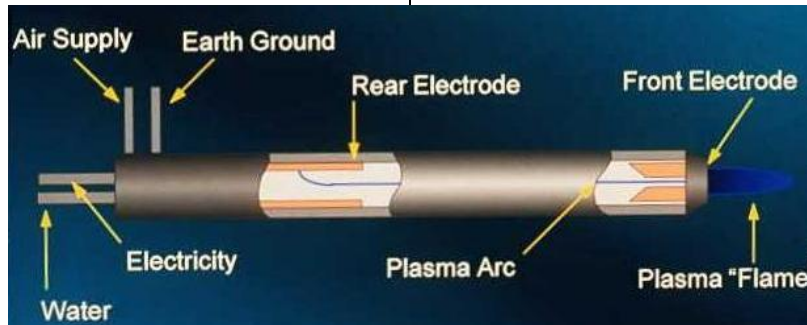
### أولاً تقنية المشعل البلازمي Plasma Torch (أو تقنية اقواس البلازما Arc Plasma Torch) طريقة العمل :

ينتج قوس كهربى من فجوة صغيرة بها قطبين كهربائيين الكاثود (القطب السالب أو الالكترود السالب) والانود (القطب الموجب أو الالكترود الموجب) فيقفز التيار الكهربى بين الأقطاب الكهربائية مكوناً قوس كهربى ، ثم يتم ضخ غاز الارجون أو النيتروجين أو ثانى اكسيد الكربون عبر الفجوة أو الفوهة فيتلامس مع القوس الكهربى فيسخن الغاز ويتحول الى غاز البلازما التى تنطلق مثل النفاثة الصوتية او النافورة المندفعة بدرجة حرارة عالية ما بين 7000-10000-50000 درجة مئوية والتطور مازال مستمر في زيادة درجة الحرارة هذا المشعل البلازمي أو قوس المشعل البلازمي.

\* عندما يسخن الغاز تاخذ جزيئات الغاز فى الانقسام او التجزئة وتصبح ذرات متאיئة ذات طاقة عالية تطلق الحرارة "غاز بلازما".

In a plasma arc torch, the plasma gas serves as a resistive heating element to convert electricity into heat. Because it is a gas and cannot melt, temperatures in excess of 7000-10000-50000°C can be produced.

فى قوس المشعل البلازمي يعمل غاز البلازما كعنصر حرارة ومقاوم لعملية تحويل الكهرباء الى حرارة وذلك لانه غاز ولا يمكن له ان يذوب تصل درجات الحرارة ما بين 7000-10000-50000 درجة مئوية.







## Characteristics of Plasma Arc Technology

- Plasma acts as a resistive heating element that cannot melt and fail
- Produces temperatures of 7,000°C to over 50,000°C
- Torch power levels from 100kW to 200 MW produce high energy densities (up to 100 MW/m<sup>3</sup>)
- Torch operates with most gases – not a combustion process
- Elimination of requirement for combustion air
  - Reduces gas volume requiring treatment
  - Reduces potential for formation of complex organics (i.e., dioxins and furans)

## خصائص تقنية المشعل البلازمي:

البلازما الناتجة منه تصدر حرارة وتحمي نفسها من الذوبان في حرارتها ومن الفشل في انتاجها.

البلازما تنتج حرارة 7000 درجة مئوية (حالياً وصلت الى 50000 درجة مئوية)

مستويات قوة المشعل البلازمي تتراوح بين 100kW الى 200 MW بإنتاج طاقة عالية الكثافة بحدود 100 MW/m<sup>3</sup> في أبسط انواعه.

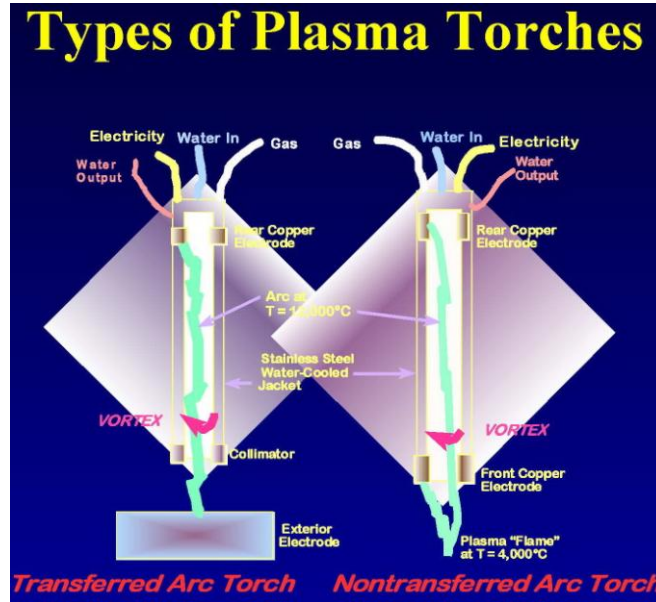
يعمل المشعل البلازمي مع معظم انواع الغازات بدون حرقها (أو بدون عملية احتراق).

يوفر متطلبات ازالة احتراق الهواء:

يخفض حجم الغاز المطلوب للعمل

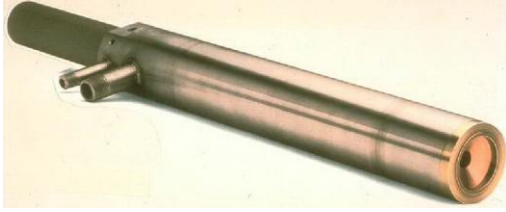
يخفض امكانية تشكل مواد وغازات سامة

## Types of Plasma Torches

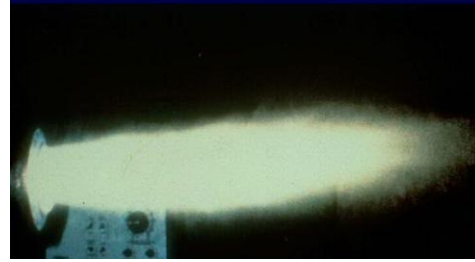




### Commercial Plasma Torch



### Plasma torch in operation



Plasma arc technology is ideally suited for waste treatment

\*Hazardous & toxic compounds broken down to elemental constituents by high temperatures

\*Organic materials

-Pyrolyzed or volatilized

-May be converted to fuel gases

-Amenable to conventional off-gas treatment

\*Residual materials (radionuclides, heavy metals, etc.) immobilized in a rock-like vitrified mass which is highly resistant to leaching

Plasma arc technology remediation experience

- Heavy metals
- Radioactive wastes
- Industrial sludges
- Municipal solid waste
- Electric arc furnace dust
- Liquid/solid organic wastes
- PCB's
- Asbestos
- Chemical wastes
- Medical wastes
- Plastics
- Used tires

تقنية أقواس البلازما مثالية لمعالجة النفايات

\*تكسر وتدمر المركبات الخطرة والسامة وتحولها الى عناصرها الاساسية بالحرارة العالية.

\*المواد العضوية

- تحللها أو تبخرها

- ممكن تحويلها لوقود غازي

- تطوعها لمعالجة غير غازية

المواد المتبقية كالانوية المشعة والمعادن الثقيلة ، تتحول الى كتلة مزججة صخرية مقاومة للترشيح.

المعالجات المجربة في تقنية أقواس البلازما

المعادن الثقيلة

النفايات المشعة

مياه الصرف الصناعي (أحوال صناعية)

النفايات الصلبة البلدية

غبار فرن القوس الكهربائي

سائل / نفايات عضوية صلبة

PCB's

معادن غير موصلة للحرارة

نفايات كيميائية

نفايات طبية

بلاستيك

الإطارات المستعملة





## Waste Destruction Applications

- \*Melting and vitrification of inorganic materials
- \*Pyrolysis of organic materials
- Molten metal or glass bath provides heat transfer
- Heat causes breakdown of complex materials into elemental components
- Rapid quenching prevents complex compound formation (dioxins and furans)
- Water gas shift reaction to remove carbon
- $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$
- Gaseous products are fuel and simple acid gases
- Vitreous residue is resistant to leaching – suitable for aggregate

## تطبيقات تدمير النفايات

- \* ذوبان وتطاير للمواد غير العضوية.
- \* الانحلال الحراري للمواد العضوية.
- الموانع المعدنية والزجاجية التي تنقل الحرارة.
- تسبب الحرارة تكسر للمواد المعقدة الى مكوناتها الاساسية.
- سرعة العمل تمنع تشكل المواد المعقدة والسامة.
- رد فعل تبادل الماء والغاز يزيل الكربون.
- $C + H_2O \rightarrow H_2 + CO$
- النواتج الغازية عبارة عن وقود واحماض غازية بسيطة.
- البواقي الزجاجية مقاومة للترشيح ومناسبة للتكتل.

		Remediation Difficulty → +									
Remediation Difficulty ↓ +	Contaminant Properties	H	H	H	L	H	L	L	L	Plasma Applicability ↓ +	
	Volatility	H	L	H	H	L	L	L	L		
	Reactivity	H	L	H	H	L	L	L	L		
	Soil Texture	H	L	H	H	L	L	L	L		
	Solubility	L	L	H	H	L	L	L	L		
Excavated Soil											
Coarse/Medium Unsaturated											
Fine Unsaturated											
Coarse/Medium Unsaturated											
Fine Saturated											
Heterogeneous Unsaturated											
Heterogeneous Saturated											
Clay Complex											

**Plasma - Solution for Difficult Sites**

**Remediation Difficulty** → +

**Plasma Applicability** ↓ +

**Remediation Difficulty** ↓ +

**Plasma Applicability** ↓ +

**Georgia Tech Research Institute**

Based on data from *Innovations in Ground Water and Soil Cleanup: From Concept to Commercialization (1997)*, Committee on Innovative Remediation Technologies, National Research Council (ISBN 0309063582)

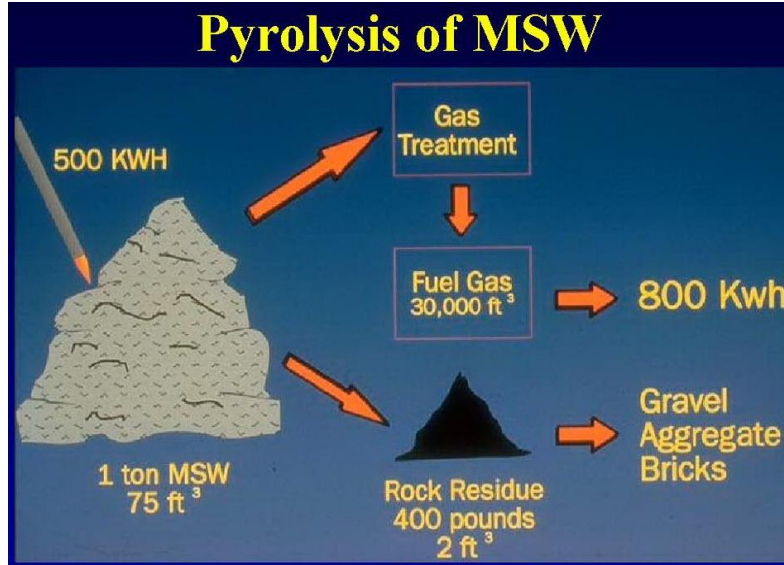




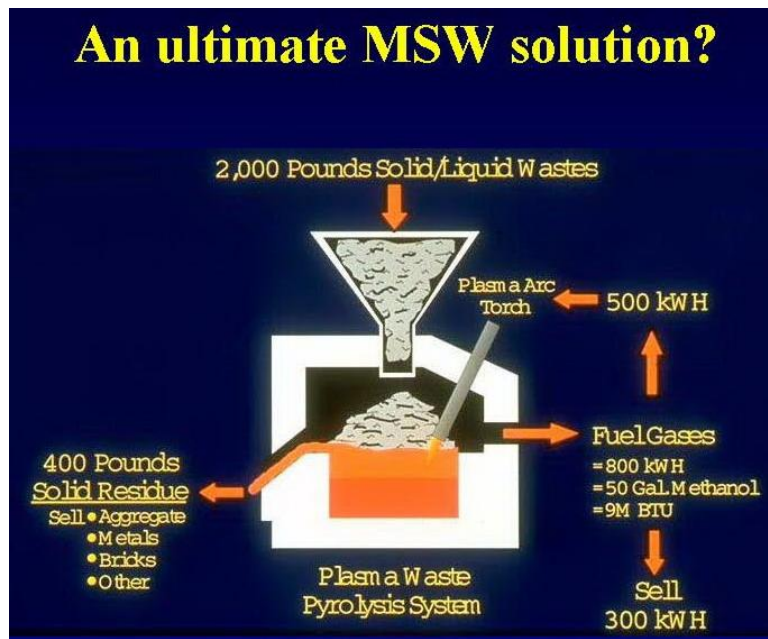


**MSW Municipal Solid Waste (Disposal) (الملقاة) النفايات البلدية الصلبة**  
**Pyrolysis of MSW الانحلال الحراري للنفايات البلدية الصلبة**

التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والاساليب المتطورة  
 Pollution control across bio/plasma reactors



An ultimate MSW solution حلول لا نهائية للنفايات البلدية الصلبة



الجمعية الوطنية لحقوق الإنسان  
 National Society for Human Rights



المجلس الثقافي الليبي للمدارس والجامعات الدولية  
 Libyan Culture Council for International Schools & Universities



الجامعة الإلكترونية للدراسات العليا  
 Electronic University of Postgraduate Studies



الرقم الليبي الموحد  
 للكتاب الإلكتروني  
 Libyan Standard  
 E Book Number  
 (LSBN)



الموسوعة الإلكترونية  
 الليبية  
 Electronic Libyan  
 Encyclopaedia



المجلة الإلكترونية  
 العلمية الليبية  
 Electronic Libyan  
 Science Journal



المدارس الإلكترونية  
 الدولية  
 Electronic  
 International School



## الاستخدامات :

1- تستخدم في المفاعلات البلازمية الحديثة خصوصاً المشعل البلازمي أو قوس المشعل البلازمي ذو درجات حرارة تفوق الـ 50000 درجة مئوية والتطور مازال مستمر في زيادة درجة الحرارة للتخلص من جميع انواع النفايات دون اي اضرار أو انبعاثات .

2- تستخدم في الآلات الصناعية كألة القطع بالبلازما Plasma حيث ان آلة القطع بالبلازما تقطع المعادن بالانصهار الموضعي ، حيث تقوم البلازما "غاز البلازما" بالانطلاق من الفوهة فيقص المعدن وينتج عن ذلك قطع عالي الجودة خالي من اي عيوب.

حيث ان درجة الحرارة الناتجة لغاز البلازما من الآلة ما بين 7000-18000 درجة مئوية وجاري التطوير



آلة البلازما تعمل على افقاد المادة المراد قصها خواصها الفيزيائية (أى لا يكون للمادة ذرات ولا جزيئات) فقط يكون هناك إلكترونات وايونات ويتم القطع نتيجة القوس الكهربائي الناتج والغاز النافث.

تعتمد جودة القطع على عاملين اساسيين هما نوع الغاز المستعمل (ارجون أو نيتروجين أو ثاني اكسيد الكربون) وسمك القطعة المعدنية فكلما زاد سمك القطعة نقصت سماحية الأبعاد (tolerances) وتعنى المجال المحيط بالغاز .

## مزايا القطع بالبلازما :

- يصل سمك القطع من 70-170 ملمتر أو أكثر لبعض الآلات.
- إمكانية قطع المعادن الغير قابلة للاكسدة كالفلوآذ المقاوم للصدأ، والكربون الصلب، والاكريليك.
- سرعة قطع عالية مقارنة بالطرق التقليدية .
- انخفاض التكلفة المادية مقارنة بالتقليدية

Cutting Thickness : 1mm-70mm

- إمكانية قطع المعادن الغير قابلة للاكسدة كالفلوآذ المقاوم للصدأ، والكربون الصلب، والاكريليك.
- سرعة قطع عالية مقارنة بالطرق التقليدية .
- انخفاض التكلفة المادية مقارنة بالتقليدية





## ثانياً تقنية القوس الكهربائي Electric Arc

### طريقة العمل :

ينتج قوس كهربائي من فجوة صغيرة بها قطبين كهربائيين الكاثود (القطب السالب أو الالكترود السالب) والانود (القطب الموجب أو الالكترود الموجب) فيقفز التيار الكهربائي بين الأقطاب الكهربائية مكوناً قوساً كهربائياً فيسخن الهواء فيتغير التركيب الكيميائي للهواء ، حيث ان هذا القوس يحتوي على حرارة عالية وبريق مثالي لعملية اللحام أو الاضاءة ولذلك فان تقنية القوس الكهربائي في الاساس تستخدم في اللحام او الاضاءة لأن حرارة ولمعان القوس قابلة للتعديل .

فكرته مثل البرق الذي يعطي قوساً كهربائياً طبيعياً فالكهرباء بين الأرض والغيوم تعطي وميض قوس كهربائي أيضاً.

تعتمد درجة الحرارة وبريق الأقواس الكهربائية في الغالب على عاملين هما نوع الغاز والضغط ، فعندما يقفز التيار الكهربائي في الفجوة بين الأقطاب الكهربائية ، يسخن الهواء حوله فيتغير التركيب الكيميائي للهواء ،

### الاستخدامات :

1- تستخدم في الآلات الصناعية كآلة لحام بالبلازما



وهي آلة لحام بالبلازما تلحم المعادن بالانصهار الموضوعي بتقنية القوس الكهربائي Electric Arc يستخدمها اللحامون فالحرارة كافية لتذويب المعادن .

2- تستخدم في الاضاءة

يستعمل القوس الكهربائي في الاضاءة وذلك بوضع القوس في حاوية من الزجاج او البلاستيك ، حيث ان ضغط الهواء الذي يحيط بالقوس يمكن أن يسيطر عليه لإنتاج أقواس ضغط عالية لأنواع اضاءة مختلفة.

3- تستخدم في تذويب المعادن

تستعمل الحرارة العالية للقوس الكهربائي لتذويب المعادن حيث يسخنهم القوس إلى درجة الانصهار .

### ثالثاً تقنيات شبيهة أخرى

#### 1- تقنية بلازما التفريغ المتوهج

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط المنخفض لإنتاج البلازما

حيث انه بتطبيقات من التيار الكهربائي المستمر أو تردد منخفض لموجات المجال الكهربائي للفراغ ما بين قطبين معدنيين (أقل من 100 ك هرتز): تتولد بلازما غير حرارية (تسمى بلازما التفريغ المتوهج)

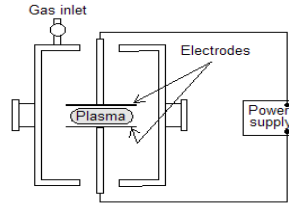
وأشهر تطبيق على ذلك هو اضاءة مصابيح الفلوريسنت.

ولتصنيع هذه البلازما في المختبر ( تصنع بلازما تحت ضغط منخفض لغاز ما )، فإن كل ما يلزم هو مفرغة هواء بارتفاع متر وعرض نصف متر تقريباً، وكذلك مصدر تغذية للتيار المتردد، (في الصناعة يكون مصدر





التيار في مجال ترددات الراديو  $13.56\text{MHz}$  وحديثاً يمكن استخدام اجهزة الميكرويف ذات ترددات اعلى  $2.45\text{GHz}$  في الواقع يمكن عمل بلازما باى شكل ولكن الاكثر استخداما فى الصناعة هو الموضح فى الشكل التالي، ويحتوى على قرصين معدنيين نصف قطرها حوالى  $15$  سم والمسافة الفاصلة بينهما من  $4-5$  سم. بعد ضخ الهواء بواسطة المفرغة يدخل الغاز المراد تحويله إلى حالة بلازما وقد يكون خليط من الغازات، وبمجرد مرور التيار الكهربى ( $\sim 200\text{Watt}$ ) يبدأ الغاز فى التوهج مصدرا ضوءا ساطعا لونه يعتمد على نوع الغاز.



## 2- تقنية بلازما التقارن بالسعة

وهى نوع من استخدام الافراغ بالضغط المنخفض لإنتاج البلازما حيث انه بتطبيقات من المجال الكهربائي ذو تردد موجات عالي (حوالى  $13.56$  ك هرتز) تتولد بلازما (تسمى بلازما التقارن بالسعة) وهي تختلف عن التفريغ المتوهج ، ذلك أن الأغلفة أقل كثافة بكثير، وأشهر تطبيق على ذلك هو الصناعات الدقيقة وصناعة الدوائر المتكاملة لعمل النقش البلازمي والترسيب الكيميائي للبخار المدعم بالبلازما.



تستخدم البلازما ذات درجات الحرارة المنخفضة في صناعة الدوائر الالكترونية المتكاملة وفي العديد من المجالات الهامة فمعظم الدوائر المتكاملة المعقدة جدا والتي تدخل فى تركيب كل جهاز الكترونى، هذه الدوائر الالكترونية تحتوى على عشرات الالاف من الترانزستورات والمكثفات موصلة ببعضها البعض بواسطة اسلاك قطرها فى حدود  $0.1$  ميكرومتر، هذا النوع من التكنولوجيا الدقيقة والمعقدة تصنع باستخدام البلازما، حيث تقوم البلازما بنحت الدوائر الالكترونية على شريحة السيليكون بناء على القناع المعدنى الموضوع امام الشريحة.

فى هذه العملية يكون النحت على شريحة السيليكون كالتالى:-

حيث أن الالكترونات داخل البلازما حرة الحركة وطاقتها اعلى من الايونات الموجبة فإنها تصل إلى اطراف البلازما بسرعة وتقوم بدورها بجذب الايونات الموجبة اتجاهاها وتعملها باتجاه الشريحة وعند اصطدام الايونات الموجبة بالمناطق المكشوفة على الشريحة تقوم بنحتها، وبعدها يستبدل القناع المعدنى باخر مطبوع عليه الدوائر الكهربائية الخاصة بالطبقة الثانية وهكذا بالنسبة للطبقة الثالثة والرابعة ..... والخ حتى تتم عملية النحت.

توجد طريقة اخرى متبعة وهى تعتمد على استخدام مركب  $\text{CF}_4$  Carbon Tetrafluoride كمصدر لإنتاج البلازما، وعندها يتحول هذا المركب إلى اجزاء اخرى منها ذرات الفلورين. هذه الذرات تتفاعل مع ذرات السيليكون المكونة للشريحة وتكون مركب جديد هو Silicon Tetrafluoride والذي يمكن ازالته





ثناء عملية الضخ يتضح مما سبق أن هذه الطريقة هي عملية كيميائية تقوم فيها ذرات الفلورين بالتهام السليكون المراد إزالته. وهذه العملية أسرع من عملية النحت المذكورة سابقاً. وتجدر الإشارة إلى أن البحث والتطوير جارٍ منذ عام 1980 وحتى الآن للحصول على بلازما منتظمة لتغطي أكبر مساحة ممكنة حيث كانت شريحة السيليكون المستخدمة قديماً تبلغ 2 سم<sup>2</sup> أما الآن فهي تصل إلى 20 سم<sup>2</sup>، وهذه البلازما لها استخدامات عديدة فهي تستخدم في شاشات أجهزة الكمبيوتر المتحركة Notebook Computer كمصدر ضوئي، والتي أدت إلى تطور كبير في مجال تكنولوجيا شاشات العرض. ويسعى العلماء حالياً للحصول على شاشة مساحتها 1 متر مربع وسمكها لا يزيد عن 4-5 سم لاستخدامها كشاشة تلفزيون يمكن تعليقها في المنازل والمحلات دون أن تشغل حيز من الغرفة، وهذا سوف يتحقق بالوصول إلى بلازما متجانسة على مساحة 1 متر مربع.

### 3- تقنية بلازما الحث

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط المنخفض لإنتاج البلازما حيث أنه بتطبيقات من المجال الكهربائي مع وجود قطب يحتوي على ملف يغطي منطقة التفريغ مما يثير البلازما بالحث (تسمى بلازما بالحث) وهي مشابهة للتقارن بالسعة وتطبيقاتها.

### 4- تقنية بلازما الموجات المسخنة

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط المنخفض لإنتاج البلازما حيث أنه بتطبيقات من المجال الكهربائي والمغناطيسي تسخن الموجات بواسطة الواسيلتين الكهروستاتيكية والكهرومغناطيسية (تحتاج إلى مجال مغناطيسي متحد المحور لنشر الموجات) تتولد بلازما (تسمى بلازما الموجات المسخنة) وهي مشابهة للتقارن بالحث والسعة من حيث الترددات والتطبيقات.

### 5- تقنية التقوس الكهربائي

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط الجوي لإنتاج البلازما وهي ذات درجات حرارة عالية (~ 10000 كلفن)، تولد من عدة مصادر طاقة، وتستخدم بشكل عام بعمليات التعدين (تستخدم لإذابة الصخور المحتوية على أكسيد ألومنيوم لإنتاج معدن الألمونيوم).

### 6- تقنية التفريغ الإكليلي

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط الجوي لإنتاج البلازما حيث أنها تفريغ لا حراري يولد بواسطة تطبيق جهد كهربائي عالي على الأطراف الحادة للقطب، ويستخدم بشكل عام لتوليد غاز الأوزون ومرسبات الجسيم.

### 7- تقنية تفريغ حاجز العازل الكهربائي

وهي نوع من استخدام الأفرار بالضغط الجوي لإنتاج البلازما فهي تفريغ لا حراري يولد بتطبيق جهد كهربائي عالي خلال فجوات، بحيث يمنع العازل غير الموصل انتقال تفريغ البلازما إلى تقوس، وفي العادة يتم الخلط بين هذا التفريغ والتفريغ الإكليلي بالصناعة، مع أنهما متشابهين بالتطبيقات، يستخدم بنطاق واسع لعمل تشابك الأنسجة الصناعية واللدائن.





## الفصل الرابع - المفاعلات البلازمية Plasma Reactor

### تقنيات المفاعلات البلازمية

في الغاز العادي كل ذرة تحتوي عدد مساوي من الشحنات الموجبة والسالبة، الشحنات الموجبة في النواة محاطة بعدد مساوي من الإلكترونات السالبة، وكل ذرة بشكل كهربائي محايدة، ويصبح الغاز بلازما عند إضافة الحرارة أو أية مصدر طاقة لعدد هام من الذرات لإطلاق سراح بعض أو كل الكترونات، الأجزاء الباقية من تلك الذرات تترك بشحنة موجبة، والإلكترونات السالبة التي انفصلت تكون حرة الحركة، هذه الذرات وناتج الغاز المشحون كهربائياً يقال بأنه غاز مؤين، وعندما تؤين الذرات بما فيه الكفاية تتأثر الخصائص الكهربائية للغاز فيتحول إلى حالة بلازما، وعند تسليط هذا الغاز على غازات أخرى أو على مواد صلبة وسائلة تتأثر هي الأخرى وتصبح جزئياً بلازما في مكان التسليط أو تصبح كلها بلازما إذا تم ذلك داخل نظام محكم ومغلق ضمن درجات حرارة عالية.

النفايات البلدية الصلبة (الملفأة) MSW Municipal Solid Waste (Disposal)

### أنواع المفاعلات البلازمية

لمفاعلات البلازما نوعين:

**النوع الأول:** مفاعلات البلازما البيئية (تستخدم للتخلص من النفايات أو الفضلات الصلبة والسائلة والغازية).

#### فكرة المفاعل:

رفع درجة حرارة النفايات ثم تسليط غاز نافث (ارجون، ثاني أكسيد الكربون، نيتروجين) على النفايات (صلبة أو سائلة أو غازية) تحت ضغط عالي فترتفع درجة حرارة هذا الغاز بقوس كهربائي تصل درجة حرارته من 1000 إلى 18000 درجة مئوية فتفقد النفايات خواصها الفيزيائية (تفتت بحيث لا يكون للمادة ذرات ولا جزيئات) فقط يكون هناك الكترونات وايونات ويتم ذلك داخل نظام محكم التصميم.

**النوع الثاني:** مفاعلات البلازما للاندماج النووي (تستخدم لإنتاج الطاقة).

**فكرة المفاعل:** تكوين بلازما (من غاز أو مادة) وحبسها متأينة في مجال مغناطيسي لمحاصرتها ومنعها من الهرب ثم رفع درجة حرارة البلازما إلى أكثر أو يساوي 150 مليون درجة مئوية وهي درجة تكفي لاندماج انويتها (درجة الاندماج النووي) فتنتج البلازما الطاقة.

**النوع الثالث:** مفاعلات البلازما المغناطيسية الدافعة (تستخدم لإنتاج المحركات).

**فكرة المفاعل:** تكوين بلازما (من غاز أو مادة) وحبسها متأينة ثم يتم رفع درجة حرارتها إلى درجات عالية جداً (مليون درجة مئوية مثلاً)، ثم استخدام الموجات الراديوية، وبعدها الحقول المغناطيسية يتم دفع الصاروخ أو المركبة بسرعات عالية جداً، لتكون النتيجة سرعات ثابتة مستمرة عالية جداً عن طريق استخدام وقود أقل وبذلك نحصل على مركبة أو صاروخ بمحرك بلازما مغناطيسي.







## أولاً : مفاعلات البلازما البيئية

تستخدم حالة المادة الرابعة (البلازما) التي تنتجها المفاعلات البلازمية حالياً في العديد من الدول المتقدمة في التخلص من النفايات أو الفضلات الصلبة والسائلة والغازية الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما .

### أنواع مفاعلات البلازما البيئية:

#### A- مفاعلات بلازمية متطورة للفضلات الصلبة والسائلة الملوثة.

وهي مفاعلات بلازمية تعمل بنظام بالانحلال الحراري **Pyrolysis** وبتقنيات مختلفة أهمها تقنية **Plasma Torch** (نظام الانحلال الحراري لطاقة البلازما بتقنية المشعل البلازمي أو الاقواس البلازمية) وهي مخصصة تماماً لجميع أنواع النفايات والمخلفات حتى المخلفات العسكرية فهي مفاعلات صديقة للبيئة تتعامل مع جميع أنواع النفايات وتحويلها الى مواد صلبة يمكن استخدامها في البناء أو الرصف ، وفيها يعمل المفاعل عند درجات حرارة عالية تصل من 1000 إلى 6000 وحتى 18000 درجة مئوية أو أكثر 50000 وبذلك يتم تبخير وتحطيم المواد السامة وتحويلها إلى غازات غير سامة ، وفي نهاية العملية يكون ما تبقى من مواد صلبة في صورة زجاج.

حيث أمكن عن طريق مفاعلات البلازما الصغيرة منها التخلص من 200 كيلو جرام من النفايات والمواد السامة في الساعة وهناك مفاعلات بلازما متطورة كبيرة تتخلص من 1000 كيلو جرام في الساعة (24 طن يوميا).

وأصبحت بذلك بديلاً أساسياً عن جميع المفاعلات البلازمية ذات نوع معين من النفايات وبدل عن محارق النفايات المعروفة **incinerators** ذات الانبعاثات الضارة .

ومن أمثلتها الحالية:-

#### - مفاعل البلازما PEPS ( Plasma Energy Pyrolysis System - PEPS )

#### B- مفاعلات بلازمية متطورة للعوادم والنواتج الغازية الملوثة.

وفيها يعمل المفاعل على تحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل ( غاز ثاني أكسيد الكبريت **Sulphur dioxide (SO2)** و"أكاسيد الكبريت المختلفة **SOX**" وثاني أكسيد النيتروجين **Nitrogen dioxide (NO2)** و"أكاسيد النيتروجين المختلفة **NOX**") إلى مواد غير سامة فعلى سبيل المثال غاز **NO2** قبل ان يخرج من المدخنة إلى الغلاف الجوي، توجه عليه حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز مثبت في منتصف المدخنة تعمل على تأيين الغازات الموجودة (المادة السامة **NO2** والهواء) أي تحويلها إلى حالة بلازما ، وقبل خروجها إلى الجو تكون مرحلة التأيين قد انتهت وتتكون جزيئات النيتروجين والاكسجين نتيجة لعملية اعادة الاتحاد وهكذا يتم تحويل الغازات الملوثة إلى غازات ناعمة وبتكاليف قليلة.

يجدر الإشارة هنا أنه تم حديثاً التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات، حيث تم تركيب جهاز بلازما في عادم السيارة لمعالجة الغازات السامة قبل خروجها إلى الجو.

#### C- مفاعلات بلازمية محدودة للفضلات الصلبة والسائلة والغازية الملوثة.

وتسمى مصانع **Pyrolysis Plant** لأنها تعمل بنظام بالانحلال الحراري **Pyrolysis** كالتالي في المتطورة ولكن أقل حرارة ، حيث ان أغلبها تعمل على اعادة تدوير نفايات بعينها **Recycling**





ومن امثلتها الحالية:

**Pyrolysis Plant**

1- waste tyre pyrolysis plant (load 6-8 tons of crushed tires).



2- waste plastic to oil machine



3- Waste oil distillation machine

**1 Waste oil**  
Waste oil means recycled waste engine oil from cars, trucks, tractors, and waste tyre oil, waste plastic oil, waste rubber oil.

**2 Oil distillation machine**  
After purification, decoloration by DOING distillation machine, we can get a high quality diesel oil.

**3 Diesel oil**  
We can get high purity, less impurity and yellow diesel oil after refining by DOING distillation machine. This kind of diesel can be used for tractors, trucks, ships and diesel oil generator etc.

4- Tire oil to diesel refining machine

**1 Tire oil**  
We can get tire oil from waste tyres after recycled by pyrolysis plant. Tire oil usually used for heating by heavy industries, but, if you want to used directly for generator power, ships and trucks, you need refining it to diesel. See below:

**2 Oil refining machine**  
After purification, decoloration by DOING refining machine, we can get a high quality diesel oil.

**3 Diesel oil**  
We can get high purity, less impurity and yellow diesel oil after refining by DOING distillation machine. This kind of diesel can be used for tractors, trucks, ships and diesel oil generator etc.

5- Waste Rubber

6- Waste Sludge Oil Process

التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والاساليب المتطورة  
Pollution control across bio/plasma reactors







## D- مفاعلات بلازمية للطاقة من النفايات .

تعمل هذه المفاعلات على تحويل النفايات إلى طاقة وذلك بإنتاج غاز من النفايات ، حيث ان عملية تحويل النفايات إلى الغاز في المفاعل البلازمي عن طريق تقنية المشعل البلازمي Plasma Torch أو القوس البلازمي حيث يعتبر من أحدث وأكثر تقنيات إنتاج الطاقة من النفايات تطوراً حيث يتم إنتاج مزيد من الطاقة بترك أقل لتلوثات بيئية كما يتم إزالة مخاطر النفايات الكيميائية والصناعية السامة .

يستخدم مشعل البلازما في إيجاد الحرارة ذات الدرجة العالية جداً التي يتعذر على سائر الاجهزة إنتاجها ودرجة حرارة الغاز المتصاعد من هذا المشعل التي تتوقف على الحجم وقدرة استهلاكه قد تتراوح ما بين 6000 و 30000 كلفن ، ففي حرارة كهذه يحال أي جسم مقابل شعلة هذا المشعل لبخار ويوسع هذا الجهاز إنتاج درجات حرارية عالية للغاية وأن من اهم خواصه يمكن اعتباره صديق الطبيعة لعدم افرازه أي نوع من الغازات الدفينة المسببة للاحتباس الحراري. فاستخدام مشعل البلازما لا يسبب أي تلوث للبيئة.

يستخدم مشعل البلازما Plasma Torch في الصناعة في قطع الفلزات ولحمها والصبغة المتطورة والان يستخدم في تفكيك النفايات + إنتاج الطاقة.

امكانية التفكيك وإنتاج الطاقة بواسطة مشعل البلازما له أهميته المميزة لكل أنواع النفايات وخصوصاً نفايات المستشفيات التي يتعذر تفكيكها أساساً ما يترتب على دفنها الكثير من المشكلات من نقل ملوثات المستشفيات للبيئة وتلوث مصادر المياه الجوفية وما يعقب ذلك من اضرار كبيرة تهدد السلامة العامة.

## E- مفاعلات بلازمية علمية للبيئة.

ومن امثلتها الحالية:

- مفاعل البلازما PE-CVD

وهو مفاعل بلازما يستعمل لترسيب الأبخرة الكيميائية



هو عبارة عن مفاعل لترسيب الأبخرة الكيميائية بتقنية البلازما (PE-CVD) ، وهو نظام مخصص لقياس الترسيبات من الأنايبب النانوية المصنوعة من الجرافين والكرتون، ويستطيع التعامل مع أسطح الركائز حتى حجم 4 بوصة، وهو صناعة الشركة الألمانية AIXTRON SE .

- مفاعل البلازما الكهربائي للغازات

هو عبارة عن مفاعل بلازما كهربائي لتحليل الغازات إلى مكوناتها الأساسية.

مكون من مختبر بلازما وحوض للتصفية وغرفة للسيطرة (بدون لهب أو نار) حيث يتم تحويل العادم بمساعدة غاز البلازما إلى نيتروجين صاف باستخدام قطبين للكهرباء بقدرة 650 فولت يتدفق التيار بشكل مستمر خلال البلازما المشكلة حديثاً إلى حقل الطاقة بسرعة البرق لتحلل العوادم إلى عناصرها الأساسية بطريقة تمزيق روابطها الجزيئية.





## ثانياً : مفاعلات البلازما للاندماج النووي

تستخدم حالة المادة الرابعة (البلازما) عند حبسها متأينة في مجال مغناطيسي ثم رفع درجة حرارتها إلى ملايين الدرجات المنوية بغرض دمج انويتها (درجة الاندماج النووي) عندها تنتج البلازما الطاقة .

### أنواع مفاعلات البلازما للاندماج النووي:

#### A- مفاعلات بلازمية متطورة للاندماج النووي.

يتكون المفاعل من نظام مبتكر و متطور لأسلاك فائقة التوصيل **Super Conductors**، تعمل بكفاءة عالية على توليد مجال مغناطيسي قوي يقوم بالتحكم ومراقبة البلازما المؤدة للطاقة و ذات الحرارة العالية جداً في قلب المفاعل النووي، و تتميز هذه الأسلاك الجديدة بانخفاض تأثيرها بالحرارة العالية بفضل الطريقة الذكية المستخدمة في شبك أو لف هذه الأسلاك التي تتمتع بقدرة عالية على الصمود في وجه قوات هائلة داخل المفاعل لفترة طويلة جداً ، حيث ان المدة الطويلة لعمل الموصلات الفائقة و تحسين وسائل مراقبة البلازما سيجعلان طاقة الاندماج النووي أكثر فعالية.

#### التعريف بعمل المفاعل:

يحدث الاندماج النووي داخل المفاعل الذي تصل فيه درجة حرارة البلازما فيه لـ 150 مليون درجة سيلسيوس (منوية). و يتطلب التحكم بهذه البلازما ذات الحرارة العالية وجود مجال مغناطيسي ذو قوة فائقة تصل لحوالي 13 تسلا **Tesla** ، و لا يمكن توليد هذا المجال القوي بكفاءة إلا عبر الموصلات الفائقة، و لهذا السبب يُستخدم الهليوم السائل ليتدفق في الأسلاك المجوفة للملفات الكهربائية (**coils**)، ليعمل على خفض درجة الحرارة لتصل لحوالي - 269 درجة منوية، الشيء الذي يسمح بوجود مقاومة بدرجة صفر داخل الأسلاك و لرفع الأمبيرية او شدة التيار لتصل إلى حوال 4500 أمبير، ليقوم المجال المغناطيسي المؤد بالتحكم بالبلازما.

تسبب هذه الأمبيرية العالية حدوث ضغط كبير على الأسلاك التي تلعب دوراً أساسياً في منع التلف السريع لهذه الأسلاك ، بالإضافة لذلك قد تسبب التغيرات المتسارعة في المجال المغناطيسي، ارتفاعاً في درجات الحرارة داخل الأسلاك، مسببةً تحلل هذه الأسلاك و فشل في عملية الإندماج، و هذه هي المشكلة التي تم حلها وفقاً لهذه الطريقة المتميزة لللف الأسلاك الفائقة.

تحيط الأسلاك ، و التي يقدر سمكها بسمك معصم اليد، بحوالي 6 ملفات داخل المفاعل النووي، و يبلغ ارتفاعها الكلي حوالي 13 متراً، و هي الأخرى مكونة من أسلاك متشابكة ( شبيهة بالخيوط المنسوجة) يبلغ سمكها حوالي 0.8 ملليمتر، في البدء يتم تجميع ثلاثة أسلاك رفيعة في حزمة تحتوي على سلكين مكوّنين من القصدير- النيوبيوم الفائقي التوصيل، بينما السلك الثالث مكون من النحاس الذي يولد مقاومة كاملة للحرارة إذا ما حصل أي توقف مفاجئ و غير مرغوب فيه لحالة التوصيل الفائقة.

يتم لف ثلاثة من الأسلاك من المستوى الأول (درجة السُمك) حول بعضها و من ثم تستمر عملية اللف حتى يتم الوصول للسُمك المطلوب، و يلعب طول السلك الملفت و النسبة المشتركة بين مستويات اللف المتعاقبة دوراً حاسماً، إذ تؤدي زيادة المسافة بين الملفات في المستوى الأول إلى ضمان مقاومة الأسلاك للقوى الميكانيكية الشديدة بشكل أفضل، و للحيلولة دون حدوث تشوهات حادة. وبالتالي فإن هذه الكابلات الجديدة قد زادت بشكل كبير فرصة توليد طاقة مضمونة من طرف محطات طاقة الاندماج النووي.

\***Tesla**: و هي وحدة لقياس شدة المجال(الحقل) المغناطيسي، مشتقة من إسم العالم المشهور نيكولا تسلا .

\*مبدأ استخدام الأسلاك فائقة التوصيل لتوليد حقل مغناطيسي عالي الشدة، و تأمين منظومة تبريد عالية الكفاءة، هي نفسها المتبعة في أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي **MRI** المستخدمة للتصوير عالي الدقة للجسم البشري.

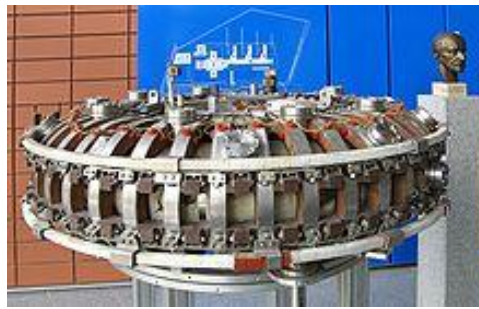




## B- مفاعلات البلازما التوكاماك Tokamak للاندماج النووي.

هو نوع من أنواع المفاعلات النووية الاندماجية وتوكاماك Tokamak اختصار للعبارة الروسية **тороидальная камера в магнитных катушках** والتي تعني الغرفة الدائرية داخل مستحثات مغناطيسية.

ما زالت هذه الطريقة قيد البحث والتجربة ولم تصل مرحلة الاستغلال الاقتصادي بعد و تعمل هذه الطريقة عن طريق رفع درجة حرارة بلازما إلى درجة اندماج نووي وبما أن البلازما ذات درجة حرارة عالية جدا فإنه يجب فصلها وإبعادها وجعلها لا تلامس مكونات المفاعل وإلا أتلفته وتسبب ذلك في برودتها وانقطاع التفاعل الاندماجي.

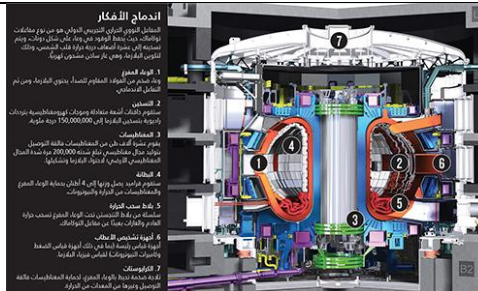


### التعريف بعمل المفاعل:

يتم في المفاعلات المبنية على طريقة توكاماك جعل البلازما تطفو وسط المفاعل دون أن تلامس أي من أجزائه عن طريق مغناطيسات تحافظ على البلازما في مسار دائري وفي الوقت الراهن تتمثل الصعوبات أمام هذا النوع من المفاعلات في الحفاظ على تواصل التفاعل الاندماجي أي على حرارة البلازما حيث أن اختلاف السرعة في طبقات البلازما الداخلية والخارجية يسبب تداخلات تقلل من درجة الحرارة مما يتطلب جعل الحقل المغنطيسي أو القوة المغناطيسية في شكل لولبي.

هذا يتم عن طريق ضخ تيار كهربائي في البلازما يساهم في رفع درجة حرارتها قليلا مع خفض فعل التداخلات الغير مناسبة. كما أن تبريد المفاعل أيضا لا يسمح بتشغيله المتواصل ولذلك فهو يعمل فقط بتقطع نبضي، كل هذا أدى في أحسن الأحوال حاليا إلى إمكان استرداد كمية الطاقة التي تستهلك لتشغيل المفاعل، أي أنه لا يزال لا يصلح لإنتاج الكهرباء. ويبغي الفيزيائيون أن مفاعلات تجريبية في المستقبل أن يثبتوا إمكانية إنتاج طاقة أكبر من تلك اللازمة لتشغيلها.

ظهر حديثاً المفاعل التجريبي الحراري النووي الدولي المختصر باسم ايتر ITER وهو توكاماك عملاق حيث يعتبر مفاعل التوكاماك العملاق هو مشروع الاندماج الرائد في العالم ومن المتوقع أن يكون إيتر - الذي يجري بناؤه في كاداراش، فرنسا - أول مفاعل اندماجي قادر على توليد فائض طاقة من حرق مستدام من وقوده البلازما، غير أن تكلفته تُقدَّر بحوالي 50 مليار دولار أمريكي، أي حوالي 10 مرات ضعف التقديرات المبدئية، ولن تبدأ أولى تجاربه بالوقود قبل عام 2027، أي بتأخير 11 عامًا عن الجدول الزمني ويستحوذ إيتر على حصة الأسد من ميزانية طاقة الاندماج للولايات المتحدة حتى الآن.











#### D- مفاعلات البلازما بالليزر.

وهو البديل الأبرز للتوكاماك ، وفيه تنفجر كريات الوقود المجمدة للداخل بقوة بواسطة أشعة ليزر ذات طاقة عالية - تلقى أيضًا الكثير من التمويل الحكومي، ورغم الجهد الذي امتد لعقود في أبحاث حصر القصور الذاتي، لا تزال مبادرات معينة، مثل منشأة الإشعال الوطنية في مختبر لورانس ليفرمور الوطني في ليفرمور، كاليفورنيا، تكافح من أجل الوفاء بوعودها لتحقيق طاقة الاندماج.

#### E- مفاعلات البلازما بالاستيلاريتور.

الستيلاريتور هو جهاز حلقي يبسط جوانب معينة من التوكاماك، ولكنه يتطلب مغناطيسات أكثر تعقيدًا ، ومعظم علماء فيزياء البلازما تركوا المسائل الهندسية العملية لوقت لاحق، على افتراض أن التعديلات ستظهر بعد أن تقوم فيزياء البلازما بعملها ، ورؤاد الاندماج من الأقلية التي تجادل بأن هناك حاجة إلى حل جذري.. أولاً، تدبير الهندسة المناسبة، عبر تصميم مفاعل بسيط ورخيص، يمكن لشركات الطاقة فعلاً أن تشتريه، ومن ثم محاولة ترويض البلازما.

أحد هؤلاء الرؤاد هو نورمان روستوكر، فيزيائي بجامعة كاليفورنيا في إرفين، شارك في تأسيس «تراي ألفا» في عام 1998، وهو في سن الثانية والسبعين. وقد اقترح هو وزملاؤه التخلص من وقود الـ«دي-تي» لصالح اندماج البروتونات مع برونون 11، وهو نظير مستقر يمثل حوالي 80% من البورون الطبيعي. يتطلب إشعال وقود بروتون-برونون 11 درجات حرارة تصل إلى مليار كلفن، أي ما يقرب من 100 ضعف سخونة قلب الشمس. والطاقة المتولدة في كل حدث اندماجي ستكون فقط حوالي نصف تلك التي تصدر من وقود الـ«دي-تي»، لكن نواتج التفاعل ستكون خالية عملياً من النيوترونات المزعجة، حيث إن الاندماج سيولد فقط ثلاث نوى هيليوم نشطة، معروفة أيضاً باسم جسيمات ألفا. هذه الجسيمات مشحونة كهربياً، ومن ثم يمكن توجيهها بالمجالات المغناطيسية في جهاز «معجل عكسي»، من شأنه أن يحول طاقاتها إلى تيار كهربائي عادي بكفاءة تصل إلى 90%.

إن حرق بلازما بروتون-برونون 11- عند مليار كلفن في التوكاماك كان غير وارد، لأسباب عدة، منها عدم إمكانية الحصول على المجالات المغناطيسية الهائلة اللازمة للحصر، لذلك.. صمم روستوكر وزملاؤه مفاعلاً خطياً يبدو كمدفعين متقابلين. كل مدفع يطلق حلقات من البلازما، تسمى بلازمويدات، معروفة بأنها مستقرة بشكل ملحوظ، إذ سيعمل تدفق تيار الأيونات في البلازما على توليد مجال مغناطيسي، وهذا من شأنه أن يحافظ على البلازما محصورة. يقول آلان هوفمان، فيزيائي البلازما في جامعة واشنطن: «هذه هي التهيئة الأكثر مثالية التي يمكن تصوورها».

لبدء المفاعل، سيطلق كل مدفع بلازمويد في غرفة مركزية، حيث يتألف الاثنان في بلازمويد أكبر، وحر الحركة، يبقى لفترة طويلة طالما أمكن تغذيته بوقود إضافي. سيتم توجيه جسيمات ألفا الناتجة من التفاعل إلى الخلف خلال المدفعين بمجال مغناطيسي آخر، ومن ثم التقاطها في محوّل الطاقة.

#### نبذة عن شركة تراي ألفا إنبرجي

وهي من أكثر شركات الاندماج النووي سرية في العالم، يجب على الزائرين شق طريقهم من خلال مجمع مكاتب في الضواحي عند سفح جبال سانتا آنا، إلى الشرق من إرفين، كاليفورنيا، إلى أن ينتهوا إلى مقر كبير لشركة (تراي ألفا إنبرجي)، لا يحمل أي علامات ، هذا هو أقرب ما يمكن أن يصل إليه دخيل دون توقيع اتفاقية عدم الإفصاح ، حيث إن شركة تراي ألفا تحمي أسرارها التجارية بإحكام شديد، لدرجة أنها لا تملك موقعاً على شبكة الإنترنت، ولكن شظايا المعلومات التي تسربت جعلت من الواضح أن هذا المبنى يحوي واحدة من أكبر تجارب الاندماج الجارية الآن في الولايات المتحدة. وهي واحدة من أكثر التجارب غير التقليدية.

قرر السيد روستوكر وزملاؤه الاستفادة من الثقافة القوية للولايات المتحدة في شركات التكنولوجيا الناشئة والتمويل الاستثماري المغامر. فكُونوا شركة أسموها تراي ألفا، بعد تمكنهم من إجراء تفاعل بروتون-برونون 11-، ومن ثم ذهبوا إلى زيادة الاستثمار الكافي لتوظيف أكثر من مائة شخص.





ويعتقد السيد دين أن عقلية البدء تفسر السرية الشديدة لتراي ألفا، ويقول: «جزء من سحر كونك شركة ممولة من رأس مال استثماري مغامر هو تطوير أفكارك، قبل أن يستطيع أي شخص آخر أن يراها.

وعلى مدى السنوات الخمس الماضية، بدأت الشركة السماح لموظفيها بنشر النتائج واستعراضها في المؤتمرات. فمع آلتهم التجريبية الحالية، وهو جهاز يبلغ طوله 10 أمتار، يسمى سي-2، استطاعت «تري ألفا» أن تثبت حدوث التآلف بين البلازمويد المتصادم، كما هو متوقع، واستمرار كرة النار لمدة تصل إلى 4 ميلي ثانية، وهي مدة طويلة جداً، وفقاً لمعايير فيزياء البلازما، طالما يتم حقن الوقود بالأشعة وفي العام الماضي، أعلن باحث «تري ألفا»، هويانج جوو، في مؤتمر البلازما في فورت وورث، تكساس، أن مدة الحرق قد ارتفعت إلى 5 ميلي ثانية. هذا.. وتبحث الشركة الآن عن المال لبناء آلة أكبر .

كيرنامج علمي، يُعتبر ذلك نجاحاً للغاية، ولكنه ليس انصهار بروتون- برون 11- حتى الآن»، كما يقول هوفمان، الذي استعرض ذلك العمل للملياردير ألن، عندما كان يفكر هذا الأخير في الاستثمار من عدمه. فكما يقول، شغلت «تري ألفا» «آلتها الـ«سي-2» فقط مع الديوتيريوم، وتحاول تحقيق ظروف البلازما القصوى اللازمة لإنتاج الطاقة .

### ثالثاً مفاعلات البلازما المغناطيسية الدافعة ( تستخدم لإنتاج المحركات).

**فكرة المفاعل:** تكوين بلازما (من غاز أو مادة) وحبسها متأينة ثم رفع درجة حرارتها إلى درجات عالية جداً (مليون درجة مئوية مثلاً)، ثم استخدام الموجات الراديوية، وبعدها الحقول المغناطيسية يتم دفع الصاروخ أو المركبة بسرعات عالية جداً، لتكون النتيجة سرعات ثابتة مستمرة عالية جداً، عن طريق استخدام وقود أقل وبذل نتحصل على مركبة أو صاروخ بمحرك بلازما مغناطيسي.

يعتبر موضوع الدفع الكهربائي للصاروخ والسفن الفضائية مجالاً مثيراً من مجالات العلم و التكنولوجيا . ان استخدام هذا النوع من الدفع يمثل في الوقت الحاضر الطريق المعقول الوحيد المتوفر امام الانسان اذا اراد استكشاف الفضاء الموجود خارج نطاق المجموعة الشمسية بطريقة اقتصادية تتضمن نقل بعثات بشرية مع حمولات كبيرة نسبياً الى الكواكب المجاورة او الى الاماكن الابعد من ذلك في الفضاء .

ان تبني فكرة كهذه تعتمد على معلومات وخبرات اساسية في عدد كبير من المجالات قي الفيزياء والتكنولوجيا يجعل مسألة القيام ببحوث ودراسات مكثفة وواسعة في هذه المجالات ام لا مفر منه . ان المسألة هنا هي بناء نظام للدفع الكهربائي النفاث ويمكن مبدئياً القول بان اي نظام كهذا يمكن ان يتكون من ثلاث اجزاء رئيسية هي :

- مفاعل نووي خفيف الوزن لتوليد الطاقة .
- طريقة كفاءة لتحويل الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية .
- محرك الدفع نفسه .

ان الحاجة الى الجزأين الاول والثاني اعلاه في هذا النظام المقترح قد ادت الى دفع كبير لحركة البحوث الاساسية والتطبيقية في مجالات المفاعلات النووية التي تعمل عند درجات حرارة عالية والى طرق تحويل الطاقة المتولدة من هذا النوع من المفاعلات الى طاقة كبيرة بشكل مباشر باستخدام اجهزة ثنائيات البلازما او مولدات MHD .

ان الجزء الثالث وهو محرك الدفع نفسه سيكون موضع اهتمامنا هنا وكما سنلاحظ فان اساس عمل هذا المحرك يعتمد على قاعدة واسعة من الحقائق النظرية بفيزياء البلازما اضافة الى حركات الحزم الجسمية والبصريات الالكترونية . ان هدفنا هنا سوف ينصب على مناقشة هذا النوع من اجهزة الدفع على ضوء هذه





الاسس عوضا عن تقديم صورة تفصيلية للعدد المتزايد من التطورات الهندسية الخاصة بهذا الموضوع ولذلك فان المناقشة سوف تأخذ الاتجاه العام المتعلق بالمحاولات الموجودة في الوقت الحاضر لمعالجة بعض المشاكل الخاصة بفيزياء البلازما وحركيات الجسيمات اضافة الى كيفية توليد الحزم الايونية . واعتمادا على الحقيقة القائلة بان اي مشروع (محرك الدفع صاروخي بالبلازما في هذه الحالة) يعتمد في نجاحه اساسا على استمرار العملية الاساسية في ذلك المجال اضافة الى النتائج التي تسفر عنها هذه البحوث في معالجة مشاكل اخرى خارج نطاق مشروع البحث .

يمكن ان تتضح اهمية استغلال البلازما بهدف بناء محرك دفع صاروخي من خلال المعادلة :

$$v = v_e \ln \frac{M_R}{M_0}$$

والتي تبين ان مقدار فعالية صرف الكتلة للحصول على سرعة الصاروخ يمكن ان تقاس مباشرة بدلالة سرعة دفع الغازات الى الخلف وبمعنى اخر فان تحقيق زيادة معينة في سرعة الصاروخ يمكن ان يتحقق اكبر في استخدام الوقود كلما ازدادت سرعة خروج الغازات .

ان معدل الخسارة في الكتلة في المحركات الصاروخية ذات الوقود الكيميائي الاعتيادي يكون كبيرا في حين تكون سرعة اندفاع الغازات واطنة ولهذه المحركات دفعا عاليا طبعا يكفي للتغلب على قوة الجاذبية لغرض اوصول الحمولة الى المدارات الارضية المطلوبة , ولكن ولهدف تحقيق العديد من المشاريع المستقبلية والتي سيبدأ انطلاقها من مدارات حول الارض والى الفضاء الخارجي فان كمية الوقود الكيميائي اللازم لنقل حمولات ضخمة ستكون كبيرة بشكل غير معقول. ان سرعة نفث الغازات في هذه المحركات ستكون بحدود لا تتجاوز 4000 متر / ثانية والسبب في ذلك ناتج عن اقصى درجة حرارة للتفاعلات الكيميائية واقل وزن جزيني للوقود المستعمل .وان اختيار الهيدروجين كوقود وباستخدام مفاعل نووي ينقل الحرارة الى الهيدروجين مباشرة يمكن ان يجعل هذه السرعة تصل الى 8000 متر /ثانية ولكن لا يمكن زيادة السرعة عن ذلك بسبب عدم تحمل المواد المستخدمة في بناء المحرك حرارات تزيد عن تلك التي تعطينا هذه السرعة .

ان استخدام المحركات الصاروخية التقليدية سيكون مهما في الرحلات الفضائية القريبة من الارض وذلك بسبب مقدار الدفع الكبير الذي تحققه في حين ستكون الرحلات ما بين الكواكب والرحلات الفضائية البعيدة وبحمولات عالية مستحيلة التحقيق باستخدام محركات تقليدية وبذلك يصبح استعمال اية محركات ذات دفع واطن ولكن تستطيع العمل لفترات طويلة وبسرعة نفث عالية جدا للغازات امرا محتوما لغرض تحقيق اهداف من هذا النوع .

الدفع الايوني (ion thruster):

من الواضح طبعا ان الممكن تعجيل الايونات الى اية سرعة عالية مطلوبة باستخدام المجالات الكهروستاتيكية او الكهرومغناطيسية .

ان مقدار السرعات النهائية التي يتم الوصول اليها مثل التعجيل ليس له علاقة بمقدار التسخين الحراري . ان مقدار القدرة اللازمة لتعجيل جسيم متناسب طرديا مع حاصل ضرب الدفع والسرعة . ولما كان وزن المفاعلات النووية اللازمة لتوليد القدرة يتناسب طرديا تقريبا مع القدرة التي باستطاعتها توليدها ولذلك فسيكون هناك لكل رحلة فضائية مقدارا امثل لسرعة خروج الغازات او بمعنى اخر مقدارا للدفع النوعي ينتج عنه اقل وزن كلي ويمكن معرفة هذا المقدار من اجراء عملية موازنة دقيقة بين مجموعة توليد القدرة ووزن وقود الدفع .

ان السرعة المثلى للغازات ستكون اكبر في الرحلات الاطول مدى والحمولات الاكبر , ولكنها على كل حال يجب ان تكون في حدود تصل اكثر من بضع عشرات الالاف من امتار في كل ثانية فهي تتغير من حوالي 50000 متر /ثانية في حالة الحاجة الى نقل حمولة مقدارها 2000 كيلوغرام الى مدار حول المريخ والى







حوالي 100000 متر/ثانية عند محاولة نقل محطة فضائية يصل وزنها الى 15 طنا الى كوكب الزهرة وتمثل المحركات الكهرونووية - الايونية حلا نموذجيا لمثل هذا النوع من الرحلات .

لقد دلت الحسابات التفصيلية على انه في حالة كون مقدار الكتلة الكلية الابتدائية (الوقود+الحمولة) ثابتة فان من الممكن نقل حمولة بواسطة صواريخ الدفع بالبلازما تصل الى حوالي اربع مرات بقدر تلك التي يمكن نقلها بالصواريخ النووية خلال رحلات الذهاب والإياب وقد تصل هذه النسبة الى حوالي عشر مرات في بعض من الرحلات .

ان هناك عدة طرق تتم دراستها الان في كيفية تعجيل جسيمات البلازما الى سرعات عالية ويمكن تصنيف هذه الطرق الى ثلاث اصناف رئيسية تشترك جميعها في انها تستطيع توفير استهلاك قليل الوقود بكفاءة عالية وهذه الطرق هي :

- الطرق الكهروحرارية electrothermal
- الطرق الكهروستاتيكية electrostatic
- الطرق الكهرومغناطيسية electromagnetic

ويشمل النوع الاول من الاجهزة عدة طرق ثنوية تستخدم لتعجيل البلازما طريق تزويدها بحرارة عالية اما عن طريق تسخينها بواسطة مقاومة كهربائية او وحدات قوس كهربائي ولا تمثل هاتان الطريقتان تقدما كبيرا في تحقيق هدف التخلص من تأثير الدرجات العالية على المواد البنائية للمحرك حيث يسمح للغاز بالتمدد خلال فتحة nozzle تقوم بتحويل الطاقة الحرارية الى طاقة حركية والحد الاقصى للسرعة في هذه الحالة هو حوالي 100000 متر / ثانية حيث ان زيادة عن هذا الحد تؤدي الى تلف فتحة خروج الغازات بسبب درجة الحرارة العالية ويمكن معالجة هذه المشكلة باستخدام الفتحات المغناطيسية magnetic nozzles التي تعزل البلازما عن هيكل الفتحة .

توفر المحركات الكهروستاتيكية الايونية امكانيات كبيرة نحو تحقيق سرعات دفع عالية تصل الى بضع عشرات الالو من الامتار في الثانية وهي تعتمد على فكرة اساسية بسيطة جدا هي اعطاء طاقة حركية للجسيمات المشحونة عن طريق تعجيلها في مجال كهربائي . ولكن ورغم بساطة هذه الفكرة فان تحويلها الى امر واقع يواجه عددا من المشاكل المتعلقة باعتبارات اساسية في فيزياء البلازما والالكترونيات منها اولا وجوب وجود مصدر كفاء لايونات ويمكن استخدام عدد من المصادر المعروفة مثل تلك التي تعتمد على التأين بالتماس او تفريغ بينك Penning او الاقواس الكهربائية ذات المجالات المغناطيسية وجميع هذه الانواع تجري عليها الان دراسات لاختبار مدى صلاحيتها . وثاني هذه المشاكل هي تلك المتعلقة بالاجهزة البصرية الخاصة بتجميع وتعجيل الحزم الايونية كالعقدسات المغناطيسية وغيرها . اما الثالث فهي تلك الخاصة بالتعادل الكهربائي .

ان النوع الثالث في محركات الدفع تتضمن عملية تعجيل البلازما باستخدام المجالات المغناطيسية . وهنا ايضا توجد عدة طرق للتعجيل منها استخدام مجالات كهربائية ومغناطيسية ثابتة مشابهة لتلك المستخدمة في مولدات MHD او استخدام الترددات الراديوية للموجات الكهرومغناطيسية وتواجه هذا النوع من عمليات التعجيل مشاكل اساسية منها تحويل الطاقة وتوليد واحتواء البلازما في درجات الحرارة العالية اضافة الى الهدف المطلوب وهو تحقيق كفاءة عالية .





بعض المشاكل الرئيسية :

تتضمن عمليات تطوير محركات الدفع بالبلازما عدة اهداف تكنولوجية هي في واقعها مشتركة لجميع الطرق المقترحة التي مر ذكرها و اول هذه الاهداف هو تصميم ترتيب للمجالات (المغناطيسية و (او) الكهربائية) يكون قادرا على تعجيل الجسيمات المشحونة بشكل مسيطر عليه الى السرعات المطلوبة . ان احدى اولى الاعتبارات في تبني فكرة محركات البلازما هي مسألة الكفاءة والتي نقصد بها هنا بالكفاءة في كل من عملية تحويل الطاقة المتوفرة الى طاقة حركية للجسيمات في استهلاك مادة دفع (الجسيمات) , اما الاعتبار المهم الثاني فهو مسألة تعادل الشحنات الخارجة . ان عملية تعجيل الشحنات في المحركات التي تستخدم المجالات المغناطيسية يفترض ان ينتج عنها حزم معجلة متعادلة نتيجة كونها اقرب ما تكون الى بلازما حقيقية ولكن عمليات التعجيل باستخدام المجالات الكهرومغناطيسية لا يمكن ان تتم إلا باستخدام نوع واحد من الشحنات في كل مجال ولذلك فان علينا فصل هذه الشحنات عن بعضها قبل التعجيل ولكن قذف نوع معين من الشحنات الى الخارج اثناء عملية الدفع سيؤدي الى بقاء شحنات مضادة في المحرك نفسه مما يؤدي الى ارتفاع جهده و وصوله بعد فترة معينة الى حالة يستطيع معها منع الشحنات المقذوفة من الخروج وبالتالي ايقاف عمل المحرك .

ان معالجة هذا الموضوع تتطلب معادلة الشحنات المقذوفة بأعداد مساوية لها من شحنة مضادة ولا نعني بهذا هنا ان على هذه الشحنات اعادة الاتحاد مع بعضها بل ان المطلوب هو ان تكون مجموعة الشحنات الخارجة متساوية في العدد بالنسبة لكلا النوعين من الشحنات .

ان المشكلة الرئيسية الثالثة تتعلق بتأثير التعرية في الأقطاب المستخدمة عملية التعجيل والنتيجة عن تصادم الايونات مع الأقطاب نفسها واحتكاكها بها . ان محركات الدفع التي نحن بصدها يفترض ان تستخدم في سفن فضائية تستمر رحلاتها لعدة سنوات وهذا يتطلب ان تكون ذات تصاميم جيدة يكون تأثير التعرية على الأقطاب الكهربائية قليلا جدا بحيث لا يؤثر على عمل المحرك خلال فترة عمره وهذا يتطلب سيطرة جيدة على طبيعة المسار الضوئي للايونات داخل المحرك بحيث يمنع ارتطام او احتكاك الايونات بالأقطاب بحيث لا تصل نسبة الايونات التي تصطدم بالأقطاب الى اكثر من 0.001 من العدد الكلي للايونات التي يتم تعجيلها .

#### التعجيل الكهروستاتيكي (electrostatic acceleration):

يتميز التعجيل الكهروستاتيكي يكون عالية التعجيل مستقلة بالنسبة لكل من الايونات الموجبة والسالبة اي ان عملية توليد الايونات سوف تتم في مرحلة خاصة قبل عملية التعجيل حيث تتم عملية توليد الايونات اما باستخدام بخار السيزيوم او بالتصادم مع الالكترونات و لكلا هذين النوعين من المحركات احتياجات مشتركة بالنسبة لمعادلة الايونات الخارجة عن طريق حقن شحنات معاكسة .

#### التعادل الكهربائي (electrical equilibrium):

ذكرنا سابقا بان تعجيل الايونات الموجبة والشحنات السالبة في المحركات التي تعتمد التعجيل الكهروستاتيكي يتم بشكل منفصل ويتم بعد ذلك حقن الالكترونات لمعادلة حزمة الايونات الموجبة وعلى الرغم من ان الاختيار الحقيقي لفعالية عملية التعادل هذه يجب ان ينتظر ما ستعطيهِ النتائج الميدانية لاستخدام هذا النوع من المحركات في رحلة فضائية فان الكثير من الدراسات التي اجريت في مختبرات على سطح الارض قد اثبتت امكانية نجاح هذه العملية على الرغم من انه لا تزال هناك الكثير من الاسئلة التي تحتاج الى اجابات بهذا الصدد . وعلى الرغم من اهمية التطبيق المباشر لفكرة التعادل الايوني في محركات الدفع الصاروخي في البلازما فان لهذا الموضوع اهمية اخرى كونه يمثل نوعا متميزا من البلازما والتي لها خواص مهمة ذات امكانيات تطبيقية لم تتم دراستها لحد الان .

ان هناك طريقتين اساسيتين للقيام بمعادلة حزمة الايونات المنبعثة من محرك الدفع بالبلازما هما :

#### 1- التعادل بالتيار current neutralization :

ان خروج الحزمة الموجبة التي قذفها من سفينة فضائية معزولة سوف يؤدي الى اكتساب السفينة شحنة كلية سالبة تتزايد بسرعة الى حد تصبح معه كافية لإعادة سحب جميع الايونات المقذوفة ولهذا فان النوع من الضروري قذف عدد مساوي من الشحنات السالبة مع الشحنات الموجبة وهذه الخطوة تعتبر ضرورية لأجل المحافظة على المركبة الفضائية في حالة تعادل كهربائي . ان من الممكن مبدئيا تحقيق هذا الهدف عن طريق



قذف جسيمات سالبة كالألكترونات مثلا من اي من اجزاء المركبة حيث ستصل في نهاية المطاف الى السحابة الايونية الموجبة خارج لمعادلتها ويسمى هذا النوع من التعادل بتعادل التيار حيث يعتمد على فكرة جعل المجموع الجبري للتيار الكهربائي الخارج من المركبة مساويا للصفر.

## 2- تعادل فضاء الشحنة space charge neutralization :

تعتمد هذه الطريقة على معادلة الحزمة الموجبة نفسها عن طريق قذف الالكترونات السالبة مع الحزمة الموجبة من اية نقطة اخرى في المركبة ولا زال موضوع كيفية القيام بهذه العملية موضع بحوث ودراسات كثيرة.

ان الحصول على تعادل الحزمة الكهربائية يتطلب حقن الالكترونات داخل الحزمة الايونية او بالقرب منها . ان الهدف الرئيسي من عملية التعادل هو بالطبع الغاء او تقليل مقدار اي مجال كهربائي بالقرب من الحزمة يمكن ان يؤدي وجوده الى تقليل مقدار الدفع الناتج عن قذف جسيمات الحزمة . ولما كان مقدار الدفع يتناسب مع حاصل ضرب سرعة القذف وعدد الشحنات المقذوفة في كل وحدة زمن والذي يتناسب مع مقدار التيار الكهربائي الذي تحمله الحزمة فان اي مجال يؤدي الى تقليل احدهما سوف يؤدي بالتالي الى تقليل الدفع . ان م يجب ان نتذكره هنا هو ان التمدد العرضي للحزمة بعد تركها للمحرك سوف لا يؤدي الى توليد اي دفع مضاد من هذا النوع .

ان مناقشتنا سوف تتركز على نوعين من الحزم الايونية والتي لها نوعان مختلفان من مشاكل المتعلقة بعملية التعادل .

### 1. الحزم العريضة المقطع (wide section beams):

تعرف الحزمة العريضة المقطع بأنها تلك الحزمة التي تكون مساحة مقطعها اكبر من مربع المسافة الفاصلة بين المؤين وقطب التعجيل ويمكن اعتباره حزمة مثالية من هذا النوع على انها متولدة عن معجل كبير ذات شبكة . وبسبب شكل هذه الحزمة فان خطوط المجال ستكون باتجاه محوري اي انها تكون باتجاه يمتد بين الايونات الموجبة في الحزمة وبين الشحنات السالبة على السطح الخارجي لقطب التعجيل , اي ان خطوط هذا المجال تعمل على تقليل سرعة الجسيمات المقذوفة وبالتالي الى تقليل كبير في مقدار الدفع . ولو تصورنا وجود شروط حدودية على الحافة الخارجية للحزمة (للتأكد من ان الخطوط هي محورية بالضبط ) فان هذه الايونات سوف تتوقف عن الحركة بعد مسافة مساوية للمسافة الفاصلة بين المؤين وقطب التعجيل .

ان استخدام الحزم العريضة المقطع يوفر ميزات مهمة منها ان باستطاعة توليد قوة دفع كبيرة اذا ما تم التغلب على مشكلة التعادل .

### 2. الحزم الدقيقة (micro beams):

يمكن تعريف الحزمة الدقيقة على انها تلك الحزمة التي تكون فيها النسبة بين مساحة مقطع الحزمة في نقطة خروجها الى مربع المسافة الفاصلة بين المؤين وقطب المعجل اقل بكثير من الواحد . تكون خطوط المجال الكهربائي الناتجة عن شحنة هذه الحزمة مستعرضة على اتجاه الحزمة بشكل عام ولذلك فان تأثير هذه الخطوط على الحزمة سيكون عبارة عن تشتيت وتفريق الحزمة بالاتجاه المستعرض بدلا من تقليل سرعة جسيماتها في الاتجاه المحوري وبذلك تستطيع حزمة من هذا النوع السير مسافة كبيرة بعد خروجها من المحرك بدون الحاجة الى ان تكون متعادلة ولكن لهذا النوع من الحزم عيبا مهما وهو ان مقدار الدفع الذي تولده سيكون صغيرا بحيث يصبح من غير العملي استخدامها في الرحلات الفضائية .

ان معظم المحركات التي تجري دراسة خواصها في الوقت الحاضر لا تمثل حزمات دقيقة ولا عريضة بل تكون في وضع يقع ما بين هذين الترتيبين اما السؤال الذي يطرح نفسه الان فهو كيف نستطيع اجراء عملية







الخط بين المكونات الحزمة الموجبة والالكترونات لتكوين حزمة متعادلة ان شرط التعادل يتطلب كون مقدار التيار الايوني مساويا للتيار الالكتروني , اي ان :

$$I_i = q_i v_i = -I_e = -q_e \bar{v}_e$$

حيث تمثل  $q$  مقدار الشحنة لكل وحدة طول للايونات او الالكترونات في الحزمة ,  $v$  مقدار السرعة ,  $\bar{v}_e$  معدل السرعة .

وفي حالة حدوث التمازج بين الشحنات الموجبة والالكترونات بشكل منتظم فان كثافة التيار الايوني ستكون مساوية لكثافة التيار الالكتروني اي ان :

$$J_i = \rho_i v_i = -J_e = -\rho_e \bar{v}_e$$

ولكننا لا نعلم حقيقة فيما اذا كان التعادل يجب ان يكون على المستوى المايكروسكوبي او الماكروسكوبي العيني للحزمة حيث ان هذا ستحدده مقدار الاستقراريات التي قد تحدث في البلازما .

ان العلاقة تتطلب كون سرعات الايونات والالكترونات متساوية ولكن السؤال التالي الذي يطرح نفسه سيكون هل ان هذا التساوي في السرعات يجب ان تحقق على اساس مطلق بحيث تكون جميع الالكترونات متحركة باتجاه الايونات ونفس مقدار سرعتها فيما اذا كان من الكافي ان يكون معدل سرعات الالكترونات مساويا لمقدار سرعة الايونات وبتجاهه . ان هذا الموضوع لا يزال خاضع لدراسات كثيرة ومكثفة لهدف الحصول على افضل صيغة هندسية وفيزيائية لتحقيق عملية التعادل ولكن ومن الجدير بالذكر ان تولد ونمو الاستقراريات في حزمة البلازما الخارجة عند مزج الايونات مع الالكترونات يعتبر حاليا من اهم العوامل التي تجري دراستها في الوقت الحاضر .

### محرك السيزيوم الايوني (cesium ion engine):

يبين الشكل ... رسما تخطيطيا لنموذج محرك السيزيوم الايوني ونلاحظ على الجهة اليسرى منه مجموعة المعدات الخاصة بمخزن وتسخين الوقود والتي يتم فيه تسخين السيزيوم وتحويله الى بخار ليندفع بعد ذلك خلال صمام التحكم الى المؤين حيث يتحول بخار السيزيوم عند مروره بالمؤين الى الحالة الايونية ويتم بعد ذلك تعجيل هذه الايونات باستخدام المجالات الكهروستاتيكية في منطقة المعجل لتقذف بعد ذلك خلال المعادل حيث يتم معادلة الحزمة بالالكترونات عن طريق كاثود يحيط بالحزمة حيث تتم عملية يحيط بالحزمة حيث تتم عملية التعادل في هذه المنطقة .

ام مجموعة الاقطاب المسماة منطقة المعادل في الشكل ... تؤدي وظيفتين هما :

ان شكل وجهه الاقطاب التي تم تصميمها بهدف الحصول على اقصى كفاءة حقن للالكترونات لأجل التعادل .

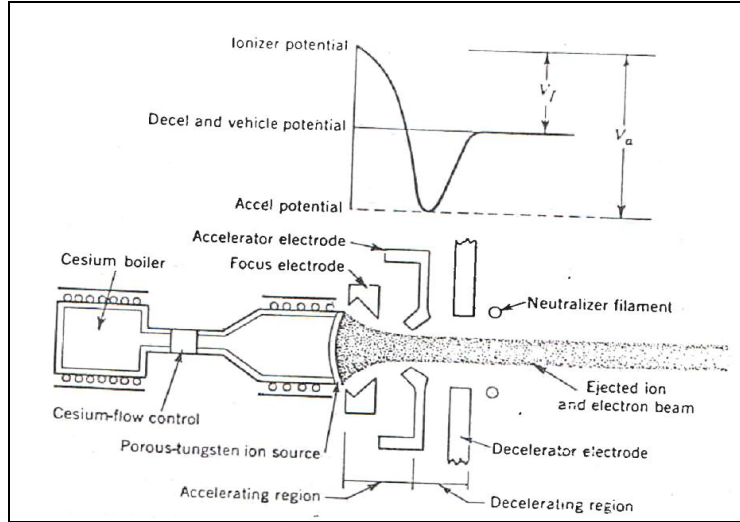
ان معدل جهد هذه الاقطاب يكون اكبر عادة من جهد القطب المعجل وذلك لأجل ابطاء الايونات . ان ترتيب (التعجيل - الإبطاء) هذا اصبح مستخدما في معظم المحركات الايونية الحديثة حيث يتم قذف الحزمة الى الخارج عند جهد مقداره  $V_f$  يمثل جهد القطب المبطن في حين يكون جهد القطب المعجل الواقع بين قطب الإبطاء والمؤين سيكون مقداره  $V_a$  حيث تسمى النسبة  $V_a / V_f$  بنسبة التعجيل والإبطاء accel- decal ratio وتتراوح قسمة هذه النسبة بين 2-10 . ان الغرض الكامن وراء هذا الترتيب هو توليد توزيع للجهد على طول الحزمة لمنع الالكترونات المحقونة لمعادلة الحزمة من الانجذاب نحو منطقة المعجل والوصول حتى المؤين والذي قد يؤدي الى خسارة في القدرة .





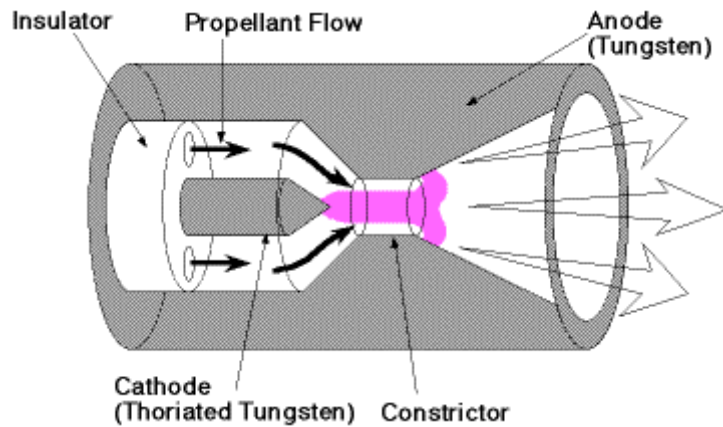
هناك عدة اشكال هندسية مستخدمة في تصميم المؤين وبالتالي تصميم المحرك ككل ويمكن تقسيم هذه الاشكال الى :

- (1) الشكل المستوي .
- (2) مجموعة الحزم الدائرية الصغيرة .
- (3) ترتيب الحزم الشريطية .
- (4) ترتيب الحزمة القشرة الاسطوانية .



ان اكثر الحزم شيوعا والتي تبدو مناسبة اكثر من غيرها هو ترتيب الحزم الشريطية حيث تكون الحزمة بشكل عدة شرائط متوازية والتي تستخدم اجهزة تجميع في اتجاه واحد بدلا من الحاجة الى عملية التجميع في اتجاهين في حالة الحزم الدائرية المقطع كما ان تأثر الاقطاب بفعل التعرية الايونية في هذا النوع من الحزم سيكون اقل .

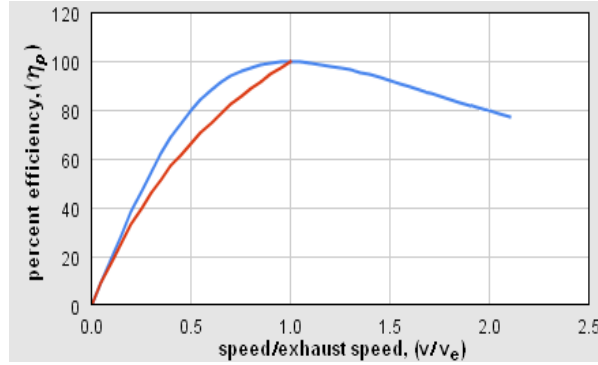
تمثل عملية تحويل ذرات السيزيوم المتعادلة الى ايونات في المؤين (عملية التأين) احدى العمليات المهمة , ومن الطرق التطبيقية المستخدمة لتحقيق ذلك , يتم تغذية المؤين ببخار السيزيوم من الجهة اليسرى لتمرر خلال المسارات الشعرية الدقيقة لقرص من التنكستن المسامي لتخرج على السطح من الجهة الاخرى للقرص بشكل ايونات عن طريق التأين مع التنكستن . ان مقدار التيار يزداد بزيادة الفولتية السالبة لتنكستن عند الفولتيات السالبة القليلة حتى يصل الى حد الاشباع ( الحجم الذي يتم فيه تأين جميع ذرات التي تمرر خلال التنكستن) . ان السيطرة على عدد هذه الذرات يمكن من خلال التحكم في ضغط بخار السيزيوم .





تعتبر عملية السيطرة الدقيقة على مسارات الايونات بحيث يكون مجراها منتظما وهادنا خلال منطقة المعجل والمعادل عملية ذات اهمية قصوى للمحافظة على نسبة تصادم مع الاقطاب لا تزيد عن  $10^{-3}$  . لن التقنية المتبعة في هذا المجال مشابهة لتلك التي تستخدم في تصميم العدسات البصرية ذات الزيغان الضوئي الواسي والعدسات الالكترونية .

لقد تم بناء عدد من محركات السيزيوم في مختبرات البحوث الخاصة بالدفع الصاروخي بالبلازما وفق تصاميم عالية الدقة وقد تم الحصول منها على حزم ايونية تزيد كثافتها على  $10^{11}$  ايون / سنتيمتر مكعب مما يمثل تيارات كهربائية تصل كثافتها الى بضع عشرات او حتى مئات ملي امبير لكل سنتيمتر مربع تمت معادلتها بنجاح كبير قدر تعلق الامر بالاختبارات التي اجريت في المختبرات على الاقل ويمكن القول بان محرك السيزيوم يمكن ان يكون كفوا الى حد كبير في تحويل الطاقة حيث ان المصدر الرئيسي للخسارة في الطاقة سيكون من خلال الحرارة التي تعطى لتسخين المؤين الى درجة الحرارة اللازمة اضافة الى مقدار اخر من الحرارة لتوليد الالكترونات في المعادل بالتأثير الايوني - الحراري . ونلاحظ من دراسة الشكل ... ان كفاءة تحويل الطاقة  $\eta_p$  تزداد خطيا تقريبا بزيادة النسبة (سرعة البلازما / سرعة خروجها) البلازما  $v/v_e$  حتى حوالي 80% .



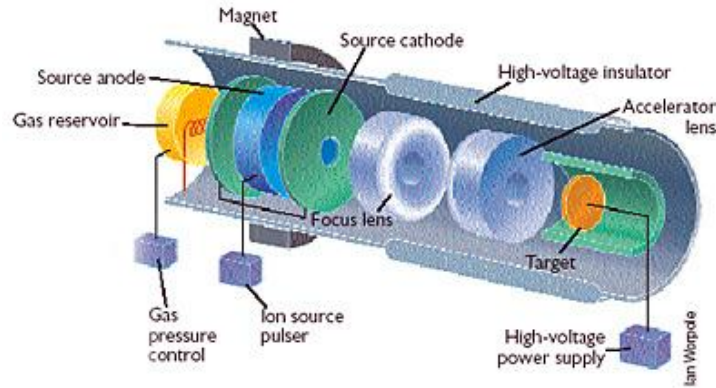
محرك بينيك للتفريغ الايوني :

ان النوع الثاني من المحركات الكهروستاتيكية هو محرك يستخدم مبدأ مختلفا تماما عن المبدأ المستخدم بالنسبة لميكانيكية التآين حيث يتم احداث التآين في هذا النوع من المحركات باستخدام عملية التصادم مع الالكترونات المنبعثة عن طريق التأثير الحراري - الايوني . ولان معدل طول المسار الحر للالكترونات عند الكثافات الغازية المستخدمة في هذا النوع من المصادر الايونية هو اكبر من اطوال الابعاد الهندسية للمصدر نفسه فان احداث التآينات بكفاءة عالية عن طريق التصادم يتطلب زيادة المسافات التي تقطعها الالكترونات ويتم ذلك عن طريق استخدام مجال مغناطيسي يقوم بحبس الالكترونات بمساعدة مجالات كهربائية . ان هذا الترتيب يؤدي الى كفاءة عالية في استخدام الطاقة لأغراض التآين اضافة الى بساطة التصميم الميكانيكي للجهاز وإمكانية استخدام غازات اخرى غير السيزيوم .

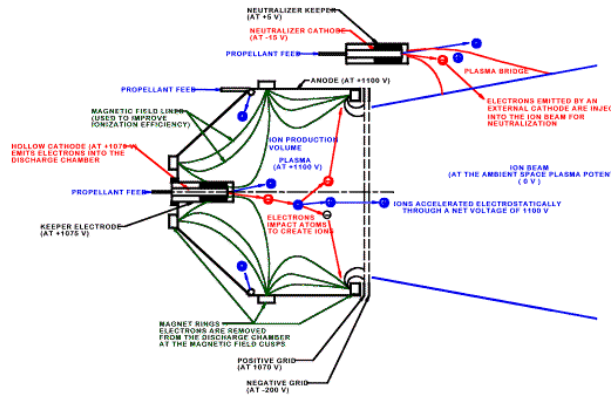
ان اكثر النتائج تشجيعا قد تم الحصول عليها باستخدام الترتيب الموضح في الشكل ... حيث يتكون من حجرة التآين الاسطوانية التي يتم ضخ غاز الدفع المتعادلة عند احدى النهايتين ليتم تآينها وخروجها من الجهة الثانية عن طريق حصرها واحتواؤها باستخدام المجال المغناطيسي وكذلك جعل الجزء المركزي من الاسطوانة موجبا بالنسبة للنهايات لمنع تسرب الالكترونات في الاتجاه الطولي وبذلك سوف تسلك مسارات حلزونية داخل الاسطوانة مودية الى تحول الذرات المتعادلة الى بلازما تملأ الاسطوانة حيث يتم سحب الايونات من هذه البلازما عند نهاية الاسطوانة باستخدام مجموعة من اقطاب معجلة .







تعتمد طاقة الالكترونات المستخدمة عادة على نوع الغاز المستخدم ومقدار طاقة تأينه بالذات وأكثر الغازات شيوعاً في الاستخدام هو بخاري السيزيوم والزنبيق . ويوضح الشكل ... جهازاً من هذا النوع يستخدم الزنبيق ككاثود يقوم بتوفير الالكترونات احدث التآين في نفس الوقت الذي يوفر الذرات اللازمة لعمل الجهاز ويوفر هذا الترتيب حل مشكلة عمر الكاثود حيث لا يؤدي استخدام الزنبيق بشكل سائل اي مشكلة تخفض عمر الكاثود .



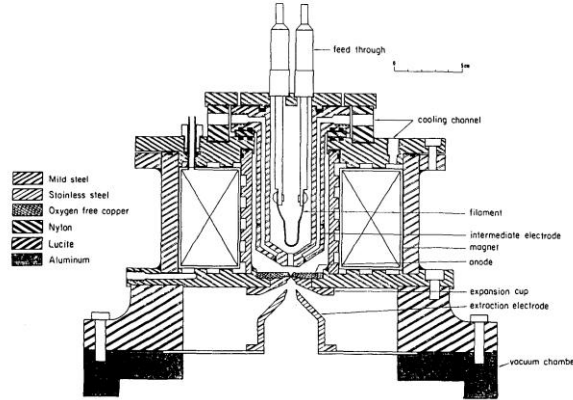
ولقد اجريت تجارب عديدة على هذا النوع من المحركات حتى وصلت خلالها كفاءة استخدام الوقود الى حوالي 80% في حين وصلت كفاءة تحويل الطاقة الى حوالي 90% ووصل مقدار قوة الدفع في احد المركبات الى اكثر من 0.1 نيوتن .

محرك الدوبلازما ترون الايوني :

يمثل محرك الدوبلازما ترون الايوني الصنف الثالث من المحركات التي تجري تطويرها لإنتاج الحزم الايونية باستخدام التعجيل الكهروستاتيكي . يتم احدث التآين في هذا النوع من المحركات عن طريق التصادم الالكتروني كما هي الحالة في محرك بينينك ولكن الدوبلازما ترون يمثل نوعاً من المحركات له قدرة كبيرة على انتاج حزم ايونية ذات كثافة تيار عالية جداً بالمقارنة مع المحركات التي سبق ذكرها حيث يمكن الوصول فيه الى كثافات للتيار تصل الى عشرات الامبيرات لكل سنتيمتر مربع . ان هذه الخاصية اضافة الى خاصيته الاخرى المتمثلة في ان له كفاءة تأين عالية تجعله مرشحاً جداً للاستخدام في اي نظام للدفع الصاروخي على الرغم من وجود مشاكل متعددة تتعلق بتأثير التعرية وتجميع الحزمة الخارجة لكن المعتقد ان معالجة هذه المشاكل سوف لا تكون مستحيلة .



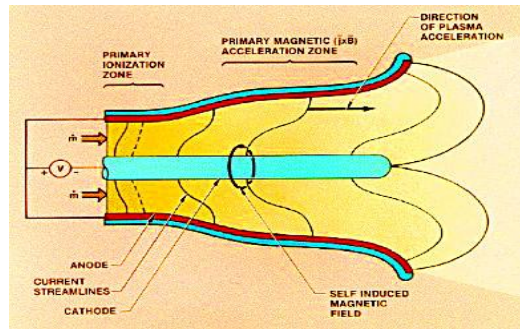
يوضح الشكل ... الترتيب الاساسي لتركيب الدوبلازما ترون حيث تتم توليد قوس تفريغ كهربائي تحت ضغط واطى بين سلك التسخين الايوني الحراري او الكاثود الساخن وبين الانود الذي يعمل عند جهد يزيد عن جهد تأين الغاز المستخدم قد يصل جهد الانود في بعض الحالات الى 100 فولت . ان وجود القطب الوسطي المخروطي الشكل الذي يكون ذا جهد موجب متوسط سيعمل على احتواء البلازما وزيادة كثافتها بالتعاون مع المجال المغناطيسي المحوري مما سيؤدي الى تكوين بلازما عالية الكثافة داخل حجرة التفريغ ويساعد هذا الترتيب في هذا الجهاز في تقليل نسبة فقدان وتسرب الذرات المتعادلة . اما القطب الثالث في هذا الجهاز فهو قطب التعجيل الذي يقع خارج حجرة التفريغ ويعمل عند جهد عالي يصل الى بضع عشرات الالوف من الفولتات .



ان قوس التفريغ الكهربائي داخل الجهاز هو عبارة عن قوس تفريغ اعتيادي تحت ضغط واطى حيث يكون فيه معدل طول المسار الحر للإلكترونات من نفس مرتبة ابعاد طول التفريق وتقوم صفحة البلازما الموجبة القريبة من الكاثود بتوفير فرق جهد مقارب لقيمة جهد التأين الغازي تلي هذه المنطقة منطقة اخرى ذات انحدار قليل في الجهد توجد فيها البلازما المتعادلة ويكون الضغط في هذه المنطقة بحدود  $10^{-2}$  torr .

ان كثافة البلازما عند هذا الضغط سوف لا تكون كافية عادة لإعطاء تيارات ايونية ذات كثافة عالية ولذلك فان كثافات عالية سيتم من خلال استخدام المجال المغناطيسي الذي يقوم بأداء مهمتين الاولى احداث عمليات الانعكاس المحوري للإلكترونات والتالية هو توليد ضغط مغناطيسي لاحتواء البلازما ويؤدي كلا التأثيرين الى زيادة كثافة البلازما .

يوضح الشكل ... توزيع خطوط المجال المغناطيسي في هذه منطقة قناة خروج الغازات قرب الانود . ان المجال والذي تكون شدته في هذه المنطقة بضعة وحدات كيلو جاوس يمكن اعتباره مرآة مغناطيسية تتعرض فيها الإلكترونات التي لها مركبة سرعة في الاتجاه المستعرض لعملية انعكاس حيث تتعرض معظم الإلكترونات للانعكاس بفعل هذه المرآة مما يؤدي الى حبس الإلكترونات بدرجة كبيرة مما يؤدي الى زيادة عالية في درجة التأين للبلازما . اضافة الى ذلك سيقوم بدور مهم في احتواء البلازما والسماح لها في حالة واحدة وهي عندما تكون سرعات الجسيمات المنفلتة في اتجاه محوري فقط تقريبا . ان تأثير الاحتواء الناتج عن المجال المغناطيسي في قناة الانفلات سيكون زيادة كثافة تيار البلازما بشكل كبير.







ان تأثير هذا المجال على الالكترونات هو اشد من تأثيره على الايونات الموجبة (بسبب فرق الكتلة) ولذلك فان التيار الخارج سيكون تيارا موجبا ولكن زيادة طول قناة الانفلات يمكن ان يؤدي الى الاقتراب اكثر فأكثر من وضع التعادل وتشير التقديرات الى ان درجة حرارة الالكترونات في منطقة القناة قد تصل الى  $10^5$  درجة مطلقة .

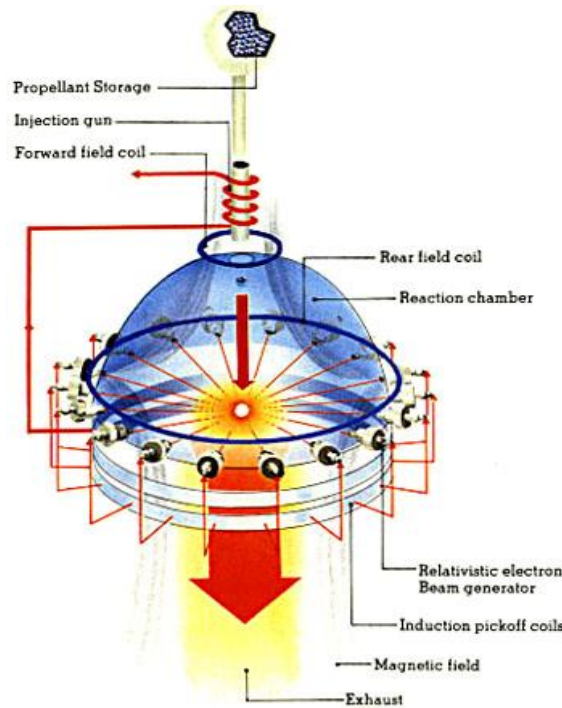
لقد دلت النتائج التي تم الحصول عليها من هذا النوع من الاجهزة ان من الممكن الوصول الى كفاءة في استخدام الوقود تصل الى 90% في حالة استخدام الزئبق في حين وصلت كثافة التيار في نقطة انفلات البلازما اكثر من 100 ملي امبير/ سنتيمتر مربع .

ان المشاكل المتعلقة بهذا النوع من الاجهزة تتركز في مشاكل عمر الاقطاب الكهربائية وتأثيرات التعرية في قناة انفلات البلازما حيث ان زيادة مساحة مقطع قناة الانفلات سيؤدي بالضرورة الى تقليل شدة المجال المغناطيسي المتوفر في هذه المنطقة في حين سيؤدي زيادة شدة المجال لمساحات كبيرة الى تقليل كفاءة تحويل الطاقة في الجهاز وقد يتم التغلب على هذه المشكلة باستخدام المغناط ذات التوصيلية الفائقة .

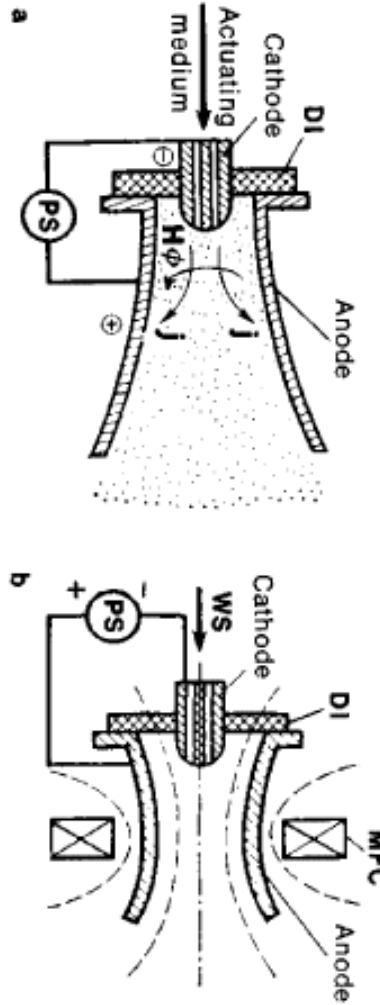
محركات التعجيل المغناطيسي للبلازما

التعجيل باستخدام المجال المغناطيسي الثابت

يوضح الشكل ... مخططا لتعجيل البلازما باستخدام المجالات المغناطيسية الثابتة حيث يقوم التيار الالكتروني بالمرور خلال البلازما التي يراد تعجيلها ثم يتم تجميع هذا التيار الالكتروني من قبل الانود . ان وجود المجال المغناطيسي الثابت والتي يؤثر في الاتجاه العمودي على كل من اتجاهي حركة البلازما والتيار الالكتروني سيؤدي الى ظهور قو مغناطيسية مقدارها  $f = \bar{J} \times \bar{B}$  لكل وحدة حجم تؤثر على البلازما وهذه القوة ناتجة عن حركة التيار الالكتروني .







ان التأثير الحقيقي في احداث التعجيل سينتج عن التصادمات بين البلازما والالكترونات في التيار الالكتروني ولهذا فان هذه التصادمات ستؤدي اضافة الى احداث التعجيل الى تسخين البلازما نتيجة للمقاومة النوعية المحدودة للبلازما  $\sigma$  ولذلك فان من المهم معرفة التأثيرات التالية في هذا التعجيل .

- 1- مدى تأثير اهمية التسخين الذي يحدث في البلازما .
- 2- مقاومة تأثير التسخين مع التأثير الخاص بانتقال الطاقة الحركية الى البلازما بتأثير قوة لورنتز .
- 3- معرفة الحدود الاساسية فإنا سنحاول حساب كفاءة تحويل الطاقة الكهربائية للتيار الالكتروني الى طاقة دفع في البلازما .

ان مقدار الطاقة الحركية التي يكتسبها البلازما في كل وحدة زمن اثناء مرورها بالجهاز هي :

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} Mv^2 \right) = \frac{d}{dv} \left( \frac{1}{2} Mv^2 \right) \frac{dv}{dt}$$

$$= Mv \frac{dv}{dt} = T(v_2 - v_1)$$

وعلى اعتبار ان  $T$  هي مقدار الدفع الذي تولده البلازما عند تغير سرعتها من  $v_1$  الى  $v_2$  خلال وحدة زمن واحدة .





ان هذه الطاقة سوف يتم تجهيزها من التيار الكهربائي الالكتروني ولذلك فان من الممكن حسابها بواسطة الشغل الذي تنجزه قوة لورنتز على البلازما خلال وحدة زمن واحدة . ان مقدار الشغل لكل وحدة حجم من البلازما هو :

$$\frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} \int \bar{f} \times d\bar{x}$$

$$= \frac{d}{dt} \int (\bar{J} \times \bar{B}) \times d\bar{x}$$

ولما كانت الاتجاهات  $J$  ,  $B$  ,  $dx$  متعامدة فان :

$$\frac{dW}{dt} = \frac{d}{dx} \int JB \frac{dx}{dt} dx = JBv|_{v_1}^{v_2} = JB (v_2 - v_1)$$

وهذه تمثل مقدار الطاقة لكل وحدة في كل وحدة زمن ولذلك فان مقدار الطاقة الكلية لكل وحدة زمن ما باستخدام المعادلة ... سيكون :

$$u_k = JBv (v_2 - v_1) = T (v_2 - v_1)$$

حيث  $v$  هو الحجم الكلي المصور بين الاقطاب والواقع تحت تأثير المجال امغناطيسي ويمكن اعادة المعادلة ... بدلالة التيار  $I$  بدلا من كثافة التيار بالشكل :

$$u_k = JBh (v_2 - v_1) = T (v_2 - v_1)$$

حيث تمثل  $h$  المسافة بين القطبين الكهربائيين وعلى اعتبار ان  $v = Ah$  حيث  $A$  هي مساحة سطح الاقطاب الكهربائية .

ونعود الان لحساب القدرة الضائعة خلال عملية التسخين وهذه القدرة هي :

$$u_j = R_p I^2$$

وباستخدام العلاقتين ... و ... يمكننا حساب كفاءة تحويل الطاقة من محرك البلازما ذات التعجيل المغناطيسي وهي :

$$\varepsilon = \frac{u_k}{u_k + u_j} = \frac{1}{1 + \frac{R_p}{hB (v_2 - v_1)} I}$$

او من الممكن كتابة نفس المعادلة بدلالة الدفع باستخدام الشرط الاول من المعادلة ... حيث :

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + R_p \left[ \frac{T}{h^2 B^2 (v_2 - v_1)} \right]}$$



ان هذه العلاقات هي علاقات تقريبية جدا هناك تأثيرات عديدة اخرى لم يتم اخذها بنظر الاعتبار مثل تأثيرات النهايات وتأثير هال ولكن مع ذلك هذه العلاقات هي كافية جدا لإعطائنا فكرة واضحة عن حدود امكانيات من هذا النوع من المحركات .

ان من المفيد التعبير عن المقاومة الكهربائية الكلية  $R_p$  للبلازما بدلالة المقاومة النوعية او بالأحرى التوصيلية النوعية  $\sigma$  للبلازما وبذلك على اعتبار ان هذه التوصيلية هي ثابتة خلال البلازما فان معادلة الكفاءة ستصبح :

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + \left( \frac{T}{\sigma B^2 [V(v_2 - v_1)]} \right)}$$

ويمكننا الان ومن خلال ملاحظة المعادلة ... القول بأنه ولغرض زيادة كفاءة المحرك علينا اختيار القيم المثلى لكل من  $\sigma$  و  $B$  وحجم المحرك  $V$  ولذلك لان مقدار الدفع  $T$  هو امر مفروض تحدده مطالب الرحلة وهذا بدوره يؤدي الى اعتبار قيمة  $v_2$  مقدارا مفروضا ايضا اذا تذكرنا ان قيمة  $v_2$  هي اكبر بكثير من  $v_1$  بحيث يمكن اهمال تأثير  $v_1$  في العلاقة اعلاه.

وحسب المعادلة ... فان الهدف يجب ان يكون زيادة  $\sigma$  وحاصل الضرب  $VB^2$  الى اقصى ما يمكن .

ان زيادة التوصيلية الكهربائية للبلازما يخضع لتأثيرات اخرى دراستها معرفة الطريقة التي يتم بها حقن البلازما الى منطقة التعجيل . ان الطريقة المتبعة عادة هي استخدام احد الفلزات القلوية كالسيوم كالمسيزيوم عادة لخفض درجة حرارة التآين لدرجات تتراوح ما بين 5000 و 10000 درجة كطلقة فان مقدار التوصيلية سيكون بحدود 10 مهو/ سم ولا يمكن تقليل التوصيلية عن هذا الحد تأثير الدرجات الحرارة الاعلى على المواد البنائية المستخدمة وعمر استخدامها .

#### مجالات المجالات المتناوبة :

يبدو لنا من المناقشة التي وردت في الفقرة السابقة بان المشكلة الرئيسية في مجالات المجال المغناطيسي الثابت تتعلق بحالة التماس الموجود بين البلازما الساخنة والأقطاب الكهربائية . ان هناك امكانية لتجنب هذا النوع من المشاكل في نفس الوقت الذي يتم الاستمرار فيه باستخدام التعجيل المغناطيسي الناتج عن قوة لورنتز  $\bar{J} \times \bar{B}$  من خلال القيام بتوليد تيارات كهربائية بطريقة الحث في البلازما عن طريق استخدام مجالات متغيرة مع الزمن (متناوبة) والتخلص ميدنيا على الاقل من الحاجة الى وجود تماس فيزيائي بين البلازما والأقطاب . ان هذه المجالات المتناوبة ستكون ذات فائدة اخرى هي امكانية توليد قوى معجلة في البلازما بدون الحاجة الى حدوث تصادمات بين الجسيمات عكس ما هو عليه في حالة استخدام المجالات الثابتة كما ذكرنا ولذلك فان من الممكن استخدام بلازما ذات توصيلية كهربائية عالية نسبيا .

ان من الممكن تقسيم المجالات المغناطيسية المتناوبة المتوفرة لتعجيل البلازما الى نوعين رئيسيين هما مجالات الموجات المتحركة **magnetic travelling wave** ومجالات الموجات المستقرة **magnetic standing wave** .





هناك ثلاث أنواع من معجلات المجالات المغناطيسية باستخدام الموجات المتحركة وهي :

1. معجلات البلازما ذات المكبس المغناطيسي magnetic piston
2. معجلات دفعات البلازما plasma bunch accelerators
3. معجلات البلازما الحلقية ring accelerators

معجلات البلازما ذات المكبس المغناطيسي :

لقد توصلنا الى ان وجود البلازما في مجال مغناطيسي سوف يؤدي الى توليد ضغط احتواء على البلازما مقداره :

$$p = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

في حالة اعتبار التوصيلية الكهربائية النوعية للبلازما مقدارا لانهايا بحيث لا تقوم خطوط المجال المغناطيسي بالنفوذ داخل البلازما وفي هذه الحالة فان تأثير الضغط سيكون على الصحيفة الخارجية لجدار البلازما .

ان من الممكن كتابة هذه العلاقة في حالة كون التوصيلية الكهربائية للبلازما  $\sigma$  مقدارا محدودا بحيث تستطيع بعض خطوط المجال من النفاذ الى داخل البلازما فإذا افترضنا ان شدة المجال خارج البلازما هي  $B_1$  وشدة المجال داخل البلازما هي  $B_2$  فان الضغط المغناطيسي على البلازما سيكون :

$$p = \frac{1}{2\mu_0} (B_1^2 - B_2^2)$$

ومن الجدير بالملاحظة هنا ان هذا الضغط ناتج في الواقع عن تأثير قوة لورنتز  $\bar{J} \times \bar{B}$  . ان اقصى قيمة للضغط المغناطيسي ستكون طبعا عندما يتم منع خطوط المجال من النفوذ داخل البلازما وبمعنى اخر فان انتشار خطوط المجال داخل البلازما يجب ان يكون بطيئا جدا بالمقارنة مع الفترة الزمنية اللازمة لتعجيل البلازما ولغرض توضيح اساس فكرة التعجيل باستخدام المكبس المغناطيسي فان علينا ان نناقش مسألة انتشار خطوط المجال داخل البلازما وللحصول على معادلة الانتشار فان باستطاعتنا استخدام صيغة قانون اوم العام :

$$\bar{J} = \sigma_0 (\bar{E} + \bar{u} \times \bar{B})$$

وبإعادة ترتيب الحدود في هذه المعادلة واخذ قيمة الالتفاف للطرفي نحصل على :

$$-\nabla \times \bar{E} = -\nabla \times (\bar{u} \times \bar{B}) - \frac{1}{\sigma_0} \nabla \times \bar{J}$$

وبالتعويض عن  $\bar{J}$  ,  $\nabla \times \bar{E}$  من معادلات ماكسويل واستخدام المتطابقة الاتجاهية :

$$\bar{\nabla} \times (\bar{\nabla} \times \bar{B}) = -\nabla^2 \bar{B}$$

نحصل على :

$$\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = \bar{\nabla} \times (\bar{\nabla} \times \bar{B}) + v_m \nabla^2 \bar{B}$$





حيث ان  $v_m$  تسمى باللزوجة المغناطيسية او معامل انتشار خطوط المجال في البلازما . وتساوي :

$$v_m = \frac{1}{\sigma_0 \mu_0}$$

ان الحد الاول تسمى بحد الجريان ام الحد الثاني فيسمى بحد الانتشار وفي حالة كون البلازما ثابتة (ليس هناك جريان) فن معادلة انتشار خطوط المجال ستصبح :

$$\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = \frac{1}{\sigma_0 \mu_0} \nabla^2 \bar{B}$$

والآن لو افترضنا ان الوقت المتوفر لدينا لتعجيل البلازما هو  $\tau$  وان المسافة التي يمكن لخطوط المجال الانتشار فيها الى عمق  $l$  داخل البلازما خلال هذه الفترة الزمنية وان  $v_d$  معدل سرعة انتشار الخطوط هذه الفترة فان الشرط الذي يجب ان تحققه بشأن اقصى سرعة انتشار سيكون :

$$v_d \tau < l$$

ولكن وبما ان :

$$v_d \approx \frac{1}{l \sigma_0 \mu_0}$$

فان :

$$\frac{1}{\sigma_0 \mu_0} < \frac{l^2}{\tau}$$

ان الوقت المتوفر للتعجيل خلال مسافة مقدارها  $L$  للوصول الى سرعة نهائية مقدارها  $v_p$  ابتداء من وضع قريب من السكون هو :

$$\tau = \frac{2L}{v_p}$$

وبالتعويض من المعادلة ... في العلاقة ... نحصل على

$$\frac{1}{\sigma_0} \leq \mu_0 \frac{l^2 v_p}{2L}$$

والذي يمثل الشرط الذي يجب ان يتحقق لأجل الحصول عل تعجيل البلازما الى سرعة نهائية مقدارها  $v_p$  خلال مسافة مقدارها  $L$  مع عدم السماح لخطوط المجال بالانتشار الى عمق اكبر من  $l$  داخل البلازما ولأجل اخذ فكرة حول معنى هذا الشرط سنفترض القيم التقريبية التالية :



$$l = 10^{-2} m$$

$$2L = 0.5m$$

$$\nu_p = 10^5 mho / m$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} H / m$$

$$\sigma_0 > 4 \times 10^{-6} m$$

وهذا معناه بلازما ذات درجة حرارة تصل الى 70000 درجة مطلقة .

ان هذه الحسابات هي تقريبية طبعا وهدفها اعطاء فكرة عن متطلبات تعجيل البلازما باستخدام فكرة المكبس المغناطيسي . ان هذا الحرارة يمكن الوصول اليها مبدئيا ولهذا فا فكرة النوع من التعجيل هي ليست مستحيلة .

ان احتواء البلازما في اي جهاز يستخدم مبدأ المكبس المغناطيسي يتطلب حل مشكلة درجة الحرارة العالية والتي من اهم الحلول هو عن طريق احتواء البلازما بواسطة مجال مغناطيسي ثابت يسمى بمجال الانحياز يقوم باحتواء البلازما ويمنع تماسها مع الجدران المادية للمعجل ولكن ما تجب ملاحظته هنا هو انه وعندما يكون اتجاه المجال المتناوب للمكبس المغناطيسي موازيا لمجال الانحياز الثابت فانه هذا سيولد ثقبا في المكبس المغناطيسي بحيث لا يمكن في هذه الحالة تعجيل جميع اجزاء البلازما .

معجل دفعات البلازما :

ان استخدام الموجات المغناطيسية ذات التغير الجيبي مع الزمن سيؤدي الى حبس دفعات من البلازما عند كل نصف طول موجي لموجة المجال في النقاط التي يكون فيها المجال اقل ما يمكن وبذلك فان البلازما ستجتمع من المناطق المكثفة منقلبة مع المجال المغناطيسي المتحرك وعندما تكون التوصيلية الكهربائية للبلازما عالية بما فيه الكفاية ( اقل انتشار لخطوط المجال داخل البلازما ) فان هذا سيؤدي الى تعجيل البلازما في نفس الوقت الذي يحاول منعها من الاقتراب من الجدران عدا عند المناطق الوسطى الذي يحدث عنده نضوح محدود للبلازما الى الجدران .

المعجل الحلقي :

وهو لا يختلف كثيرا عن معجل المكبس المغناطيسي ويمكن تطبيق مبدأ الضغط المغناطيسي  $p_m = \frac{B^2}{2\mu_0}$

على هذا المعجل ولكن من الافضل مناقشة عمل هذا المعجل عن طريق دراسة التأثيرات المتبادلة بين المجال المغناطيسي والتيار المحتث في حلقة البلازما بواسطة تغير عدد خطوط المجال الموجود ضمن المجال الموجودة ضمن الحلقة نتيجة انزلاق خطوط المجال المغناطيسي للموجة على حلقة البلازما ولأجل احداث تعجيل لهذا النوع من البلازما الحلقي فان الشروط الخاصة بتوصيلية البلازما في حالة المكبس المغناطيسي يجب ان تتوفر هنا ايضا .







### التعجيل المغناطيسي النبضي للبلازما :

يمثل الشكل... مخططا لما يسمى مدفع البلازما الهيدرومغناطيسي **hydromagnetic plasma** وهو يمثل احد انواع المعجلات التي تعتمد طريقة التعجيل المغناطيسي النبضي للبلازما ويتكون من موصلين متحدي المحور مجهزي بترتيب مناسب لإدخال دفعة من الغاز خلال فتحة في القطب الموصل الاسطواني

الداخلي حيث يدخل منها الغاز الى المنطقة المحصورة ويتم تسليط جهد كهربائي عالي بين القطبين بشكل مفاجئ عن طريق غلق الدائرة الكهربائية المرتبطة بمتسعات كهربائية ضخمة وبذلك يتم تأين الغاز ويبدأ تيار كهربائي قطري كبير بالمرور مما يؤدي الى تكوين مجال مغناطيسي دائري نتيجة مرور هذا التيار في القطب الاسطواني الداخلي وينتج عن مرور هذه التيارات القطرية في البلازما والمجال المغناطيسي قوة

مغناطيسية  $\bar{J} \times \bar{B}$  تولد ضغطا مغناطيسيا مقداره  $\frac{B^2}{2\mu_0}$  يقوم بدفع البلازما الى الامام يشكل يشابه ما يحدث

في حالة المكبس المغناطيسي مع بعض الاختلافات منها ان مرور التيار في هذه الحالة سيكون ناتجا عن التماس المباشر مع الاقطاب بدلا من ان يكون تيارا محتثا . كما ان توليد المجال مغناطيسي سيكون ناتجا عن حركة التيار في الموصل الداخلي بدلا من ان يكون موجة مغناطيسية بطيئة .

ان العيوب الرئيسية لهذا النوع من الاجهزة يمكن ان تتخلص فيما يلي :

- صعوبة تحويل الطاقة من المتسعات الى الاقطاب المتحددة المحور .
- فقدان الطاقة المغناطيسية بواسطة الانفلات او الانعكاس عند منطقة نهاية الجهاز .
- الخسارة في القدرة نتيجة التماس المباشر بين البلازما والاقطاب الكهربائية .

لقد تم اجراء عدد من التجارب على هذا النوع من الاجهزة حيث تم الوصول الى سرعات بلازما في حدود  $10^5$  متر/ثانية باستخدام الهيدروجين وبكفاءات وصلت حوالي 30% بالنسبة لتحويل الطاقة في حين ادى استخدام غازات اثقل من الهيدروجين الى الوصول الى سرعات في حدود 60000 متر /ثانية وبنفس الكفاءة تقريبا .





## الفصل الخامس - مفاعل البلازما PEPS

### 1- مفاعل البلازما PEPS

#### Plasma Energy Pyrolysis System - PEPS

وهو مفاعل بلازما يعمل بنظام الانحلال الحراري Pyrolysis Reactor وبتقنية Plasma Torch أو القوس البلازمي Plasma Arc Torch .

ويسمى أيضا بمفاعل أقواس البلازما Plasma Arc Torch نسبة الى تكنولوجيا المصباح او الشعلة البلازمية Plasma Torch التي يعمل بها. حيث ان تقنية "البلازما تورش Plasma Torch" هي نظام الانحلال الحراري لطاقة البلازما وهي حل فريد للتخلص من جميع أنواع المخلفات دون إنتاج انبعاثات ضارة .

#### التعريف بمفاعل البلازما PEPS

هو مفاعل بلازما يعمل بالانحلال الحراري Pyrolysis Reactor بتقنية Plasma Torch ، حيث ان "البلازما تورش Plasma Torch" هي عبارة عن وحدة ذات تقنيات تكنولوجية عالية قادرة على التخلص من النفايات الخطرة وتحويلها لمواد صديقة للبيئة وصالحة للاستخدام في أعمال الرصف والبناء دون أية أضرار صحية، ولا يعتبر ذلك مشروعا لتدوير النفايات كغيره من المشاريع لأنه يتخلص بشكل نهائي من جميع أنواع المخلفات دون أن يترك أي أثر ضار بالبيئة أو بالصحة، على عكس المحارق ومشاريع التدوير الأخرى، وذلك لأن فكرة "أقواس البلازما" مأخوذة من الطبيعة من نفس فكرة "البرق" أو ما يعرف بـ "the force state of metal" وهي عبارة عن نظام محكم يتم العمل فيه بدرجة حرارة عالية تصل حتى 18000 درجة مئوية تقوم بتفتيت هذه النفايات داخل النظام المحكم التصميم، مما يجعلها مخرصة تماما لأي نوع من المخلفات حتى الألغام والقنابل تتخلص منها بسهولة ودون أية خطورة عن طريق عزل اللغم عن الأوكسجين ومنعه من الانفجار، وهي وحدة صديقة للبيئة تتعامل مع جميع أنواع النفايات، وهذه المواد تتحول إلى قطع زجاج يمكن استخدامها في البناء، وهي ذات مواصفات قوية تفوق الجرانيت، ويمكن استخدامها في رصف الشوارع أيضاً، وهذا يعني أنها تحول هذه النفايات الخطرة لأشياء يمكن الاستفادة منها، كما أنها تفتح مجالات عمل للشباب حيث يمكنها توليد الكهرباء ومعالجة المياه المستخدمة فيها .

كما يمكن توفيرها لقطاع الزراعة لقدرتها على فصل المعادن كالرصاص والزرنيخ وغيرها منها. ويمكن تنفيذ المفاعل وسط أماكن أهلة بالسكان ، وليس لها أية أضرار لكنها تحتاج إلى مساحة لا تقل عن ألف متر لإقامة الوحدة وملحقاتها التي تستخدم في استغلال المخلفات الناتجة عنها، وكذلك إقامة سكنية لعمال وموظفي هذه المصانع، ناهيك عن عمال الوحدة التي تعمل بشكل أوماتيكي ولا تحتاج إلا لأربعة أشخاص فقط، ويمكن استخدامه في شركات النفط للتخلص من المواد المشعة الناتجة عنها ، حيث أن نفايات المعامل والمصانع التي إذا اختلطت بنفايات ومخلفات عادية تحولت لخطرة وتضر صحة الإنسان والبيئة، وتحتاج لملايين من الاموال للتخلص منها ، وهذه التكنولوجيا تختلف كثيراً عن الطرق التقليدية المستخدمة في المحارق والمدافن لأن هذه الطرق التقليدية ذات أضرار على البيئة وكلفتها عالية حتى في علاج أضرارها.

#### تكلفة مفاعل أقواس البلازما:

يكلف مفاعل البلازما الذي يعمل بتقنية او تكنولوجيا أقواس البلازما PEPS :  
\*المفاعل ذو الحجم المتوسط يكلف من 6 مليون دولار الى 12 مليون دولار وقدرته التخلص من 10 طن يوميا.  
\*المفاعل ذو الحجم الكبير يكلف من 25 مليون دولار الى 33 مليون دولار وقدرته التخلص من 20 طن يوميا.







لكن هذه التكاليف لا تقارن بأهمية عملها وحجم ما نخسره من أموال في قطاعات كالصحة والبيئة ناتجة عن أساليب تقليدية تستخدم في التخلص من النفايات الخطرة.

### شكل مفاعل PEPS والوحدات الأساسية Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS)



- Developed by USACERL
- Congressional funding
- Capacity 10 tons/day - 20 tons/day
- Complete system
  - Feed & Tapping
  - Furnace
  - Emissions control
  - Wastewater treatment
  - 1MW mobile generator

### شكل مفاعل PEPS المتنقل والوحدات الأساسية Mobile Plasma Energy Pyrolysis System (PEPS)







### Mobile PEPS

Destroying problematic waste streams on a commercial scale. A 10 Ton Per Day processing large volumes of wastes, was successfully completed.

System performance and environmental compliance were validated by an independent testing laboratory that was responsible for all the sampling and analysis of process emissions and benign by-products.

The demonstrated and validated PEPS® performance includes a DRE of 99.99999%.

The Mobile PEPS unit needs a 100 ft X 100 ft (ca. 30 X 30 m) concrete pad for setup. A steel enclosure is suggested for waste staging and handling and storage of chemicals.

Six trucks if it is a stand-alone with generators, plus two with dismantled parts, hoses and cables. Trailers are 48 feet (ca. 15 m) long not including the cab; total weight including the cab is 88,000 pounds.

It comes with two diesel generators for redundant power, but can be operated with site power if available.

### مفاعل PEPS المتنقل

وهو لتدمير النفايات الصعبة حوالي 10 طن يومياً ومعالجات الاحجام الكبيرة نجحت بالكامل.

أداء النظام و التزامة البيئي مصدق عليه بمختبرات مستقلة.

أداء PEPS المصدق عليه هو 99.99999%.

PEPS المتنقل يحتاج مساحة 100 قدم X 100 قدم (30 X 30 m) على ارضية خرسانية للتجهيز متضمن الحديد اللازم لسقالات النفايات و المناولة و التخزين للكيمياويات.

الوزن الاجمالي للمفاعل حوالي 88000 باوند ما يعادل 40000 كيلوجرام أى 40 طن  
KGS = 2.205 LBS 1  
تحمل اجزاؤه 6 شاحنات مع مولداتها بالاضافة الى 2 شاحنة تحمل الاجزاء المفككة كالخراطيم والكوابل وتريلات مقاس 48 قدم أى حوالي 15 متر طول .

مرفق معه 2 مولدات ديزل

النفايات المستهدفة في مفاعل أقواس البلازما :  
جميع انواع النفايات في

- 1- القطاع الصناعى والعسكري حيث يعد من أكبر مصادر إنتاج النفايات الخطيرة ويشكل نسبة 35% من النفايات.
- 2- القطاع الطبى (المستشفيات والعيادات، المعامل) وتشكل نسبة 15% .
- 3- نفايات السكان ويمثل نسبة 50% .

### ( MSW Municipal Solid Waste (Disposal) (الملقاة) )

حيث أن كمية النفايات الخطيرة الناتجة من المدن الكبرى تقاس بمئات الالاف الاطنان المترية و لا يوجد هيئات أو مؤسسات أو مرافق تستطيع استيعابها ومعالجتها بالإضافة إلى الصعوبة المتزايدة التي تواجهها السلطات عند تطبيق القانون البيئي الخاص بحماية البيئة، واستمرار المؤسسات الصناعية في إلقاء المخلفات بصورة غير قانونية في ظل عدم توافر المرافق المناسبة للتخلص منها .





### مختصر حول ما يمكن ان يتخلص منه المفاعل دون أي ملوثات للبيئة:

30 Caliber Rounds	مقذوفات اسطوانية عيار 30
40mm Cartridge M585	خرطوشة 40 ملمتر M 585
40mm Cartridge M661	خرطوشة 40 ملمتر M 661
40mm Cartridge Ground	خرطوشة 40 ملمتر
40mm Cartridge, Yellow	خرطوشة 40 ملمتر ، أصفر
50 Caliber Rounds	مقذوفات اسطوانية عيار 50
Agricultural Blast Media (ABM)	أوساط الانفجار الزراعية (ABM)
Aircraft Illumination	انارة طائرات
Aircraft Illumination	انارة طائرات
Bulk Liquid Organics	سوائل عضوية غير معبأة في اكياس
Computer	حواسيب
Coal & Incinerator Ash	الفحم ورماد المواقد
Electroplating Sludge	رواسب واوحال كهربية
Electronic Printed Circuit boards	البطاقات الإلكترونية المطبوعة الدورية
Energetic Components & Devices	المعدات والأدوات الذكية
Ground Illumination	الإضاءة الأرضية
HC Smoke Grenade M18	قنبلة دخان HC M 18
Heavy contaminated oils	الزيوت الملوثة الثقيلة
Lab Packs	علب المختبرات
Large Rifle Primers	مبادئ قراءة البندقية الكبيرة
Marker M716	علامة M 716
MC 1320 Piston Motor	سيارة مكبس MC 1320
MC 2848 Marker	علامة MC 2848
MC 2987 Torch	مصباح MC 2987
MC 3608 Igniter	شاعل MC 3608
MC 749 Switch	مفتاح MC 749
MC103 Igniter	شاعل MC 103
MC1040 Explosive Bolt	مزلاج متفجر MC 1040
MC1362 Gas Generator	مولد غاز MC 1362
MC2943 Igniter	شاعل MC 2943
MC3089 Igniter	شاعل MC 3089
Medical drugs and fine chemicals	المخدرات الطبية والمواد الكيماوية الدقيقة
Medical Waste	النفايات الطبية
Municipal Solid Waste	النفاية الصلبة البلدية
Organic solvents	المواد العضوية الذائبة
Pyrotechnic Ordnance	المدفعية النارية
Red Signal Smoke (M-168)	الدخان البارز الأحمر (M-168)
Red Water	الماء الأحمر
Refuse Derived Fuel	مشتقات الوقود
Riot Control Grenades	قنابل الاضطرابات نوع:
Signal AN-A38A2	Signal AN-A38A2
Signal AN-A53A2	Signal AN-A53A2
Signal AN-MK-13	Signal AN-MK-13
Signal M188	Signal M188
Smoke M676	Smoke M676
Smoke Illumination	دخان إضاءة
Smokeless Gun Powder	بارود بلا دخان



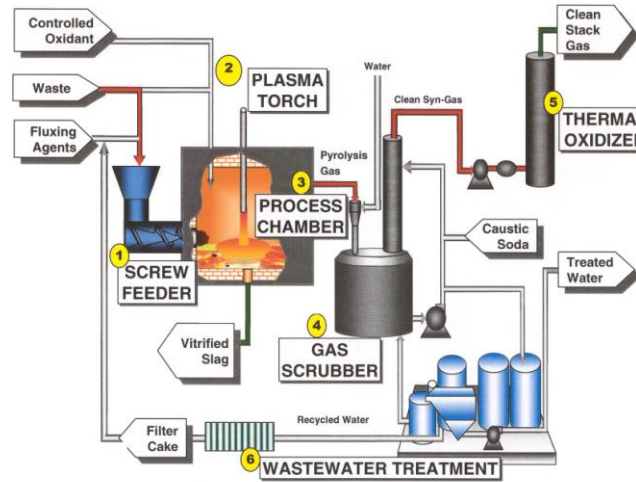
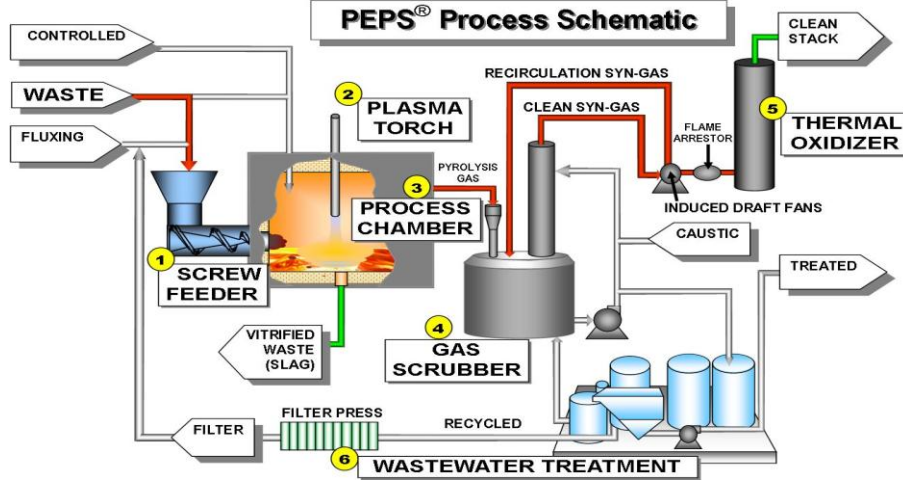
Surface Trip Flare M49A1  
Thermal Batteries  
Vehicle Tires  
Yellow Smoke Grenade M18

الشمعة الضوئية السطحية M 49 A 1  
البطاريات الحرارية  
إطارات السيارات  
قنبلة الدخان الصفراء M 18

قدرة مفاعل أقواس البلازما :

المفاعل ذو الحجم المتوسط يتخلص من 500 كيلو جرام في الساعة أي حوالي ( 10 طن يوميا ).  
والمفاعل ذو الحجم الكبير يتخلص من 1000 كيلو جرام في الساعة أي حوالي ( 20 طن يوميا ).

### مخطط لوحات المفاعل PEPS الاساسية (PEPS Process Schematic)



وحدات المفاعل PEPS الاساسية:

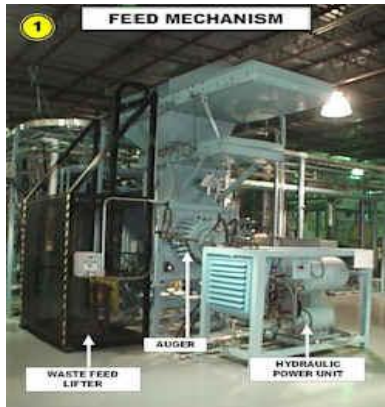
- 1- آلية التغذية (مدخل النفايات) Feed Mechanism
- 2- قوس المشعل البلازما Plasma Arc Torch
- 3a- غرفة العمليات وآلية الغذاء Process Chamber and Feed Mechanism
- 3b- حاوية تبريد الخبث المصهور Water Cooled Slag Container
- 4- جهاز التنظيف الرطب Wet Scrubber
- 5- جهاز الاكسدة الحراري Thermal Oxidizer
- 6a- نظام معالجة المياه الملوثة Wastewater Treatment System
- 6b- عملية الفلترة Filter Press







التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية والتقنيات والأساليب المتطورة  
Pollution control across bio/plasma reactors



1- آلية التغذية (مدخل النفايات) Feed Mechanism





يستعمل المفاعل PEPS هذه الوحدة لإدخال النفايات والسيطرة عليها وتجهيزها للوحدات القادمة ، حيث ان النفايات الداخلة ذات انواع مختلفة (صلبة وسائلة وغازية) ويمكن ادخالها مفردة او مجتمعة بشرط التأكد من عدم وجود ردود افعال كيميائية.

#### Feed Mechanism:

PEPS™ uses commercially available, off-the-shelf waste feed mechanisms for controlled waste input to the processing chamber.

Different type wastes (solid, liquid, gaseous) can be fed individually or simultaneously, provided that these do not cause chemical reactions that might interfere with the gas scrubber chemistry and result in excessive wear to refractory and metals. Pilot-scale testing will be performed to validate compatibility of waste streams with selected materials and process chemistry

#### Bulk Solid Wastes and Sludges:

Bulk solid wastes, to include sludge (pump able, semi-solid residues), are fed into a simple, commercial auger bin by a mechanical dump mechanism. The auger has controlled speed, is reversible, and resists jamming or bridging, all of which make it extremely safe and reliable. Leakage of process gasses out of the auger bin is inhibited by interlocking air tight doors and by operating the bin at a negative pressure so that fugitive vapors are pulled into the plasma processing chamber. The auger bin can be cleansed during maintenance cycles or at any other time, by disinfection with a 6% hydrogen peroxide solution followed by steam. The hydrogen peroxide solution drains into the processing chamber, where it is destroyed. The reversible auger grinds the waste, mixing and moving it into the processing chamber at a predetermined rate. The auger is a heavy-duty commercial type that is automatically controlled to produce a continuous waste feed into the plasma-processing chamber.

#### Liquids Waste Streams:

Liquid waste steams, if present, will be pumped into the process chamber. If process chemistry permits, they may be mixed in with bulk solid wastes or sludge. Gaseous Waste Streams Gaseous waste streams (vent gases) will be injected into the process chamber along with controlled oxidants via a steam ejector.

## 2- قوس المشعل البلازما Plasma Arc Torch







تعمل وحدة قوس المشعل البلازمي على توفير درجة حرارة عالية تضمن تحليل كل المركبات العضوية وغير العضوية بالكامل.

#### Plasma Arc Torch:

Plasma arc torches to be used in this system will generate the intense heat needed for the substoichiometric dissociation of waste materials. These torch will generate temperatures up to 21,000 F (11,650° C) to maintain an operating temperature (example) of 3,000 F (1,650°C) throughout the processing chamber to completely pyrolyses all organic compounds and vitrify the inorganics.

#### Plasma – Fourth State of Nature:

Plasma is the fourth state of matter, distinct from the solid, liquid, and gaseous states that we encounter in our everyday lives. Though its only natural manifestations on Earth are lightning and the aurora, plasma is the most common form of visible matter in the universe. It comprises the bulk of most stars, including our own sun. Plasma is formed by subjecting a gas to such intense electrical forces that the bonds between electrons and their respective atomic nuclei are dissolved, leaving an assembly of charged particles whose properties are no longer described by any of the three more earthly forms of matter.

The PEPS™ plasma arc torch generates an electrical arc between two electrodes. Gases surrounding the arc are ionized, and the resistance to electric current of the resulting plasma generates temperatures of up to 21,000° F (11,650° C). Maintaining a temperature of about 3000° F (1,650° C) in the process chamber by means of the torch assures complete destruction of hazardous waste into benign by-products.

#### Plasma – The Most Effective Means of Destroying Problem Wastes:

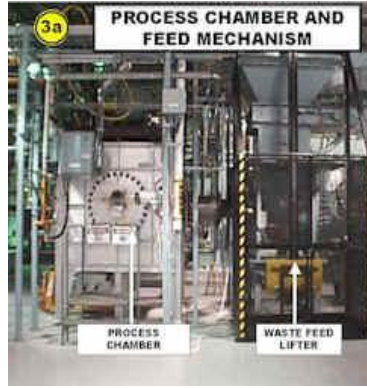
The plasma arc torch converts electrical energy into heat energy, which is used to reduce the waste in the interior of the processing chamber. The torch is a hollow tube designed to handle intense heat, and is similar in operation to an arc welder. Gas flowing through the plasma torch becomes hot ionized plasma as it passes through the electric arc between two electrodes. The plasma torch control system regulates the plasma arc, continually monitors the operation of the torch. Plasma energy offers distinct advantages over conventional incinerator systems used for the thermal destruction of waste: massless heat, high operating temperatures, a controlled processing atmosphere, and rapid shutdown capabilities. The low mass characteristic of plasma arc torch heating reduces the required size of the processing chamber and only a small amount of gas is required to generate and maintain the plasma arc to heat the processing chamber. Feedback from gas and temperature sensors in the processing chamber is used to regulate waste feed rate, temperature and reactivity of the atmosphere. The controlled atmosphere assures reliable and predictable physical and chemical changes.







### 3a- غرفة العمليات وآلية الغذاء Process Chamber and Feed Mechanism



وحدة غرفة العمليات بها حاوية فولاذية ممانعة لتسرب الغاز وممانعة لأي تفاعلات

#### Process Chamber:

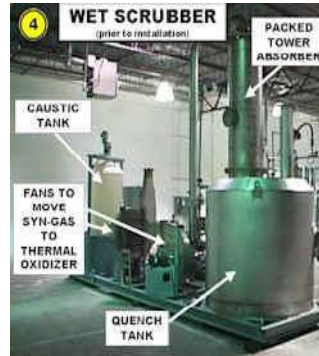
The processing chamber consists of a gas-tight, steel container lined with refractory material selected for the pyrolysis of specific waste streams. It is instrumented with thermocouples, a pressure sensor, and has cooled view and feed ports. The process chamber hot face and gas temperatures are closely monitored to control the process. The refractory lining provides heat insulation, protects the steel container from any reactive atmosphere in the processing chamber, and insulates so effectively that there is almost no discernible sound from operation of the plasma arc torch.

### 3b- حاوية تبريد الخبث المصهور Water Cooled Slag Container





#### 4- جهاز التنظيف الرطب Wet Scrubber



##### Wet Scrubber System:

The 25-tonne per day PEPS™ unit is designed with a wet scrubber, using sodium hydroxide (NaOH) as the neutralizing solution. The particulate that is removed from the product gas by the wet scrubber contains carbon, with trace amounts of metals, and the neutralization of acid gases forms a salt solution in the scrubber water. The Mobile PEPS™ uses a dry scrubber system.

##### Wet-Dry System:

An alternative dry-wet scrubber system may be utilized if pilot-scale testing indicates that it will be more efficient and cost effective. The dry-wet hybrid system employs a bag house prior to the wet scrubber/polisher. Solids from the bag house blow down and salts precipitated out of the wet packed column polisher are reprocessed into the vitrified slag waste. Because significantly less water is used in the spray contactor, water is evaporated completely in the system, thus eliminating the need for a wastewater treatment system.

#### 5- جهاز الاكسدة الحراري Thermal Oxidizer





### Waste Feed and Controlled Oxidants:

A controlled (e.g., direction, speed, etc.) auger pushes the waste stream into the processing chamber, where the waste is decomposed by the high temperatures generated by the plasma torch. The chamber includes gas and slag ports, a steam injector, and a waste feed port. The waste feed port is located on one side of the chamber and the slag port is located in the bottom of the chamber. To promote the efficient processing of organics some oxygen must be available to combine with the carbon atoms from the waste to form carbon monoxide. Measuring the amount of steam injected into the processing chamber controls the amount of oxygen introduced. At the design operating temperatures, only diatomic hydrogen (H<sub>2</sub>) and carbon monoxide (CO) are stable within the processing chamber.

### A Reducing Atmosphere to Produce Syn-Gas and Vitrify Wastes:

The entire system operates under a negative pressure to prevent fugitive emissions. Organic materials decompose into their basic elements (mainly carbon and hydrogen) as no complex organic compounds remain stable at this temperature. Most of the hydrogen exits the processing chamber as hydrogen gas, while most of the carbon reacts with oxygen from moisture in the waste and steam injected as part of the control process, exiting as carbon monoxide. The product gas is drawn from the chamber by a down stream draft fan for gas management and cleansing in the air emissions subsystems. The chamber is provided with a trough at the bottom to collect the molten metal and glass. The inorganic materials (bottles, metal containers, batteries, etc.) melt and form glass layers, which are drained through controllable taps into a slag collection system. The taps are connected to the slag handling system to allow removal of the slag.

### Gas Scrubber:

Product gas exits the processing chamber at about 1,900 F-2,000 F (1,040°C-1,090°C), and must be cooled rapidly to prevent temperature dependent reactions that can produce complex organic molecules such as dioxins. The gas produced by the pyrolysis of organic material (e.g., medical waste) contains carbon, metal particulate and acidic gases which must be removed before the gas can be used or released. A wet scrubber system rapidly quenches the hot product gas, removes particulate and neutralizes acid gases with a neutralizing agent, and provides flue draft control.







## 6a- نظام معالجة المياه الملوثة Wastewater Treatment System



### Wastewater Treatment System:

The PEPS™ Wastewater Treatment System (WWTs) pre-treats scrubber blow down before discharging to a sanitary sewer system.

## 6b- عملية الفلتر Filter Press





## نواتج المفاعل PEPS

### A- تحويل النفايات البلدية الصلبة MSW Municipal Solid Waste الى زجاج صلب.

#### Vitrified MSW residue



### B- تحويل النفايات الاخري الى :

1- كتل خشنة تصلح لتمهيد الطرق او للخرسانة او للإسفلت

#### Coarse Aggregate (roads, concrete, asphalt)



2- كتل ناعمة ودقيقة تصلح للخرسانة وللإسفلت

#### Fine Aggregate (concrete, asphalt, concrete products)



3- معادن يمكن تدويرها

#### Recyclable metals



3- مواد عوازل وعوازل صوتية و مواد زراعية

#### Insulation, sound proofing, agriculture





## الباب الثامن الليزر

### الفصل الاول تعريفات ومصطلحات

### الفصل الثاني فكرة الليزر وأساسيات فيزيائية حول الذرة تصنيفات الليزر

### الفصل الثالث مكونات اجهزة الليزر نظرية الليزر أنواع الليزر خصائص الليزر

### الفصل الرابع الاستخدامات العسكرية لليزر

### الفصل الخامس الاستخدامات المدنية لليزر

### الفصل السادس تطور تقنيات وتطبيقات الليزر







## الفصل الاول - تعريفات ومصطلحات

### تعريف الليزر

يعرف الليزر LASER بأنه تضخيم الضوء بواسطة إثارة موجاته الإشعاعية

Amplification by Stimulated Light Emission of Radiation

### تعريف الضوء

هو نوع من الإشعاع فالضوء الأبيض الذي نراه كأشعة الشمس مكون من ألوان الطيف التي تتدرج من الأحمر إلى البرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالأزرق الفاتح ثم البنفسجي وقد تمكن العالم الإنجليزي "إسحق نيوتن" من الحصول على هذه الألوان عندما مرر شعاعاً ضوئياً في منشور زجاجي فخرج الضوء وقد تفرق إلى هذه الألوان التي تعرف بـ "الطيف المرئي". ويفسر حدوث هذا الطيف بأن الضوء يتكون من موجات ضوئية ذات ترددات مختلفة وهذه الموجات تسير بالسرعة نفسها في الهواء ولكن سرعتها تختلف عن بعضها عندما تمر في وسط أكثر كثافة من الهواء فتتكرر وتخرج في مجموعات طبقاً لتردداتها ، وأشعة الليزر قد تكون في الطيف المنظور أو في منطقة الأشعة تحت الحمراء أو في منطقة الأشعة فوق البنفسجية.

### التردد (أو الذبذبة أو الهرتز Hz)

التردد أو الذبذبة هو مقياس لتكرار حدث دوري ، مثل تردد موجة صوتية أو تردد موجة ضوئية أو موجة

1

كهرومغناطيسية حيث تقاس وحدة التردد بوحدة الهرتز (Hz) وهي تعادل *sec* أو 1/ثانية. وتستخدم بشكل أساسي لقياس عدد تكرار ذبذبة موجة ، حيث يكون تردد موجة دورية 1Hz إذا كانت تمر دورة كاملة في نقطة ما خلال ثانية واحدة (الدورة الكاملة لموجة) ، ولنتخيل هنا موجة في الماء ، تتوالى الموجة في الماء من صعود إلى هبوط ثم صعود ( تلك هي الدورة الكاملة ) والمسافة بين قمتين متتاليتين في الموجة أو المسافة بين قاعين متتالين في موجة يسمى طول الموجة ( يقاس بالانجستروم )

عند استخدام جهاز يعمل على تردد 50 هرتز على شبكة ترددها 60 هرتز سيؤدي ذلك إلى زيادة الجهد المطبق على هذا الجهاز مما يؤدي إلى تلفه.

كيلوهرتز kHz : ، ألف دورة في الثانية

ميغاهرتز MHz : ، مليون دورة في الثانية

جيجا هرتز GHz : ، ألف مليون دورة في الثانية

تيرا هرتز THz : ، مليون مليون دورة في الثانية.

سميت هذه الوحدة باسم الفيزيائي الألماني هاينريش رودولف هرتز ، حيث أدخلت الوحدة "هرتز" عام 1960 في نظام الوحدات العالمي من خلال المؤتمر العام للأوزان والمقاييس وأصبح فعالاً واستبدلت بذلك وحدة "دورة في الثانية cycles per second = cps" ولهذا فقد يقابلنا في الكتب القديمة الوحدة القديمة cps أو c/sec

### الفوتون Photon

هو جسيم أولي متناهي الصغر، وهو المسنول عن الظاهرة الكهرومغناطيسية. وهو حامل الإشعاع الكهرومغناطيسي لكل أطوال الموجات، بما فيها أشعة جاما و الأشعة السينية ويختلف الفوتون عن الكثير من الجسيمات الأولية الأخرى، مثل الإلكترون فهو يتحرك في الفراغ بسرعة الضوء C التي تعادل 300,000 كيلومتر في الثانية.

في نهاية القرن الثامن عشر أوضح العالم الألماني "ماكس بلانك" Plank Max ، أنه بجانب أن الضوء ينتقل في موجات ، فهو يأتي في حزم من الطاقة الضوئية تسمى فوتونات .





## الياج YAG

هو مادة صناعية تنتمي إلى عائلة الجرانيت، وتتكون من عناصر: اليتريوم و الألومنيوم والجرانيت ويتكون اسمه من الأحرف الأولى لأسماء هذه المواد: Yttrium - Aluminium- Garnet .

## أشباه الموصلات Semiconductors

هي مواد تسمح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد فقط وتمنعه من المرور في الاتجاه الآخر، وبالتحكم الدقيق في نسب خلط هذه المواد يمكن التحكم في كفاءة التوصيل الكهربائي مع تقليل الفاقد في الطاقة .

## أشعة اكس X Rays

وتسمى بالأشعة السينية وقد اكتشفها العالم الألماني رونجن عام 1895 صدفة أثناء قيامه ببعض تجاربه وأطلق عليها اسم أشعة اكس X ، أي الأشعة المجهولة ، نظراً لأن طبيعتها كانت غير معلومة في ذلك الوقت.

## البلازما

هي الحالة الرابعة للمادة بعد الحالات: الصلبة، والسائلة، والغازية .

## الألياف البصرية Fiber Optics

الألياف البصرية عبارة عن كابلات ليفية مصنوعة من السيليكا والزجاج النقي .

الطول الموجي هو المسافة بين قمتين أو قاعين متتاليين بها .

النانو هو جزء من البليون .

الميكرون أو الميكرومتر هو جزء من الألف من الميليمتر.

الانجستروم ( المتر = عشرة آلاف مليون أنجستروم )

وحدات قياس الطول وفق النظام الدولي للوحدات:

الكيلومتر (km) = 1000 متر ، المتر (m) = 10 ديسيمتر (dm) ، المتر = 100 سنتيمتر (cm) ،  
السنتيمتر = 10 ملليمتر (mm) ، المليمتر = 1000 ميكرومتر (µm) ، الميكرومتر = 1000 نانومتر

(nm) ، النانومتر = 10 أنجستروم Å .

\* الميليمتر millimeter يرمز إليه بـ mm ومقداره (  $10^{-3}$  من المتر ) أي ان 1 ملليمتر = 0.001 متر.

\* الميكرومتر Micrometer يرمز إليه بـ µm ومقداره (  $10^{-6}$  من المتر ) ، ويسمى أحياناً ميكرون.

أي ان 1 ميكرومتر µm = 0.000001 متر ( 1ميكرومتر µm = 0.001 ملليمتر mm )

\* النانومتر nanometer يرمز إليه بـ nm ومقداره (  $10^{-9}$  من المتر )

أي ان 1 نانومتر nm = 0.000000001 متر ( 1 نانومتر nm = 0.001 ميكرومتر µm )

\* الانجستروم Angstrom هو وحدة لقياس الطول الموجي ويرمز إليه بـ Å ومقداره (  $10^{-10}$  من المتر )

وقد سميت هذه الوحدة نسبة إلى العالم أندرز أنجستروم... أي ان 1 أنجستروم = 0.000000001 متر.

( 1 أنجستروم = 0.1 نانومتر nm ، 1 أنجستروم = 0.0001 ميكرومتر µm ، 1 أنجستروم =

0.0000001 ملليمتر mm ) .

## الوات (W) WATT

هو قوة التيار الكهربائي ويعرف علمياً بأنه وحدة قياس القدرة والقوة (Power) التيار الكهربائي وهو

يساوي حاصل ضرب الجهد الكهربائي (فولت) في شدة التيار (أمبير) .





\* الأمبير (A) AMPERE هو وحدة قياس شدة التيار الكهربائي (وهو ينشئ مجال مغناطيسي).

\* الفولت (V) Volt هو وحدة قياس جهد التيار

القدرة WATT = شدة التيار (Ampere) × (Volt) الجهد

$$\text{Power(WATT)} = \text{Current(AMPERE)} \times \text{Voltage(Volt)}$$

مضاعفات WATT هي : كيلووات kW = ألف وات ، ميغاوات mW = مليون وات ، وجيجاوات gW = ألف مليون وات ، وتيراوات tW = مليون مليون وات.

تقاس طاقة / شدة أشعة الليزر بنفس وحدات قياس القدرة الكهربائية وهي الـ "وات" watt شعاع الليزر الذي شدته 5-10 kW كيلووات قادر على اختراق المعادن وثقبها حتى عمق 20 مم. شعاع الليزر ذو الطاقة العالية تصل شدته إلى 500 mW ميغاوات. يستطيع شعاع ليزر لا تزيد شدته على وات واحد ان يستخدم في الاتصالات و يحقق مدى اتصال يصل إلى 500 كم. طاقة / شدة أشعة الليزر التي تبلغ 1-5mW خطره على العين.

### الجول Joule

الجول في الفيزياء والكيمياء هو وحدة قياس الطاقة وفي النظام العالمي للوحدات يُحسب الجول كالاتي:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$$

J جول ، N نيوتن ، m متر ، W وات ، s ثانية.

من هذه العلاقات يتضح أن الطاقة يمكن أن تتخذ صوراً مختلفة : طاقة حرارية ، طاقة كهربائية ، طاقة حركة ، ويمكن بواسطة تلك العلاقات التحويل بين وحدات الطاقة.

شعاع الليزر النبضي تقدر طاقته بـ  $10 \text{ J/cm}^2$  جول على السنتمتر المربع.

1 جول هو الطاقة اللازمة لعمل أحد العمليات الآتية:

رفع قالب شوكلاته وزنه 0.102 كيلوجرام مسافة 1 متر

أو تشغيل قدرة قدرها 1 وات مدة 1 ثانية

أو الطاقة اللازمة لتسيير تيار كهربائي قدره 1 أمبير بين فرق جهد قدره 1 فولت مدة 1 ثانية .

أي (فولت. متر. ثانية)

أو الطاقة اللازمة لرفع 1 جرام ماء في درجة حرارة 15 درجة مئوية مقدار 0.239 درجة مئوية.

1جول( = 1كيلوجرام . متر/ثانية<sup>2</sup> ، 1نيوتن . متر ، 1وات . ثانية ، 1كولوم . فولت)

الميكروجول هو جزء من المليون

### جهاز رادار الليزر

كلمة "رادار" RADAR هي الحروف الأولى من عبارة and Ranging Radio Detection

وتعني الكشف وقياس المدى بواسطة موجات الراديو .

### الموجات الضوئية

سرعة الضوء = 300 ألف كم/الثانية

طول الموجة هو المسافة التي تفصل بين الوحدات الموجية المتماثلة المتشابهة، أي أنه المسافة الفاصلة بين الأطوار المتشابهة (قمة مع قمة أو قعر مع قعر). هنالك عدداً من الأمواج التي نلاحظها يومياً، كالأموال الضوئية، أو الصوتية أو المائية. هنالك علاقة عكسية تربط طول الموجة بترددتها، فإذا كان لموجتين نفس السرعة تكون الموجة الأقصر ذات ترددًا أكبر.

عملياً، فإن الموجة هي اضطراب في الخواص المحلية، كالضغط في الأمواج الصوتية والمائية أو شدة الحقل الكهرومغناطيسي في الأمواج الضوئية.







إن مدى رد فعل حواس الإنسان (كالبصر أو السمع) للأمواج تختلف وفق طول الموجة. فتستطيع العين البشرية أن تلتقط من الطيف الكهرومغناطيسي فقط أمواجاً يتراوح طولها بين 400 إلى 700 نانومتر في حين تلتقط الأذن أمواجاً يتراوح ترددها بين 20 هرتز و 20 كيلو هرتز ، أي أن أطولها تتراوح بين 17 متر إلى 17 مليمتر على التوالي تقريباً (1 كيلو هرتز = 1000 هرتز)

### قذائف المدفعية كوبرهيد Copperhead

هي ذخيرة مدفعية أمريكية الصنع عيار 155 مم، وتقوم الدانة بعملية توجيه ذاتي على الهدف الذي يتم إضاءته بالليزر من مصدر أرضي، أو من طائرة عمودية، أو من طائرة موجهة من دون طيار .

### صواريخ مافريك Mavric

هي صواريخ جو / أرض تم تطويرها لتوجه بالليزر.

### صواريخ هلفاير Hellfire

هي صواريخ جو / أرض مضاد للمدرعات، ويمكن إطلاقه من طائرة عمودية، ويكون جهاز الإضاءة إما على الأرض، أو على الطائرة التي تقوم بالإطلاق.

### القنبلة المنزلة Gpu-848

استخدمت هذه القنبلة أثناء حرب تحرير الكويت لسد مضخة البترول التي أصيبت، وقد تم إضاءة المضخة بشعاع ليزر من طائرة، ثم قامت طائرة أخرى بإلقاء القنبلة موجهة بهذا الشعاع، وأحدثت موجة انفجارية مركزة في بقعة محددة دون أن تنتشر في مساحة واسعة، وبذلك أمكن سد فوهة المضخة وإغلاقها بدقة .

### درجة التأين

تتكون الذرة من نواة مركزية تحتوي على نيوترونات وبروتونات وتحاط بسحابة من الإلكترونات ويكون عدد البروتونات المشحونة بشحنة موجبة مساوياً لعدد الإلكترونات ذات الشحنة السالبة لذلك فإن الذرة تكون متعادلة كهربائياً ولكن عندما تكتسب الذرة أو تفقد إلكترونات أو أكثر فإنها تصبح مشحونة كهربائياً وعندئذ تسمى أيون.

### الحمض النووي "DNA Deoxyribonucleic Acid"

فاز مكتشفو الحمض النووي بجائزة نوبل للطب والفسولوجي عام 1962م وهذا الاكتشاف كان البداية للثورة الهائلة في مجال الهندسة الوراثية ليتمكن العلماء من فصل الجينات التي كان من أثرها مشروع الجينوم البشري عام 1990 دراسة وتحديد مواقع المائة ألف جين المتراصة داخل خلايا الإنسان وقد تم الإعلان عن تفاصيل المسودة الكاملة للجينوم البشري في يونيو 2000م

### البوليمرات Polymers البصرية

هي جزيئات لمواد كيميائية عضوية متحدة





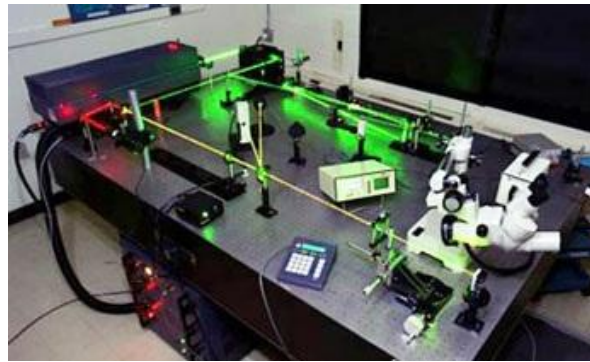
## الفصل الثاني – فكرة الليزر وأساسيات فيزيائية حول الذرة

### فكرة الليزر

تكمن فكرة الليزر في جعل الإلكترونات تطلق نوع من الضوء وتم ذلك في البداية عن طريق في توليد شعاع ضوئي قوي من ياقوتة حمراء تغطي الفضة طرفيها ، ويسقط عليها ضوء غامر من مصباح أنبوبي زجاجي يحيط بها ، وعند سقوط ضوء المصباح على الياقوتة هاجت ذراتها ، وانبعث منها وميض انتشر إلى طرفيها ليصطدم بالفضة التي عكسته كالمراة ، فتردد ذهاباً وإياباً ، فزادته قوة وتركيز فانطلق شعاع لامع من الضوء الأحمر من نوع غير معهود من قبل.

ثم ظهر جهاز هليوم-نيون وهو عبارة عن خليط من غازي من الهليوم والنيون في أنبوبة طولها 4 سم وقطرها 1 سم ، وبعدها ظهر عدد كبير من أنواع أشعة الليزر التي تستخدم مواد مختلفة لتوليد أشعة ضوئية، لأغراض متخصصة.

التعريف المبسط لجهاز الليزر : هو جهاز يقوم بالتحكم في كيفية تحرير الذرات للفوتونات.



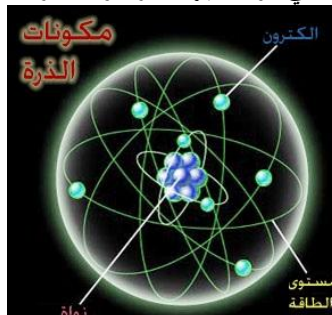
مختبر أبحاث يستخدم شعاع الليزر

### اساسيات فيزيائية حول الذرة

#### اولاً مكونات الذرة

يوجد في الكون 100 نوع مختلف من الذرات وكل شيء حولنا هو مكون من الـ 100 ذرة تلك، ولكن كيف تتحد وتترابط الذرات مع بعضها البعض لتكون المواد مثل الماء المكون من ذرتين هيدروجين وذرة اكسجين أو كيف تكونت قطعة من الحديد أو النحاس ، إن الذرات في حركة مستمرة حيث تتذبذب الذرات حول موضع استقرارها في المادة كما أن الذرات لها حركة دائرية أو حركة انتقالية أيضاً فلو نظرت إلى طاولة خشبية مثلاً وبالرغم من أنها ثابتة في مكانها إلى أنها ذراتها التي كونت الخشب في حركة مستمرة.

نتيجة لحركة الذرات التي تكتسبها من الطاقة الحرارية فإنها تتواجد في حالات مختلفة من الأثارة أو بمعنى آخر أن الذرات لها طاقات مختلفة، فلو زودت ذرة ما بكمية من الطاقة فإن الذرة تنتقل من المستوى الأرضي **ground state** الذي تتواجد فيه إلى مستوى طاقة أعلى يسمى بمستوى الإثارة **excited state**. يعتمد مستوى الإثارة على كمية الطاقة التي زودت بها الذرة ومصدر الطاقة إما حرارة أو ضوء أو كهرباء.



نموذج يمثل شكل الذرة المكونة من النواة والالكترونات التي تدور حولها في مدارات





تحتوي الذرة على النواة (المكونة من البروتونات والنيوترونات) والإلكترونات التي تدور حول النواة في مدارات مختلفة كل مدار هو عبارة عن مستوى طاقة.

### ثانياً عملية امتصاص الطاقة Absorbing Energy

إذا تم تسليط طاقة حرارية أو طاقة من مصدر ضوئي أو كهربائي على الذرة فإن بعض الإلكترونات في الذرة سوف تنتقل من المدار ذو مستوى الطاقة الأدنى إلى مدار طاقته أعلى وأبعد من النواة.



تمتص الذرة الطاقة من الحرارة أو الضوء أو الكهرباء فتنتقل الإلكترونات من مستوى الطاقة الأقل إلى مستوى طاقة أعلى.

عملية امتصاص الطاقة في الذرة تعتبر الأساس لكيفية إنتاج الذرة لليزر فعندما ينتقل الإلكترون إلى المدار ذو مستوى الطاقة الأعلى فإنه ما يلبث إلا أن يعود وينتقل إلى المستوى الأدنى ، وعندها فإن الإلكترون يحرر طاقة في صورة فوتون (ضوء).  
تصدر الإلكترونات الفوتونات عند اثارها وعلى سبيل المثال عند تسخين معدن مثل سلك السخان الكهربائي فإنه يتحول لونه من اللون المعتم إلى اللون المتوهج وهذا التوهج ناتج من الفوتونات التي انطلقت بعد اثاره ذرات مادة سلك السخان الكهربائي ، كذلك لو فكرنا في فكرة عمل شاشة التلفزيون فهي تعطي الصورة من خلال الفوتونات التي تنتجها مادة الشاشة (الفوسفور) عند اثارها بشعاع إلكتروني.  
إذا نستنتج أن الضوء ينتج من الفوتونات المنبعثة من إثارة إلكترونات الذرة وتعتمد لون الفوتون (لون الضوء) على طاقة الفوتون.

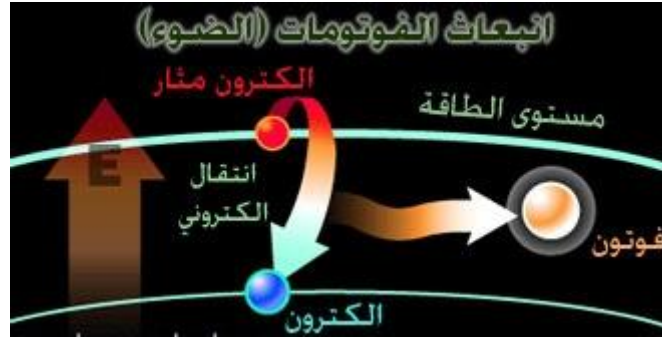
### ثالثاً عملية إنقلاب التعداد Population Inversion

المادة التي تنتج الليزر يتم اثارها بواسطة عملية ضخ Pumping للإلكترونات من المستوى الأرضي إلى مستوى الإثارة ، يستخدم للضخ الإلكتروني ضوء فلاش قوي أو بواسطة التفريغ الكهربائي ويساعد هذا الضخ على تزويد أكبر قدر ممكن من الإلكترونات لنتنقل إلى مستويات الطاقة الأعلى فتصبح مادة الليزر مكونة من ذرات ذات إلكترونات مثارة وتسمى بالذرات المثارة حيث انه من الضروري جداً إثارة عدد كبير من الذرات للحصول على ليزر وتسمى هذه العملية بإنقلاب التعداد Population Inversion أي جعل عدد الذرات المثارة في مادة الليزر أكبر من عدد الذرات الغير مثارة.

قلب التعداد هو الذي يجعل الضوء الذي تنتجه المادة ليزراً وإذا لم نصل إلى مرحلة إنقلاب التعداد نحصل على ضوء عادي وكلما امتصت الإلكترونات طاقة كبيرة من خلال عملية الضخ فإن الإلكترونات هذه تطلق الطاقة التي امتصتها في صورة فوتونات أي ضوء.

الفوتونات المنبعثة لها طول موجي محدد (ضوء بلون محدد) يعتمد على فرق مستويات الطاقة التي انتقل بينها الإلكترونات المثارة ، وإذا كان الإنقلاب لكافة الإلكترونات بين مستويين طاقة محددتين كما هو موضح عبر الشكل أدناه فإن كل الفوتونات المنبعثة سيكون لها نفس الطول الموجي.



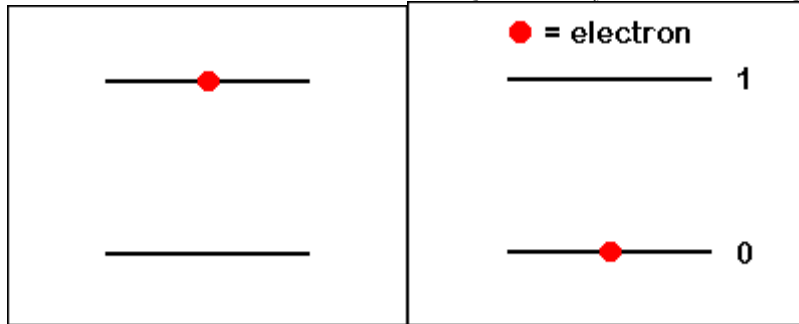


الإلكترون باللون الأحمر مثار ينتقل إلى مستوى طاقة أدنى (الإلكترون باللون الأزرق) ويفقد طاقته في صورة فوتون.

#### رابعاً الفرق بين ضوء الليزر والضوء العادي

ضوء الليزر يختلف عن الضوء العادي من حيث الخصائص التالية:

- 1- الضوء المنبعث أحادي اللون **Monochromatic** أي أن له طول موجي واحد يحدد الطول الموجي لون الضوء الناتج وكذلك طاقته.
- 2- الضوء المنبعث من الليزر يكون متزامن أي ان الفوتونات كلها في نفس الطور مما يجعل شدة الضوء كبيرة فلا تلاشي الفوتونات الضوئية بعضها البعض نتيجة لاختلاف الطور بينها.
- 3- الضوء المنبعث له اتجاه واحد **Directional** حيث يكون شعاع الليزر عبارة عن حزمة من الفوتونات في مسار مستقيم بينما الضوء العادي يكون مشتت وينتشر في أنحاء الفراغ.
- 4- الضوء المنبعث ناتج من عملية الانبعاث الإستحثاثي **Stimulated Emission** بينما في الضوء العادي يكون ناتج من الانبعاث تلقائي حيث يخرج كل فوتون بصورة عشوائية لا علاقة له بالفوتون الآخر.



العامل المهم في إنتاج الليزر هو المرايا المثبتة على جانبي مادة إنتاج الليزر، تساعد المرايا على عكس بعض الفوتونات إلى داخل مادة الليزر عدة مرات لتعمل هذه الفوتونات على حث الكترونات مثارة أخرى لتطلق مزيداً من الفوتونات بنفس الطول الموجي ونفس الطور، وهذه هي عملية التكبير للضوء **Light Amplification** ، حيث تصمم إحدى هاتين المرأتين لتكون عاكسيتها أقل من 100% لتسمح لبعض الفوتونات من الخروج عبرها وهو شعاع الليزر الذي نحصل عليه.

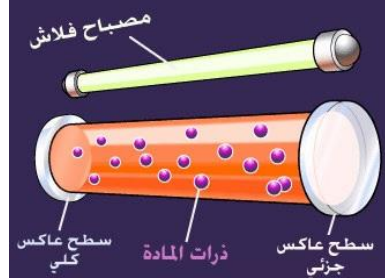




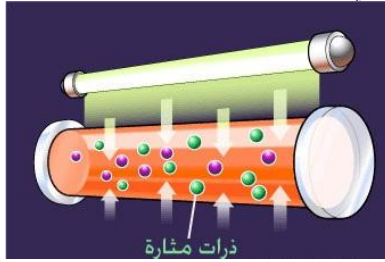
## كيفية عمل ليزر الياقوت Ruby Laser

ليزر الياقوت عبارة عن مصدر ضوء فلاش وساق من الياقوت ومرأتين مثبتتين على طرفي الساق احدي هاتين المرأتين لها مقدار انعكاس 90%. يعتبر المصدر الضوئي مسؤولاً عن عملية الضخ وساق الياقوت هو مادة انتاج الليزر.

### (1) مكونات ليزر الياقوت



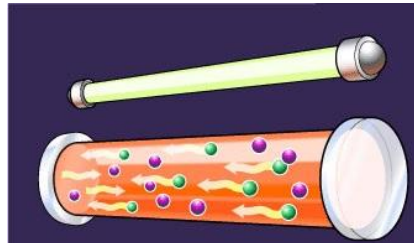
(2) فرق جهد عالي يعمل على تزويد الفلاش بالطاقة الكافية لتوليد ضوء ذو شدة عالية ولفترة زمنية قصيرة هذا الضوء يعمل على إثارة الذرات في بلورة الياقوت إلى مستويات الطاقة الأعلى.



### (3) تطلق بعض الذرات فوتونات

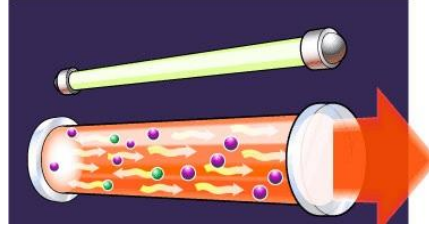


(4) تنطلق الفوتونات بموازاة محور ساق الياقوت لتصطدم بالمرآة وتنعكس إلى داخل الياقوت عدة مرات لتحث إلكترونات أخرى على اطلاق الفوتونات.

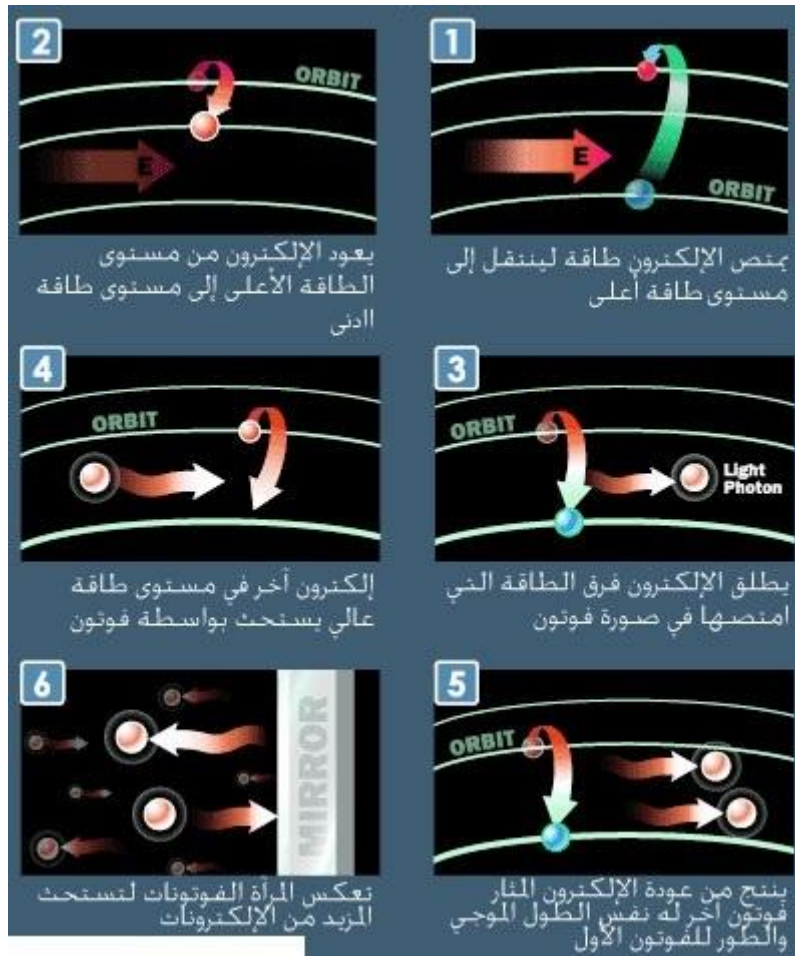




(5) فوتونات بطول موجي واحد وفي نفس الطور ومتجمعة في حزمة تعبر من المرآة لتعطي ضوء الليزر.



مستويات الطاقة اللازمة لإنتاج شعاع الليزر







### تصنيفات الليزر

يصنف الليزر بأربعة تصنيفات تعتمد على خطورتها على الخلايا الحية فعند التعامل مع الليزر يجب الإنتباه إلى الإشارة التي توضح تصنيفه.



إشارة تحذير بوجود ليزر

التصنيف الأول **Class I** هذا يعني أن شعاع الليزر ذو طاقة منخفضة ولا يشكل درجة من الخطورة.

التصنيف الأول **Class IA** هذا التصنيف يشير إلى أن الليزر يضر العين إذا نظرنا في اتجاه الشعاع ويستخدم في السوبرماركت كماشح ضوئي وتبلغ طاقة الليزر الذي يندرج تحت هذا التصنيف  $4mW$ .

التصنيف الثاني **Class II** هذا يشير إلى ليزر ضونه مرئي وطاقته لا تتعدى  $1mW$ .

التصنيف الثالث **Class IIIA** طاقة الليزر متوسطة وتبلغ  $1-5mW$  وخطورته على العين إذا دخل الشعاع المباشر في العين ومعظم الأقلام المؤشرة تقع في هذا التصنيف.

التصنيف الثالث **Class IIIB** طاقة هذا الليزر أكثر من المتوسط.

التصنيف الرابع **Class IV** وهي انواع الليزر ذات الطاقة العالية وتصل إلى  $500mW$  للشعاع المتصل بينما لليزر النبضات فتقدر طاقته بـ  $10 J/cm^2$  ويشكل خطورة على العين وعلى الجلد واستخدام هذا الليزر يتطلب العديد من التجهيزات وإجراءات الوقاية.



## الفصل الثالث - مكونات أجهزة الليزر

جهاز الليزر عبارة عن مصدر للضوء، يعمل على تجميع الإشعاعات الضوئية التي تتولد داخل الجهاز وتركيزها وتقويتها على شكل حزمة ضوئية رفيعة جداً في اتجاه واحد مركز وهي أشعة كهرومغناطيسية متجانسة Coherent ومتماسكة وتستطيع قطع مسافات لا نهائية في خط مستقيم وتتميز بأنها تزداد شدتها ويقوي بعضها بعضاً عند الانطلاق.

يتكون جهاز الليزر (أو منظومة الليزر) من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

1. مادة الوسط الفعال التي تنتج أشعة الليزر

وهي قد تكون مادة صلبة : مثل الياقوت الصناعي ، الذي يتكون من أكسيد الألومنيوم مضافاً إليه كمية ضئيلة من الكروم لا تزيد نسبتها عن 0.05% وهذه النسبة من الكروم هي المسؤولة عن إنتاج الليزر القوي أي أنها المادة الفعالة في هذا النوع من الليزر.

وقد تكون مادة سائلة : مثل مادة النيوديوم Nudium المذابة في أكسيد كلوريد الصوديوم.

وقد تكون مادة غازية : مثل الهليوم أو النيون، أو ثاني أكسيد الكربون

حيث ان الوسط الفعال يقذف بضوء شديد التركيز والتماسك، إذا وجهت إليه طاقة مثل تيار كهربائي أو إشعاع ضوئي.

2. مصدر للطاقة لإثارة ذرات مادة الوسط الفعال.

3. وحدة تضخيم الضوء، وتكون غالباً في شكل مرآتين.

إذا الليزر يتنوع بتنوع مادة الوسط الفعال المستخدمة لإنتاجه فهناك من المواد الصلبة والسائلة والغازية، فمثلاً ليزر الهليوم نيون He-Ne يعني ان المادة المستخدمة هي خليط من الهليوم والنيون وليزر الياقوت يعني ان المادة المنتجة لليزر هي الياقوت وهكذا لباقي الأنواع الأخرى. حيث يتميز الليزر بطوله الموجي فمثلاً طول الموجي لليزر الياقوت هو 694nm ، ويتم اختيار مادة الليزر بناء على الطول الموجي المطلوب كما في الجدول التوضيحي أدناه، فمثلاً يستخدم ليزر غاز ثاني أكسيد الكربون في قطع المعادن الصلبة لأن طوله الموجي في مدى الأشعة تحت الحمراء وهي أشعة حرارية إذا سقطت بتركيز على سطح معدن تذيبه.

نوع الليزر	(nm) الطول الموجي لليزر
Argon fluoride (UV)	193
Krypton fluoride (UV)	248
Xenon chloride (UV)	308
Nitrogen (UV)	337
Argon (blue)	488
Argon (green)	514
Helium neon (green)	543
Helium neon (red)	633
Rhodamine 6G dye (tunable)	570-650
Ruby (CrAlO <sub>3</sub> ) (red)	694
Nd:Yag (NIR)	1064
Carbon dioxide (FIR)	10600





## نظرية إنتاج أشعة الليزر

يمكن توضيح نظرية إنتاج أشعة الليزر بسهولة ويسر إذا أخذنا في الاعتبار تركيب الذرة ومنسوبي الطاقة  $E_1$ ,  $E_2$  فعند انتقال الكترون من المنسوب الأدنى  $E_1$  إلى المنسوب الأعلى  $E_2$  فإنه يمتص قدرًا من الطاقة يساوي الفرق بين هذين المنسوبيين ولكي ينتقل الالكترون من المنسوب الأعلى إلى المنسوب الأدنى، فإنه يطلق قدرًا من الطاقة يساوي أيضاً الفرق بينهما ويكون ذلك على شكل فوتون  $photon$ .

وقد أوضح "أينشتاين" أن انبعاث الفوتونات يتم بإحدى الطريقتين:

### 1. الانتقال التلقائي

وفيه ينتقل الالكترون من المنسوب الأعلى  $E_2$  إلى المنسوب الأدنى  $E_1$  تلقائياً دون تدخل خارجي والانبعاث التلقائي هو السمة المميزة لجميع المصادر الضوئية المألوفة كمصباح بخار الصوديوم أو بخار الزئبق أو النيون وفي كل منها تحدث ملايين الانتقالات التلقائية نظراً لأن الانتقال التلقائي للذرات يحدث بدون تحكم ونتيجة لذلك فإن الضوء المنبعث تكون فوتوناته غير مترابطة.

### 2. الانبعاث المستحث

وفيه ينتقل الالكترون من المنسوب الأعلى  $E_2$  إلى المنسوب الأدنى  $E_1$  عندما يمر به فوتون طاقته تعادل الفرق بين منسوبي الطاقة، ويتميز الانبعاث المستحث بانبعث فوتون جديد فضلاً عن الفوتون الأصلي ويكون للفوتون المستحث نفس طاقة الفوتون الأصلي ونفس تردده وطوله الموجي ولذلك يقال إنهما مترابطان والانبعاث المستحث هو السمة المميزة لمصادر الليزر إذ تحدث الانتقالات المستحثة.

### توضيح نظرية إنتاج أشعة الليزر من خلال تحليل ودراسة ليزر الياقوت

ان أول جهاز ليزر ياقوت Ruby Laser صممه "ميمان" عام 1960، ويتكون من قضيب اسطواني من الياقوت ذي اللون الأحمر الوردي، قطره 1 سم وطوله 5 سم وطرفاه متوازيان ومصقولان صقلاً جيداً، وأحدهما مغطى بطبقة غير شفافة من الفضة وثانيهما مغطى بطبقة نصف شفافة من الفضة أيضاً فالياقوت عبارة عن أكسيد ألومنيوم تم استبدال بعض ذرات الألومنيوم فيه ببعض ذرات الكروم واسطوانة الياقوت محاطة بأنبوبية تفرغ حلزونية الشكل بها غاز زينون Xenon، وعند تشغيلها ينبعث منها ضوء أبيض متوهج يحتوي على مدى عريض من الترددات.

ويمكن فهم فكرة عمل ليزر الياقوت بالاستعانة بنظام ثلاثي مناسب الطاقة، إذ المنسوب  $E_3$  هو المنسوب الأرضي، والمنسوب  $E_1$  هو منسوب الإثارة، والمنسوب  $E_2$  هو منسوب شبه مستقر، عمره الزمني طويل نسبياً، ويقدر بحوالي جزء من مائة ألف من الثانية، وهو يفوق العمر الزمني لمناسيب الإثارة العادية بمقدار مائة ألف مرة.

فعندما يضاء الياقوت المطعم بالكروم بالضوء المنبعث من أنبوبية زينون وعندما تكون قدرة الأنبوبية مناسبة تثار معظم الكترونات ذرات الكروم الموجودة في المنسوب الأرضي  $E_1$  لتنتقل إلى منسوب الإثارة  $E_3$  ويطلق على عملية نقل الطاقة إلى المادة الفعالة في الليزر والتي يترتب عليها نقل الكترونات المادة الفعالة من المنسوب الأرضي إلى منسوب الإثارة اسم عملية "الضخ" Pumping.

### مكونات جهاز ليزر الياقوت Ruby Laser :

هو عبارة عن مصدر ضوء "فلاش-او مصباح نيون" وساق من الياقوت ومرأتين مثبتتين على طرفي الساق احدى هاتين المرأتين لها مقدار انعكاس 90% لتخرج منها الفوتونات والاخرى 100%. يعتبر المصدر الضوئي مسؤولاً عن عملية الضخ وساق الياقوت هو مادة انتاج الليزر.







### خطوات انتاج ليزر الياقوت Ruby Laser:

يعمل مصدر الضوء على إثارة الكترولونات الذرات في بلورة الياقوت إلى مستويات الطاقة الأعلى فتطلق بعض الالكترولونات فوتونات ، تنطلق الفوتونات بموازية محور ساق الياقوت لتصطدم بالمرآة وتنعكس إلى داخل الياقوت عدة مرات لتستحث الكترولونات أخرى لتطلق فوتونات (عندما ينتقل الإلكترون إلى المدار ذو مستوى الطاقة الأعلى فإنه ما يلبث إلا أن يعود وينتقل إلى المستوى الطاقة الأدنى، وعندها فإن الإلكترون يحرر طاقة في صورة فوتون) وبذلك تنطلق فوتونات بطول موجي واحد وفي نفس الطور ومتجمعة في حزمة تعبر من المرآة ذات انعكاس 90% لتعطي ضوء الليزر.

عودة ذرات الكروم من منسوب الإثارة E3 إلى المنسوب الأرضي E1 تتم بطريقتين:

#### أ. الطريقة الأولى

وفيها تفقد الكترولونات الكروم المثارة في المنسوب E3 بعض طاقتها إلى بلورة الياقوت، ونتيجة لذلك تهبط هذه الالكترولونات إلى المنسوب E2 شبه المستقر ، ونظراً لطول عمره الزمني ، يزداد فيه عدد الكترولونات الكروم المثارة حتى يصبح أكبر من عددها في المنسوب الأرضي E1 ، وهذا هو شرط الحصول على الانبعاث المستحث، أو هو شرط الحصول على أشعة الليزر.

#### ب. الطريقة الثانية

وفيها تنتقل بعض الكترولونات الكروم تلقائياً من المنسوب E2 إلى المنسوب E1 ويصحب هذا الانتقال انبعاث فوتونات طولها الموجي 6943 انجستروم ، وهذه الفوتونات، المنبعثة تلقائياً، عندما تمر بذرات الكروم المثارة في المستوى E2 فإنها تستحثها على الانتقال من المستوى E2 إلى المستوى E1 قبل أن يحين زمن عودتها تلقائياً. ويتولد نتيجة لذلك عدد من الفوتونات المستحثة ، وهذه وغيرها تولد مزيداً من الفوتونات، وهكذا سرعان ما يتولد شلال من الفوتونات يكون لها اتجاه الفوتونات الساقطة نفسه.

والفوتونات التي يكون اتجاه حركتها موازياً تقريباً لمحور الاسطوانة تعاني من انعكاسات متعددة عند سطحي المرآتين الموجودتين عند نهايتي الاسطوانة فيزداد تبعاً لذلك طول المسار الذي تقطعه داخل البلورة مما يتيح لها أن تستحث عدداً أكبر من ذرات الكروم المثارة في المستوى E2 لتنتقل إلى المستوى E1 فيتضخم بذلك شلال الفوتونات في اتجاه المحور وعندما تبلغ شدته حداً معيناً، ينفذ جزء منه إلى خارج الجهاز خلال المرآة نصف الشفافة ، وجدير بالذكر أن الفوتونات المنبعثة تلقائياً في الاتجاهات الأخرى ستفقد بنفاذها خلال السطح الجانبي للاسطوانة.

وليزر الياقوت ليزر نبضي، أي تنبعث أشعة الليزر منه على هيئة نبضات، وتتولد أثناء عملية تشغيل الجهاز كمية كبيرة من الحرارة داخل البلورة مما يتطلب تبريدها بهواء مسال يمر في غلاف يحيط باسطوانة الياقوت.





## أنواع الليزر

هناك أنواع مختلفة من أشعة الليزر، تختلف في طولها الموجي، وبالتالي في بعض خواصها. وأهم أنواع الليزر المعروفة حتى الآن هي:

### 1. ليزر المواد الصلبة

ومنها ليزر الياج وليزر الياقوت وهما يستخدمان بدرجة كبيرة في المجالات الطبية والصناعية، حيث تنتج أجهزة ليزر المواد الصلبة أشعة ليزر بأطوال موجية مختلفة تتراوح بين الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء.

#### ليزر الحالة الصلبة solid-state laser

وهو الليزر الذي ينتج بواسطة مادة أو خليط من مواد صلبة مثل الياقوت ruby أو خليط الألومنيوم واليتريم والنيوديميوم neodymium:yttrium-aluminum ويسمى بليزر الـ TAG اختصاراً ويكون طوله الموجي في منطقة الأشعة تحت الحمراء.

### 2. ليزر أشباه الموصلات

وتستخدم فيه مجموعة خاصة رقيقة من أشباه الموصلات Semiconductors تسمى "الديود" الباعث للضوء (LED) Light Emitted Diode وقد عد هذا النوع منفصلاً عن ليزر المواد الصلبة لأنه يعمل بنظرية مختلفة عنه ومن مميزاته انخفاض كل من الجهد والطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيله وصغر الحجم والوزن ولكن من عيوبه انخفاض طاقة الليزر الناتج. ويستخدم هذا الليزر في الاتصالات بين الأقمار الصناعية أو بين هذه الأقمار ومكوك الفضاء إذ تقل الضوضاء وتعدم الأمطار والسحب وقطرات الندى والغبار وتكون الظروف مثالية لنقل معدل مرتفع جداً من المعلومات.

ويستخدم هذا الليزر أيضاً في نقل المعلومات في أجهزة الكمبيوتر أو حتى مصدر ضوء يمكن توجيهه إلى أجهزة الليزر الأخرى لتشغيلها.

#### ليزر أشباه الموصلات Semiconductor laser

ويطلق عليه أحياناً بليزر الديود ويعتمد على المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم ليزر صغير ويستهلك طاقة قليلة ولذلك يستخدم في الأجهزة الدقيقة مثل أجهزة السي دي وطابعات الليزر.

### 3. الليزر الغازي

وتعد الأشعة الصادرة من أجهزة الليزر الغازي أفضل بكثير من تلك التي تصدر من أجهزة ليزر المواد الصلبة وذلك لشدة تماسك ضونها سواء على الأرض أو في الفضاء وأيضاً لمداهما الكبير وطاقتها العالية وتستخدم أشعة ليزر الغاز في البحوث العلمية وفي الأغراض الصناعية.

وتركز الأبحاث على إنتاج نوع جديد من ليزر الهليوم - نيون قادر على إنتاج شعاع ليزر أخضر بدلاً من الأحمر التقليدي مع زيادة فاعلية أنابيب الليزر وتقليل أسعارها مما يسمح بمنافسة بعض الأنواع الرخيصة الأخرى وقد أنتج ليزر هليوم- نيون قادر على توليد ثلاثة خطوط طيفية مختلفة يمكن اختيار أي منها بواسطة منشور ثلاثي. وليزر الهليوم - نيون له استخدام رئيسي في مجال التصوير المجسم وتشفير الصور.

ويحتل ثاني أكسيد الكربون الأهمية التالية لليزر الهليوم - نيون إذ يستخدم على نطاق واسع في الصناعة وقد توصلت البحوث إلى إنتاج ليزر ثاني أكسيد الكربون له طاقة خرج حوالي 100 وات لاستخدامه في الأغراض الطبية مع توفير ألياف ضوئية تعمل عند الطول الموجي 10.6 ميكرون.





### ليزر الغاز Gas laser

وهو يعتمد على مادة غازية مثل الهليوم والنيون وغاز ثاني أكسيد الكربون وتكون اطوالها الموجية في مدى الأشعة تحت الحمراء وتستخدم في قطع المواد الصلبة لطاقتها العالية.

### 4. ليزر "الأكسايمر" Excimer laser

وهو يتبع فصيلة الليزر الغازي واسمه مشتق من المصطلح الإنجليزي **Dimer Excited** وهو نوع وسط بين الليزر الغازي الذي يعمل بالطاقة الكهربائية مباشرة ونوع آخر من الليزر الغازي يعتمد على التفاعلات الكيميائية بالإضافة إلى الطاقة الكهربائية وفي جهاز ليزر "الأكسايمر" تنتقل طاقة الإلكترونات المكتسبة من الإشعاع الإلكتروني أو التفريغ الكهربائي إلى الغاز وإلى هذا الحد يُعدُّ "الأكسايمر" مثل أي غاز آخر يضح بالطاقة الكهربائية ولكن هذه الطاقة تفعل شيئاً مختلفاً تماماً فهي تسبب تفاعل الغازات الخاملة المستخدمة مثل الأرجون **Argon** - الكريبتون **Krypton** - الزينون مع ذرات الهلوجين مثل الكلورين **Chlorine** أو الفلورين **Fluorine** أو البرومين **Bromine** أو الأيودين **Iodine** ويتكون بذلك جزئ "الأكسايمر" الذي يتكون فقط في مستويات طاقة مثارة.

### ليزر الأكسايمر Excimer laser :

ويطلق على أنواع الليزر التي تستخدم الغازات الخاملة مثل غاز الكلور أو الفلور أو الكريبتون أو الأرجون وتنتج هذه الغازات اشعة ليزر ذات أطوال موجية في مدى الأشعة فوق البنفسجية.

### 5. الليزر الكيماوي

ومن أمثله ليزر الهيدروجين - فلورايد وفيه تتفاعل ذرة من غاز الهيدروجين مع ذرة أخرى من غاز الفلورين وينتج عن ذلك جزئ هيدروجين - فلورايد. والتفاعل بين هاتين الذرتين ينتج عنه طاقة كيميائية كافية بحيث تسبب تكوين الجزيء في مستويات إثارة وإذا أمكن وضع هذا الجزيء المثار في وعاء الليزر الخاص يمكن فصل هذه الطاقة على هيئة شعاع ليزر في نطاق الأشعة تحت الحمراء بطول موجي 3 ميكرومتر. ويتميز هذا النوع من الليزر بإنتاج طاقة ضوئية عالية ومن أنواع الليزر الكيماوي ذلك النوع المعروف باسم "الليزر الكيماوي المتطور في الحيز المتوسط للأشعة تحت الحمراء"

. **Chemical Laser: MIRACL Mid-Infrared Advanced**

### 6. ليزر السوائل

ويتميز بسهولة تحضيره في المختبرات كما أن المواد المستخدمة فيه اقتصادية إلى درجة كبيرة بالمقارنة بأجهزة الليزر الأخرى بالإضافة إلى إمكانية تغيير السائل المستخدم بسهولة للحصول على أشعة ليزر ذات مواصفات جديدة دون تغيير جهاز الليزر ويمكن لجهاز ليزر السوائل أن ينتج أشعة ليزر بألوان مختلفة وبموجات ضوئية ذات أطوال متباينة والسوائل المستخدمة هنا تعتمد في تركيبها على مادة الصبغة العضوية الكيماوية التي توجد في الطبيعة على هيئة أجسام صلبة تختلف في التركيب الكيماوي.

### ليزر الأصباغ Dye laser :

وهي عبارة عن مواد عضوية معقدة مثل الرودامين **Rhodamine 6G** مذابة في محلول كحولي وتنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه.

### 7. ليزر أشعة اكس X rays

في عام 1984 أمكن تصنيع أول ليزر أشعة سينية ناجح في معمل **Livermore Lawrence National Laboratory** في الولايات المتحدة الأمريكية ، وهو ليزر بالغ الخطورة والأثر. ومن المعروف أن أشعة "إكس" ذات تردد أعلى بكثير من الأشعة الضوئية ، وبالتالي فإن لها قدرة عالية جداً على اختراق الأجسام التي لا يخترقها الضوء العادي ، وقد أمكن إثبات إمكانية الحصول على أشعة "اكس" بطريقة عمل الليزر نظرياً ، وتكمن الصعوبة في أنه يجب تحويل المادة إلى حالة البلازما للحصول على أشعة "اكس" الليزرية، وهذا يتطلب درجة حرارة عالية جداً .







استخدام اشعة الليزر المركزة لإنتاج بلازما إن شدة المجال الكهربى لشعاع الليزر تبلغ  $5 \times 10^{11} \text{ v/m}$  عندما تكون شدة اشعاعه  $3 \times 10^{20} \text{ w/m}^2$  ، وتصل شدة اشعاع بعض انواع الليزر إلى مايقارب  $1022 \text{ w/m}^2$  او أكثر وبالمقارنة بشدة اشعاع مصباح كهربى عادى (Watt60) على بعد متر او مترين فهي لا تزيد عن  $0.1 \text{ w/m}^2$  ، حيث أن المجال الكهربى لهذه الاشعة يفوق بكثير المجال الكهربى الذى يربط ذرات المواد الصلبة بعضها ببعض وبذلك فإن المجال الكهربى لشعاع الليزر سوف يؤثر على الكترولونات المواد الصلبة ويفصلها عن الذرات تاركا أيونات موجبة. وبهذا يحول الليزر جزء من المادة الصلبة إلى حالة بلازما وهذا يعنى انه يمكن استخدام اشعة الليزر المركزة لإنتاج بلازما عند درجات حرارة عالية جدا داخل المختبر وبتكلفة قليلة.

والاشعة السينية تحتل منطقة من الطيف الكهرومغناطيسى طول موجاته من 10 إلى 0.01 نانومتر، والأطوال الموجية الأطول تسمى "ناعمة" لأن الفوتونات عند هذا الطول تكون غير قادرة على اختراق الهواء أو الأنسجة الحية، بينما الأطوال الموجية الأقصر، مثل الطول الموجى 0.03 نانومتر تقريبا، والذي يستخدمه أطباء الأسنان، تسمى "قاسية"، نظراً لمقدرتها على الاختراق.

### 8. ليزر الإلكترون الحر Free Electron Laser

والإلكترون الحر يعنى الشعاع الإلكتروني فهذه الإلكترونات محررة تماماً من الذرات وتمر بطريقة خاصة خلال مجال مغناطيسى للتحكم في مسارها ، وبالإضافة إلى القدرة الضوئية العالية لهذا الجهاز فقد كان التفكير دائماً في استخدام الشعاع الإلكتروني ذاته كسلاح فعال في مجال الدفاع خاصة عندما تتجمع هذه الإلكترونات ذات الشحنة السالبة في بؤرة واحدة وهذا الليزر يمكن التعامل معه بسهولة بحيث تتجمع أشعته في بؤرة واحدة ولمسافة محددة من الهدف ويجري حالياً تطوير نماذج من هذه الأشعة لاستعمالها في مهام متنوعة في الدفاع الاستراتيجى بما في ذلك أسلحة الطاقة الموجهة. ويعد ليزر الإلكترونات الحرة من الناحية النظرية مصدر ضوء بالغ التكيف إذ يمكن موافقته لأي طول موجى مطلوب وهو يعمل بقدرة عالية. أما الليزر الأخرى فإنها تنتج الضوء عند أطوال موجية محددة تتفق مع انتقالات الطاقة في أوساطها الليزرية.





## خصائص أشعة الليزر

وبما أن أشعة الليزر عبارة عن أشعة ضوئية مركزة ، فإنها تخضع لقوانين الضوء من حيث: الانعكاس، والانكسار، والانحراف بواسطة المرايا والعدسات والمناشير الزجاجية وقد تمكن الفنانون من استخدام أشعة الليزر في تشكيل صور رائعة باستخدام العدسات والمرايا والألياف البصرية **Fiber Optics** ، وذلك من خلال انعكاس وانكسار أشعة الليزر المتوهجة وتحويلها إلى نماذج ضوئية مبهرة.

وقد تكون أشعة الليزر على شكل نبضات **Pulses** ، أو موجات مستمرة **Continuous Waves** . فالليزر النبض **D** يصدر أشعته على شكل سلسلة من نبضات الضوء البالغة القصر، وتصدر هذه النبضات فقط عندما يكون الوسط الفعال في أعلى حالات الإثارة وبعض أنواع أجهزة الليزر تصدر أشعتها بمعدل نبضة واحدة كل عدة دقائق وهناك أنواع من الليزر مثل ليزر ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تكون موجاته نبضية أو مستمرة.

أهم الخصائص التي تتميز بها أشعة الليزر عن الأشعة الضوئية هي:

### 1. النقاء الطيفي

فشعاع الليزر حزمة ضوئية غاية في النقاء من ناحية الطول الموجي فأشعة الضوء المنبعثة من المصادر الضوئية العادية كمصباح الصوديوم أو الزئبق وهي ما تستخدم في الإنارة هذه الأشعة على الرغم من وصفها بأنها وحيدة الطول الموجي إلا أنها في الواقع تحتوى على أطوال موجية أخرى حول الطول الموجي الرئيس ومعنى هذا أن الاتساع الطيفي لشعاع الليزر ضئيل للغاية مقارنة بالمصادر العادية للضوء ولهذا فإنه غاية في النقاء من ناحية الطول الموجي أو التردد.

### 2. شدة الشعاع

وتقاس شدة أشعة الليزر بنفس وحدات قياس القدرة الكهربائية وهي الـ "وات" **watt** وتتراوح هذه الشدة بين عدد بسيط من **watt** وآلاف الملايين من **watt** وتعد أشعة الليزر النبضية أقوى أنواع الليزر لأن طاقتها مركزة في شكل نبضات سريعة ويمكن لأشعة الليزر المستمرة أن تنتج نفس كمية الطاقة مثل الأشعة النبضية ولكن ذلك يستغرق وقتاً طويلاً.

وتستخدم أشعة الليزر القوية في الأغراض الصناعية مثل تثقيب وقطع المعادن بينما تستخدم الأشعة الضعيفة لتشغيل الأقراص البصرية التي تسجل عليها الموسيقى أما الأشعة متوسطة القوة فتستخدم في الأغراض الطبية.

ويتميز شعاع الليزر بأنه شعاع قوي فالشعاع الذي شدته 5-10 كيلووات قادر على اختراق المعادن وثقبها حتى عمق 20 مم. وتصل قدرة بعض أجهزة الليزر النبضي إلى 5-10 ميغاوات ويستطيع شعاع ليزر لا تزيد شدته على وات واحد ويستخدم في الاتصالات أن يحقق مدى اتصال يصل إلى 500 كم.

### 3. تركيز الأشعة

شعاع الليزر عبارة عن حزمة ضوئية رفيعة جداً إذ أن زاوية انفراجها صغيرة جداً وتسير هذه الأشعة في خطوط مستقيمة أقرب ما تكون إلى التوازي ويصاحب عدم انفراج الأشعة بريق شديد ضار بالعين إذا ما استقبلته مباشرة بينما مصادر الضوء الأخرى تشع ضوءها في جميع الاتجاهات. وهذا يعني أن حزمة الليزر لا تفقد شدتها إلا ببطء شديد فإذا أرسلت أشعة في اتجاه القمر على بعد 400 ألف كيلومتر من سطح الأرض تقريباً وكانت بالشدّة الضوئية الكافية فإنها تفرش على سطح القمر بقعة مضاءة لا يزيد قطرها على كيلومتر واحد في حين أنه إذا أرسل الضوء العادي ووصل فرضاً إلى سطح القمر فإن قطر البقعة المضاءة يصل إلى 4376 كيلومتر تقريباً.





وتستطيع أشعة الليزر أن تكثف طاقة تسافر إلى مسافات كبيرة كما تبين في عام 1969 عندما أرسل العلماء شعاعاً من الليزر ليرتد من فوق عاكسات وضعها رواد الفضاء الأمريكيين في برنامج "أبوللو" على سطح القمر وتلقوا إشارة مرتدة على الأرض وهو أمر نادر الاحتمال باستخدام مصادر الضوء العادية.

#### 4. ترابط وتماسك فوتونات الأشعة.

من الخصائص المهمة لأشعة الليزر ترابط وتماسك الفوتونات المكونة لها والأشعة الضوئية تصدر عن إثارة العناصر وتنبعث منها فوتونات لها طول موجي واحد يحدده منسوباً طاقة الذرة التي انتقلت بينها هذه الفوتونات وملايين هذه الانتقالات التي تحدث في ملايين الذرات المثارة ينبعث عنها ملايين الفوتونات وتظهر للعين المجردة أشعة ضوئية ويلاحظ هنا عدم وجود رابطة بين الفوتونات المنبعثة ويمكن تشبيه الأشعة العادية بأصوات منطلقه من ملايين المصادر المتماثلة ولها التردد نفسه ولكنها لا تصدر في وقت واحد وبهذا فإنها تسمع من بعد وكأنها ضجيج في حين أنه إذا انطلقت هذه الأصوات في الوقت نفسه فإنها تصبح حادة شديدة الأثر.

#### 5. أحادية اللون

يكون الضوء الناتج من الليزر أحادي اللون **Monochromatic** بينما الضوء الأبيض الناتج من الشمس يتكون من ألوان الطيف المرئية ويوجد حالياً أنواع من الليزر تنتج جميع الألوان الطيفية المرئية منها وغير المرئية مثل الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية.

#### خطورة الليزر على العين

إن أقصى شدة إضاءة تتحملها عين الإنسان دون أن تصاب بأضرار تبلغ حوالي 5 ميكروجول على السنتمتر المربع ولما كانت الطاقة التي تتعرض لها عين الإنسان تقل كلما ابتعد عن مصدر أشعة الليزر، فإن مسافة الأمان هي أقل مسافة بين العين وجهاز الليزر، بحيث إذا تعرضت العين لنبضة ليزر مباشرة فلا تصاب بضرر. وتختلف هذه المسافة حسب العوامل الآتية:

1. حالة الجو.
2. أجهزة التكبير الضوئية المستخدمة في أجهزة الرؤية.
3. الانعكاسات الضارة.
4. درجة تركيز شعاع الليزر.
5. نوع مادة الليزر.
6. نوع شعاع الليزر، نبضي أو مستمر.

ولتوضيح خطورة الليزر، فإن مقدرات المسافة التي تستخدم الياج لها قدرة أكبر من 1ميجاوات، ومن ثم، فإن أقل مسافة للتعرض المباشر لمصدر ليزر الياج تكون حوالي 500 متر، بينما مقدرات المسافة التي تستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون تصل مسافة الأمان بالنسبة لها إلى حوالي 2 - 3 سنتيمترات. أي أنها في الواقع مأمونة تماماً.







## الوقاية من أشعة الليزر

يمكن تحقيق الوقاية من أشعة الليزر بثلاث طرق رئيسية وهي:

### 1. استخدام المرشحات Filters الامتصاصية

وفيها يمكن امتصاص الضوء باستخدام صبغات ملونة توضع بداخل المواد المكونة للأجهزة البصرية مثل الزجاج أو البلاستيك والتي تمتص أطوالاً موجية معينة فالبلاستيك جيد في امتصاص أطوال موجات ليزر ثاني أكسيد الكربون بينما يسمح لباقي الطيف الكهرومغناطيسي بالمرور خلاله والمرشح الملون أزرق/ أخضر يمنع الأطوال الموجية لليزر في الياقوت الأحمر من المرور.

ولقد أدت بساطة المرشحات الملونة بالصبغات إلى إنتاج مرشحات بلاستيك رقيقة يمكن لفها بسهولة حول الأجهزة البصرية المستخدمة في نظم التسليح وحتى حول الوجه البشري.

ومن عيب هذه المرشحات أنها تقلل الضوء المرئي فيها فمرشح الياقوت يقلل كمية الضوء المرئي فيه بنسبة 20 % إلى 40 % وهذا يعني أن المنظر يصبح داكناً أو أكثر إظلاماً كلما زادت درجة الوقاية من أشعة الليزر ويكون لهذا تأثير سلبي أثناء العمل في ظروف الإضاءة الضعيفة.

وتعمل المرشحات على تلوين الصورة وبالتالي تقل درجة التباين Contrast بين الهدف المراد رؤيته والخلفية المحيطة به كما أن بعض المرشحات تنتج إزاحات لونية بسيطة كأن تجعل اللون الأخضر يميل إلى الاصفرار وأيضاً ترفع المرشحات الامتصاصية من درجة حرارة العدسات وقد يسبب ذلك بعض المشكلات عندما تواجه المرشحات بأشعة ليزر ذات قدرة عالية.

### 2. استخدام المرشحات الانعكاسية

وهي تتكون من طبقات رقيقة من مواد خاصة، ذات معاملات انعكاس ضوئي مختلفة، يتم ترسيبها على الزجاج.

### 3. استخدام مرشحات "روجيت" Rugate Filters

ويتم فيها وضع خليط من الفلوريدات والأكاسيد في طبقات لها أحرف خشنة، أو أحرف متمازجة مع بعضها. وهذه الطبقات لها تغير تدريجي في معاملات الانعكاس الضوئية، مما يزيد من فعاليتها، بحيث تجعل المرشح أفضل لإمرار الضوء، ويعمل بكفاءة أحسن في ظروف الرؤية الضعيفة.





## الفصل الرابع - الاستخدامات العسكرية لليزر

انتشر استخدام الليزر في نظم التسليح المختلفة فأصبحت معدات الليزر تتداول من الجندي حتى المقاتلات والقاذفات وكذلك في نظم الحرب ضد الصواريخ الباليستية وتقع أنواع الليزر المستخدمة حالياً في نظم التسليح في حيز الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء وإن كان النوع الأول الذي يقع في حيز الضوء المرئي غير مستخدم حالياً على نطاق واسع لأنه يقع في نطاق الضوء الأحمر مما يجعله سهل الاكتشاف وعلى الناحية الأخرى فإن الليزر الذي يقع في حيز الأشعة تحت الحمراء حديث الاستخدام في التطبيقات العسكرية ويمتاز بالعمل في حيز الأشعة تحت الحمراء البعيدة مما يحقق له قدرة على اختراق الضباب والدخان والأمطار ويفضل كذلك استخدامه مع نظم الرؤية السلبية بالاستشعار الحراري نظراً لعمله في النطاق الموجي نفسه فيمكنه بالتالي التعامل مع الأهداف نفسها التي ترى بالمنظار الحراري وتعدد مجالات الاستخدامات العسكرية لأشعة الليزر ونلخص أهمها فيما يلي:

### أولاً: جهاز رادار الليزر (ليدار LADAR)

تسمى أجهزة رادار الليزر باسم "ليدار" LADAR وهي الحروف الأولى من عبارة Laser Detection and Ranging وتعني "الكشف وقياس المدى بواسطة الليزر" وهذا النوع من الرادار يتميز بدقته العالية في كشف ومتابعة وتعيين الأهداف وهنا تستخدم أشعة الليزر في الإرسال بدلاً من الأشعة الرادارية ويكون جهاز الاستقبال كهروضوئياً بدلاً من المستقبل الإلكتروني التقليدي في الرادار وتستخدم لذلك أنابيب "فيديوكون" Videocon بدلاً من أنابيب أشعة المهبط Cathode Ray Tube : CRT مقارنة بين بعض خصائص جهاز الليدار الذي يستخدم ليزر الياج وجهاز الرادار التقليدي

ويستخدم جهاز الليدار في قياس المدى من القواعد الأرضية أو من السفن أو من الطائرات والمركبات الفضائية ويستخدم أيضاً في الاستشعار عن بعد إذ تتم دراسة مكونات الغلاف الجوي وقياس بعض المكونات الكيميائية فيه.

### مكونات جهاز رادار الليزر (ليدار LADAR)

يتكون جهاز رادار الليدار بوجه عام من:

- 1 مرسل
- 2 أجهزة ضوئية للإرسال
- 3 مستقبل يتكون من أجهزة ضوئية لتجميع الأشعة المنعكسة من الهدف ثم مرشح Filter ليقبل من تداخل الموجات الضوئية

وفي نظام الدفاع الجوي البريطاني "ليزرفاير" LASERFIRE الذي يستخدم للتعامل مع الأهداف المنخفضة يتكون نظام التتبع الآلي من نظام تتبع ليزري للأهداف ونظام تتبع تليفزيوني للصاروخ ويحقق شعاع الليزر الضيق دقة التتبع وعدم التأثير بأعمال الإعاقفة

### ثانياً: جهاز قياس المسافة بالليزر

تعتمد نظرية تشغيل جهاز قياس المسافة بالليزر على إطلاق نبضة ليزر لكي تصل إلى هدف مرئي ضوئياً فتنعكس منه هذه النبضة إلى جهاز الاستقبال وتقوم دوائر خاصة بحساب الزمن من لحظة الإطلاق حتى عودة النبضة وبالتالي حساب مسافة الهدف إذ أن سرعة انتشار الموجات الضوئية معلومة وعلى هذا الأساس فإن الجهاز يتكون من :

- 1 تليسكوب للتصويب حتى يتمكن المستخدم من تحديد الهدف المراد تقدير مسافته
- 2 المرسل وبه مصدر الليزر وغالباً ما يستخدم الياج في الأغراض العسكرية
- 3 المستقبل وبه الكاشف Detector



وتدخل معدات قياس المسافة بالطبع في أغلب النظم الميدانية ابتداء من الجندي الذي يحمل معدة مدمجة في نظارة الميدان لقياس مسافة الهدف بدقة كبيرة إلى نظم إدارة النيران لأطقم المدفعية ونظم إدارة النيران للدبابات وتكون الأخيرة بالطبع مرتبطة ومدمجة ضمن حاسب إدارة النيران .

وجدير بالذكر أن ليزر ثاني أكسيد الكربون له دور فعال في نظم تقدير المسافة وإدارة نيران المدرعات فقد بدأ إنتاج مقدرات مسافة بالليزر تستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون بدلاً من ليزر "اللياج" لاستخدامه متكاملًا مع أجهزة الرؤية الليلية الحرارية مما يسمح باستخدام الكاشف الحراري للرؤية الليلية والتصويب نفسه وبالتالي فإن ذلك يقلل من تكلفة المعدة العسكرية المتكاملة وتجري الدراسة الآن لاستخدام هذا الأسلوب مع قاذف الصاروخ المضاد للدبابات "تاو" TOW والدبابة الكورية طراز XK-1 .

ويتميز ليزر ثاني أكسيد الكربون بأن درجة نفاذيته خلال السحب والدخان أفضل منها في الأنواع الأخرى مثل اللياج أو الياقوت ويرجع ذلك إلى أن تأثير ذرات الغبار والدخان يزيد عكسياً مع الطول الموجي فكلما قل الطول الموجي كلما زادت درجة تشتت الشعاع وحيث إن ليزر ثاني أكسيد الكربون طوله الموجي عالي نسبياً فإنه لا يتأثر بالغبار والدخان ولكن العامل المؤثر على انتشار موجات ليزر ثاني أكسيد الكربون هو نسبة بخار الماء في الهواء .

وقد تم تزويد أنظمة الأسلحة المضادة للدبابات وأنظمة الصواريخ المضادة للطائرات من نوع "رولاند" ROLAND بجهاز قاس المسافة بالليزر الذي يستخدم غاز ثاني أكسيد الكربون عند الطول الموجي 106 ميكرون وتم دمج هذا الجهاز الليزري مع جهاز تصوير حراري يعمل في الطول الموجي 8-12 ميكرون

وأنتجت كندا جهاز التصويب الليزري طراز CLASS الذي يستخدم مع أسلحة الضرب المباشر مثل القاذف "كارل جوستاف" عيار 84 مم والقواذف عديمة الارتداد عيار 106 مم ويتكون الجهاز من مقدر مسافة ليزري غير ضار بالعين لمدى حتى 4000 متر ونظام تكثيف للصورة من الجيل الثالث وحاسب ذي قدرة على الاحتفاظ ببيانات عشرة أنواع من الذخيرة .

### ثالثاً : أنظمة إضاءة الأهداف وتوجيه المقذوفات بالليزر

وتعتمد أنظمة إضاءة الأهداف بواسطة أشعة الليزر على إرسال شعاع الليزر لإضاءة الهدف المطلوب التعامل معه ثم تنعكس هذه الأشعة من الهدف فيتم توجيه الصواريخ والقنابل ودانات المدفعية من خلال ركوبها لهذه الأشعة وكل هذه المقذوفات مجهزة بباحث seeker خاص لاستشعار أشعة الليزر المنعكسة والتوجه إليها وهناك عديد من نظم إضاءة الأهداف المستخدمة حالياً بكفاءة عالية في المدفعية ومنها نظم محمولة جواً لتوجيه المقذوفات جواً وأرض وبينما لا تحتاج بعض النظم المحمولة جواً إلى معاونة في إضاءة الأهداف فإن نظم المدفعية تحتاج بالطبع إلى إضاءة الأهداف بواسطة عناصر الملاحظة الأمامية .

ومن النظم المستخدمة لإضاءة الأهداف كذلك على مستوى الأسلحة الصغيرة هناك معدات تركيب على هذه الأسلحة وخاصة بنادق القناصة التي تقوم بإطلاق شعاع الليزر الذي يسهل التصويب عليه بضبط نقطة الإضاءة على المنطقة من الشخص أو الهدف المطلوب إصابتها والضغط على الزناد دون الحاجة إلى تدقيق التصويب وتظهر بالطبع خطورة هذا النظام إذ يستخدم في أعمال القنص في حالات الضرب السريع المؤثر دون الحاجة إلى التصويب .

وقد تمكنت شركة "هيوز" Hughes الأمريكية لصناعة الطائرات من التوصل لإنتاج نظام إضاءة أهداف يصلح للاستخدام مع جميع نظم التسلح الموجهة بالليزر مثل قذائف المدفعية "كوبرهيد" Copperhead أو الصواريخ "مافريك" Mavric أو الصواريخ "هلفاير" Hellfire أو "سكيبير" Skipper طراز AGM-123A أو القنابل "بيف واي" Pave Way و "جريفن" Grifin والقنبلة المنزلفة Gpu-848 والصاروخ جو/أرض الفرنسي AS-30 وتستخدم هذه النظم مصدر إشعاع ليزري ذا كود خاص لإضاءة هدف محدد وينعكس هذا الإشعاع من الهدف فيستقبله المقذوف ويوجه من خلاله إلى الهدف .







ويستخدم نظام "تقدير المسافة الليزري المحمول جواً بواسطة التصوير الحراري والتليفزيوني" Thermal and TV Imaging Airborne Laser Designator : TIALD في توجيه القنابل الأمريكية الموجهة بالليزر من نوع Pave way II زنة ألف رطل ويستخدم هذا النظام كاميرا مزدوجة (تليفزيونية/حرارية) ويمكن التحكم فيها من غرفة الطيار لتحقيق أفضل رؤية طبقاً للظروف الجوية المتغيرة وذلك باستخدام الصورة الحرارية أو التليفزيونية بالتبادل .

وتستخدم المقاتلات الأمريكية نظام " الملاحة والتصويب الليلي على الارتفاعات المختلفة باستخدام الأشعة تحت الحمراء" Navigation and Targeting IR for Night LANTIRN Low Altitude والذي يوجد منه نوعان : الأول طراز AAQ-13 المخصص للملاحة الجوية والثاني طراز AAQ-14 المخصص للتصويب بالليزر وبه نظام رؤية حراري ذو مجال رؤية مزدوج: الأول واسع لاكتشاف الأهداف والثاني ضيق لاختيار الأهداف وتتبعها .

أما الذخائر التي تركيب شعاع الليزر فإنها تختلف عن ذلك في أن لها "عين" مركبة في المقذوف وحين يطير المقذوف في اتجاه الهدف فإن هذه "العين" تنظر إلى النقطة التي يضيئها شعاع الليزر على الهدف إذ يقوم الضارب بتوجيه المقذوف نحوها وباحتفاظ المقذوف باتجاهه مع شعاع الليزر فإنه يحقق إصابة الهدف .

#### رابعاً: أنظمة الليزر للتدريب على الرماية

تستخدم أشعة الليزر في تدريب الأفراد على رماية الأسلحة الصغيرة أثناء التدريبات والمناورات وتقوم هذه الفكرة على استخدام الأفراد تحت التدريب بندق وأسلحة صغيرة مجهزة بأجهزة ليزر صغيرة تقوم بإطلاق أشعتها بدلاً من الذخيرة الفعلية على نماذج الأفراد المطلوب إصابتهم والتي تزود ملابسهم بأجهزة اكتشاف صغيرة لأشعة الليزر في مواضع مختلفة مثل: الصدر الرأس البطن وإذا تم التقاط هذه الأجهزة لشعاع الليزر الصادر من السلاح فإن ذلك يكون دليلاً على إصابة الفرد ويصدر الإنذار بذلك مع إمكانية تسجيل لاحق لأعداد الإصابات .

ويمتاز استخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون في هذا المجال بعدم إضرار العين بخلاف الأنواع الأخرى مما يسهل استخداماته في عمليات التدريب ولكنه يحتاج إلى مستشعرات متقدمة لاكتشافه ورصده وقياسه وجميع هذه المعدات تعمل بالنظام النبضي بطاقة محدودة (عشرات الميلي جول) وبنبضات ذات أزمنة تتراوح من 10 إلى 100 نانو ثانية بينما تعمل بنظام الموجة المستمرة إذا استخدمت لإضاءة الأهداف .

#### خامساً: أنظمة الإنذار من أشعة الليزر

نظراً للانتشار الواسع لمعدات الليزر في الميدان والخطورة التي تمثلها هذه النظم مما استوجب بالتالي الاتجاه إلى توفير وسائل للإنذار من استخدام العدو لمثل هذه المعدات لإمكان محاولة اتخاذ الإجراءات المناسبة ويمكن مقارنة هذه النظم بنظم رادارات إضاءة الأهداف التي يستتبعها بالضرورة تهديد نيراني ضد أهداف مثل الرشاشات أو المدفعية المضادة للطائرات أو الصواريخ أرض/جو أو جو/أرض .

وفي مواجهة تهديد الأسلحة التي تستخدم أشعة الليزر كان البحث عن وسائل مبتكرة للحماية من معدات الليزر وتقليل فاعليتها .

وأول خطوة في هذا الاتجاه اكتشاف نظم التسليح بالليزر ونشأ عن هذا أنواع من معدات الإنذار للإنذار بأن الهدف قد أصيب بشعاع ليزر وأن ذلك يعني إما أنه جارٍ تقدير مسافة الهدف بواسطة العدو أو أن مقذوفاً موجهاً بشعاع الليزر يتجه نحو الهدف .

وللإنذار ضد تهديد الصواريخ الموجهة بالليزر قد تم تطوير مستقبلات إنذار ليزرية يمكن حملها على متن الطائرات الهليكوبتر القتالية والطائرات الهجومية ومركبات القتال المدرعة .





وتنتج شركة " هيوز" الأمريكية نظاماً للكشف والإنذار عن أشعة الليزر للاستخدام على مختلف أنواع الطائرات ويطلق عليه AN-AVR-2 ويقوم باكتشاف أي تهديد ليزري من أي اتجاه حول الطائرة ويتكون النظام من 4 مستشعرات لأشعة الليزر تعمل على حيز واسع من الأطوال الموجية لتغطية أكثر من نوع من الليزر وتستخدم الألياف البصرية للربط بين المستشعرات ووحدة التحكم لتقليل الفقد وزيادة الحساسية وقد عرضت شركة روسية نظاماً يزعم أنه يوفر الحماية للدبابات من الصواريخ الموجهة ضدها ومن قذائف المدفعية الموجهة بالليزر وقد أطلق على هذا النظام اسم Shtora-1 .

كما تنتج شركة "سيلامس" الفرنسية التابعة لمجموعة "ايروسباسيال" جهازاً للكشف الليزري والمسمى Sight Laser Detector SLD 400 لحماية الشخصيات المهمة وأفراد القوات المسلحة ويستطيع هذا الجهاز الكشف عن أي نوع من المعدات البصرية التي تستخدم في ميدان المعركة أو المناطق العسكرية الحساسة وفي التطبيقات العسكرية يوفر الجهاز القدرة على كشف القناصة المجهزين بتلسكوبات التصوير وخصوصاً في المناطق المدنية .

وقد تم تصميم نظم الإنذار بحيث تعطي إنذاراً بمجرد وجود شعاع ليزر في مجال رؤيتها وتعطي اتجاه شعاع الليزر .

أنظمة الإنذار المتاحة حالياً والتي تستخدم إحدى الوسائل التالية:

### 1 التمييز الطيفي

يُعد شعاع الليزر مصدراً كهرومغناطيسياً ذا تردد أو طول موجي يتوقف على نوع المادة المنتجة للشعاع ذاتها وبالتالي فإن نظم الإنذار تستخدم مرشحات ضوئية **Optical Filters** دقيقة لا تسمح إلا للأشعة ذات الطول الموجي المطلوب بالمرور من خلالها فإذا كانت قدرة شعاع الليزر المستخدم لإضاءة الأهداف تصل إلى كيلو وات في النبضة بينما تبلغ شدة إضاءة أشعة الشمس وقت الظهيرة حوالي 2 وات على السنتيمتر المربع موزعة على النطاق الطيفي الذي يمتد من الأشعة فوق البنفسجية وحتى الأشعة تحت الحمراء فيكون نصيب الطول الموجي - المناظر لأشعة الليزر- لا يزيد على ميكرووات ومن ثم فإن نظم الإنذار تستطيع إذا سقط عليها إشعاع من نفس الطول الموجي المتوقع من مصدر التهديد أن تستخلص الإنذار دون أن تتأثر بأي إشعاعات خلفية ويعيب هذه الطريقة أن الطول الموجي المتوقع يجب أن يكون معلوماً مسبقاً فإذا استخدم العدو مصادر ليزر مختلفة عن نطاق عمل مرشحات جهاز الإنذار فلن يتم الإنذار المطلوب .

### 2 التمييز الزمني

معظم نظم الليزر الميدانية المعروفة حالياً تعمل بالنظام النبضي لذلك هناك إمكانية خداعها بواسطة مصدر إضاءة نبضي وبالتالي لا يمكن تحديد المعلومات المطلوبة لتحديد مصدر التهديد وهي: الطول الموجي الذي يعمل عليه التردد النبضي وعرض النبضة وهذه المعلومات ضرورية لتحديد هوية مصدر الليزر.

لذلك ضروري استحداث نظم إنذار جديدة قادرة على استطلاع هذه المعلومات وتقوم نظرية عمل هذه النظم الجديدة على استغلال خاصية شعاع الليزر التي يتميز بها عن أي إشعاعات كهر ومغناطيسية أخرى سواء الضوئية أو غيرها وهي خاصية التقارب فشعاع الليزر أحادي الطول الموجي وذو زاوية طور **Phase Angle** محدودة وبالتالي فإن شعاعين من الليزر من الطول الموجي نفسه سيكونان قادرين على التداخل معاً وإنتاج ما يسمى بـ "هدب التداخل" **Interference Fringes** والذي يتكون من حلقات مضيئة ومظلمة على التبادل وبواسطة هذه الحلقات يمكن تحديد الطول الموجي للأشعة المتداخلة وكذا زاوية سقوطها وبينما تتداخل أشعة الليزر فإن أي إشعاعات خلفية أو ضوء لن تكون قادرة على إنتاج هدب تداخل إطلاقاً بسبب طبيعتها غير التقاربية .



وتقوم بعض النظم الحديثة القائمة على استخدام أنواع متقدمة من أجهزة التداخل التي يمكنها تسجيل هدف التداخل على مصفوفة Array مكتشفات يتوقف نوعها على النطاق الطيفي للتهديد إذ أن هدف التداخل لن تكون مرئية إلا إذا كان الليزر يعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء وفي هذه الحالة فإن هدف التداخل ستحتاج إلى مصفوفة مكتشفات حرارية لالتقاطها وتصويرها تمهيداً لاستنتاج البيانات المطلوبة بواسطة كمبيوتر مبرمج لهذا الغرض يحتفظ في ذاكرته بمكتبة التهديدات المحتملة .

وهناك طريقة طموحة تتمثل في استخدام معدات الرؤية التي تعتمد على تكوين صور تليفزيونية سواء في الطيف المرئي أو بالاستشعار الحراري وتوقيع مصدر أشعة الليزر على شريحة التصوير الإلكترونية لتحديد الاتجاه بدقة كبيرة وهذا الفكر الجديد يمثل أهمية خاصة للاستخدام في الدبابات إذ قد يتيح فرصة للطاغم للتعامل بالنيران بسرعة مع مصدر الليزر .

ويمكن أن تعمل نظم الإنذار من الليزر منفصلةً أو أن تكون أحد مدخلات لنظام إنذار متعدد يستقبل المعلومات من مجموعة متنوعة من المستشعرات إذ يتم معالجتها وترتيب أولويات التهديد لاستخدام وسائل المقاومة وقد تستخدم وسائل الإنذار من الليزر لتأكيد أي معلومات عن التهديد أو استكمالها

ويؤكد فكر نظم الإنذار المشترك أن عديداً من نظم الليزر للإضاءة تستخدم مع نظم رادارات الإنذار أو إدارة النيران سواء للتتبع أو لقياس المسافات في بعض حالات الإعاقة الرادارية أو لتوجيه الصواريخ ويساعد وجود الإنذار من الليزر النظام المشترك في النقاط التهديد وتحديده .

وتختلف أساليب مقاومة التهديد الليزري اختلافاً كبيراً فقد تكون مجرد مناورة سريعة للمعدة كافية للخروج من دائرة التهديد المباشر ويظهر ذلك غالباً في الطائرات الخفيفة وقد يحتاج الموقف إلى اتخاذ إجراءات مقاومة يصعب تنفيذها خلال الزمن المحدود للغاية والمتيسر من لحظة الإنذار وحتى وصول المقذوف مما يزيد العبء على النظام إذ يحتاج بالتالي إلى ضرورة توفير قدرة لتحليل التهديد بسرعة بالغة وتحديد نوعه واتجاهه بدقة مناسبة وتظهر خطورة هذا الموقف بالنسبة للدبابات إذ أن الزمن المتيسر من لحظة التقاط الإنذار إلى وصول المقذوف من الأسلحة المضادة للدبابات قد يقل كثيراً عن الوقت المطلوب للمناورة أو للرد بالنيران ولا يبقى بالتالي إلا اتخاذ وسائل مقاومة سلبية سريعة ومناسبة

وتطور شركة "لوكهيد" الأمريكية نظاماً فضائياً للجيل الثاني من منظومة الأقمار الصناعية للإنذار والتعبق التي تعتمد على أشعة الليزر والمعروفة باسم SPIRS وسوف تقوم المنظومة بالإنذار عند بداية اكتشاف هجوم صاروخي باليستي على الولايات المتحدة أو أحد حلفائها أو على قواتها المنتشرة ويقوم النظام بالإنذار والتحذير من الصواريخ في نفس وقت إطلاقها ويمرر معلومات الإنذار إلى نظام إدارة المعارك والدفاع ضد الصواريخ وسوف يحل نظام SPIRS الفضائي للإنذار محل برنامج الأقمار الصناعية للدعم الدفاعي وسوف يبدأ البرنامج بإطلاق خمسة أقمار متزامنة في المرحلة الأولى لنشر النظام .

### سادساً: أنظمة أعاقلة الأشعة الليزرية

تقوم أنظمة الإعاقة على منع وصول شعاع الليزر المعادي إلى الهدف وذلك باستخدام عديد من الأساليب الفنية التي تحول دون استمرار تقدم الشعاع وانعكاسه من الهدف وهي تشبه بقدر كبير الإعاقة الإلكترونية السلبية التي تستخدم مع الرادارات .

ومن أبسط الأساليب التي تستخدم لمنع وصول شعاع الليزر إلى الهدف استخدام ستائر الدخان المختلفة وهو أسلوب سهل وسريع الاستخدام يقوم على إطلاق خرابطيش دخان من المعدة ذاتها في اتجاه مصدر أشعة الليزر المعادية فيعمل الدخان على امتصاص هذه الأشعة أو على الأقل امتصاص أكبر قدر منها بما يمنع وصول الشعاع إلى الهدف .





ويراعى أهمية التأكد من فاعلية هذه السواتر المختلفة في امتصاص الأشعة في الحيز المحدد الذي تعمل خلاله أجهزة الليزر وتجدر الإشارة هنا إلى قدرة أشعة ليزر ثاني أكسيد الكربون على اختراق ستائر الدخان

والضباب مما يستدعي عدم إمكانية الاعتماد على الدخان المستخدم لمواجهة هذا النوع من الليزر وضرورة استخدام أنواع أخرى مختلفة من الدخان ذات قدرة امتصاص أكبر خلال هذا الحيز من الترددات .

وهناك أسلوب تشتت أشعة الليزر الذي يعتمد على استخدام ستائر من الأيروسولات التي تطلق في الجو وهي عبارة عن جسيمات دقيقة ذات أحجام تتناسب مع الطول الموجي لأشعة الليزر التي تعمل على مقاومته فتسبب تشتت أشعة الليزر الساقطة عليها قبل وصولها للهدف فتمنع بالتالي الوصول بالإضافة إلى ما تسببه من امتصاص جزء من الأشعة الساقطة .

وتمتاز فكرة استخدام الأيروسولات كذلك بسهولة الاستخدام من خراطيش أو دانات مثل الدخان تماماً كما قد تنثر من مستودعات في الطائرات وتمتاز كذلك بطول فترة عملها إذ تبقى في الجو بطبيعتها لفترات زمنية قد تطول إلى 80 ثانية .

هذا وتقوم عدة شركات بتطوير نظم تشويش ليزيرية عالية الشدة لإعاقة الجيل الجديد من الصواريخ الذي يعمل على الموجة التي طولها 4 - 5 ميكرون وهي موجة طويلة نسبياً وتتطلب عملية حماية الطائرات من خطر الصواريخ الحديثة التي تعمل على هذه الموجة عدداً من نظم التشويش الليزرية فمثلاً تحتاج طائرة النقل الأمريكية C-130 إلى وحدتين من النظام المذكور لحمايتها كما أن حماية الطائرة المقاتلة F-15 يكون أكثر صعوبة نظراً لصغر حجمها .

#### سابعاً: أسلحة الليزر المدمرة

هي أسلحة تطلق أشعة ليزر قاتلة ومدمرة وهي موجودة في الخدمة ولا يزال تطويرها مستمر وكانت تجارب استخدام سلاح الليزر في الولايات المتحدة الأمريكية قد نجحت في تدمير خمس طائرات موجهة بدون طيار من نوع PMQ-34 وكذلك صاروخ من نوع Vandal .

حيث ان برامج الدفاع الإستراتيجي SDI Strategic Defense Initiative الأمريكية والتي عرفت باسم "برنامج حرب النجوم STAR WARS " أجريت عدة تجارب منها:

1- في عام 1982 نجح شعاع من الليزر في تدمير صاروخ أرض/ أرض من نوع "ثور" على قاعدة الإطلاق.

2- تمكنت طائرة أمريكية في عام 1983 من تدمير طائرة بدون طيار بواسطة جهاز يعمل بأشعة الليزر كما وجهت إشعاعات الليزر أيضاً إلى صاروخ مضاد للدبابات من نوع "تو" TOW .

3- في عام 1983 استخدمت أشعة الليزر ذات الطاقة العالية في تعطيل صاروخ جو/ جو من نوع "سايدويندر" Sidewinder .

4- في 19 سبتمبر 1985 أفرجت السلطات العسكرية الأمريكية لأجهزة الإعلام عن صورتين معبرتين لصاروخ من نوع "تيتان" Titan توضحان كيف تمكنت أشعة الليزر من تدميره وهو على قاعدة الإطلاق على الأرض وكانت المسافة بينهما منات الكيلومترات .

5- في 18 أكتوبر 1985 وجهت الولايات المتحدة شعاعاً من الليزر نحو صاروخ على ارتفاع 670 كيلومتراً فدمره في الفضاء .





6- في عام 1986 نجح الجيش الأمريكي في توجيه أشعة الليزر إلى عدة أهداف مختلفة وشل فاعليتها وكان منها طائرة بدون طيار

وليزر ثاني أكسيد الكربون هو الوحيد في الوقت الحاضر القادر على إنتاج مستويات الطاقة اللازمة لتدمير الأهداف وهذا ما تقوم به إحدى الشركات الألمانية لمحاولة استخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون وسيلة للدفاع الجوي ضد الأهداف الجوية المنخفضة ولكن دراسة الجدوى الاقتصادية والفعالية ونسبة الإصابة قد لا تبشر بالخير في الوقت الحاضر .

ويعتبر الليزر وسيلة فعالة للدفاع ضد القذائف الموجهة العابرة للقارات فأشعة الليزر تقطع المسافة من قاعدة الإطلاق إلى الصاروخ المعادي في أجزاء من الثانية بدلاً من الدقائق التي تلزم أي صاروخ مضاد للصواريخ لقطع المسافة نفسها .

وقد أدى تهديد الصواريخ الباليستية الحاملة للمواد الكيماوية والبيولوجية إلى أن تقوم الولايات المتحدة بالسير قدماً في مشروع اعتراض هذه الصواريخ باستخدام نظم إطلاق لأشعة الليزر المحمولة جواً في قتل هذه الصواريخ وهي في المراحل الأولى من الهجوم فقد وقعت الولايات المتحدة مع مجموعة من الشركات المتخصصة في إنتاج السلاح بقيادة شركة "بوينج" عقداً لتطوير نظام إنتاج وقذف الليزر الكيماوي عالي الطاقة يستخدم من الطائرة "بوينج 400-747" لإطلاق قذائف شعاع ليزرية تقوم بقتل الصاروخ المهاجم في المراحل الأولى من انطلاقه بحيث يتم مهاجمة الصاروخ بالشعاع القاتل للصواريخ الباليستية بعد إضاءة الهدف بالليزر والطائرة على ارتفاع 40 ألف قدم وتقدر قيمة الطلقة الإشعاعية بألف دولار وكذلك يمكن للطائرة توجيه نظم اعتراض أخرى لمهاجمة الهدف مثل الصاروخ "باتريوت" Patriot أو الطائرة المقاتلة التكتيكية F-22 إذ يقوم النظام الليزري المحمول جواً باكتشاف الصواريخ المحمولة على وسائل نقل متحركة في أماكن تركزها في عمق العدو والليزر الذي تقوم بتطويره الشركة المذكورة لصالح سلاح الجو الأمريكي هو من نوعية الليزر الكيماوي Chemical Oxygen Iodine Laser الذي ينتج عدة مئات من الكيلووات لمدة عدة ثوان بكفاءة بحيث تستطيع الطائرة التي تحمل عدداً كافياً من المفاعلات تدمير العدد المطلوب من الصواريخ الباليستية ويمكن للطائرة الاشتباك مع 40 هدفاً في مدة 3-5 ثوان .





## مشاريع أسلحة الطاقة الموجهة

### Directed Energy Weapons - High Energy Laser Weapons

منذ أربعين عاماً أو يزيد بدأت الدول الكبرى في العالم بتطوير تكنولوجيات الأسلحة الليزرية لأنتاج وتوجيه حزمة ليزرية باتجاه الهدف ولكن ظل المبدأ الأساسي لها هو توجيه طاقة عالية الى الأهداف المعادية وهي الأسلحة الليزرية التي تدمر الهدف المعادى بسرعة الضوء.

### مشروع الليزر الموجه (HIGH ENERGY LASER) HEL

كان التطبيق الأول للمشروع في عام 1973 حيث تم اسقاط طائرة بدون طيار مجنحة بأسلوب بصرى وبعد ذلك قامت القوات الجوية الأمريكية أيضا باستخدام HIGH ENERGY LASER/ HEL في اسقاط طائرات الهليكوبتر والطائرات بدون طيار من خلال استخدام مضخة كهربائية لإخراج الأشعة الليزرية ، ثم تم استخدام أشعة الليزر لتدمير صاروخ TOW اثناء تحليقة في الجو من خلال توليد أشعة ليزر من مصادر كيميائية.

### مشروع منظومة السلام من خلال الضوء PEACE THROUGH LIGHT

في عام 1976 قامت الولايات المتحدة باطلاق مشروع الليزر المحمول جو AIRBORNE LASER LAB /ALL بأسم السلام من خلال الضوء PEACE THROUGH LIGHT وكان شكل المشروع هو تركيب أجهزة تدمير ليزرية على الطائرة NKC-135 Stratotanker لتعقب الاهداف الجوية وتدميرها ، حيث كانت المنظومة تولد أشعة الليزر من غازات مثل: ثاني اكسيد الكربون/ النيتروجين/ أكسيد النيتروز ، وكانت تخرج أشعة ذات طول موجي 106 ميكرون وقامت شركة PRATT & WHITNEY بتزويد الطائرة بأجهزة توليد وبث الليزر وشركة HUGHES بتزويد الطائرة بمعدات رصد وتعقب الأهداف المعادية وشركة ROCKETDYNE بحارق الغازات لتوليد الليزر ، حيث ان كل حواريق غازات توليد الليزر يمكنها العمل تحت ضغط جوى يصل الى 55 درجة وفي درجة حرارة تصل الى 1900كلفن وكان ذلك المشروع يمكنه اخراج 456 كيلو وات من أشعة الليزر ولمدة ثمانية ثواني متصلين وبشكل أولى ، ولكن ما يمكن التعامل من خلاله فقط عن طريق أجهزة التهديد كان 380 كيلو وات ولمسافة واحد كيلو متر ، وحجم الطاقة على السنتمتر المربع كانت 100 وات فقط لكل سنتمتر مربع.

### عيوب منظومة السلام من خلال الضوء PEACE THROUGH LIGHT

- 1- فقد الكثير من قدرة الطاقة الليزرية المنبعثة من جهاز التوليد الى أجهزة الاستهداف ومن 456 الى 380 كيلو وات وهذا يعني أيضاً وجود حرارة مفقودة يمكن ان تضر المنظومة .
- 2- وجود جزيئات غبار داخل المنظومة عند تلاقبها مع الأشعة فوق الحمراء والتي تستخدم في الارتفاعات الكبيرة والتي تتبخر بعد ذلك جزئياً وتضر الأجهزة البصرية في المنظومة.
- 3- الاحتياج الى أجهزة تعقب دقيقة في المنظومة ، كما أن أجهزة التهديد للأشعة الليزرية تحتاج الى تخفيض ذبذباتها كثيراً جداً أثناء قيامها بتعقب الهدف المعادى حيث قال الاخصائيون أنهم بحاجة فقط الى تحديد بقعة على الهدف المعادى بحجم كرة القدم ومن ثم الاستمرار في توجيه الأشعة الليزرية اليها حتى يتم تدميرها والتغير الوقتي في ذبذبات أجهزة توجيه الأشعة الليزرية يقلل فعالية تدميرها للهدف المعادى وتزداد حدة تلك المشكلة كلما كان الهدف أبعد.
- 4- مشكلة الوميض الناتج عن اضطرابات طبقات الجو والتي تتكون عن طريق جيوب هوائية تختلف درجات الحرارة عن بعضها البعض حتى ولو كان اختلاف طفيف كما ان كثافة طبقات الجو يجعل حزمة الليزر الموجهة ( تنحرف) عن وجهتها الأصلية كلما مرت من خلال تلك الجيوب الجوية، ومع وجود الألاف من تلك التشوهات في طبقات الجو سوف يشكل ذلك بالتأكيد عتبة كبيرة أمام حزمة الليزر كي تكتسب مداها الفعال خصوصا في العمليات على الارتفاعات المنخفضة خصوصا مع صعوبات توجيه تلك الحزمة في تلك الارتفاعات.







## مشروع حرب النجوم STAR WARS (مشروع الليزر الموجه بالمرايه التعديلية ADAPTIVE MIRROR)

وفيها تم تركيز الحزمة الليزرية والأجهزة البصرية تم زيادة مداها وجعلها أكثر دقة في البحث والتتبع ولكن مشكلة اختراق الحزمة الليزرية لمناطق جوية غير متجانسة ( الجيوب الهوائية) ومضطربة حراريا لم تحل تماماً ، ولذلك كان من الضروري ايصال الحزمة الليزرية الى الهدف بدون تشعبها وانحرافها عن الهدف فيجب هنا أن تخرج الحزمة الليزرية نفسها بحسابات انحرافها عن مسارها وعلاجه الدائم والمتواصل وبالتالي وصولها للهدف بدقة وغير منحرفة عن مسارها هي فكرة بسيطة في مفهومها صعبة للغاية في تطبيقها ، فالهدف متحرك ووسيلة اطلاق الليزر متحركة لذلك أي أسلوب لعلاج ذلك الخلل بين المسار الأصلي للحزمة الليزرية والمسار المنحرف الية فيما بعد يجب أن يعتمد على معدة تقوم بقياس معدلات الانحراف من وسيلة الاطلاق الى الهدف نفسة وألية يمكنها من حرف حزمة الليزر عن مسارها منذ بدايات اطلاقها حتى تقوم الاضرابات الجوية المذكورة بحرفها ثانية لتعيدها الى مسارها الصحيح.

### تقنيات التغلب على انحراف مسار الحزمة الليزرية عن الهدف

#### 1- تقنية المرايه التعديلية او التنسيقية ADAPTIVE MIRROR

وهي تحتوي على مئات أو آلاف من الأجزاء الآلية والتي يمكنها من رفع أو خفض سطح المرآة ذاتها كي يتم (حرف) مسار الحزمة الليزرية ( بشكل تحكمي) عن مسارها الحقيقي مع دقة كافية ليتمكن بعد من تعديل مسارها ليصبح موجة للهدف بشكل دقيق.

#### 2- تقنية LASER RADAR/ LIDAR

وهي تقوم على فكرة القياس المستمر للانحراف في مسار الليزر ما بين جهاز اطلاقه والهدف المعادى والذي يمكنه أيضا من اضاءة الهدف المعادى بحزمة ليزرية ذات طاقة أقل وطول موجي مشابه لتلك الحزمة الخارجة من منظومة HEL/ HIGH ENERGY LASER حيث انه بعد أن يتم تقدير المسافة للهدف المعادى يتم نقل البيانات الى ما يسمى WAVEFRONT SENSORS والتي تقوم بدورها بتقدير حجم الانحراف في الحزمة الليزرية اللازم للوصول الى الهدف ومن ثم توجيه الأوامر للمرآة التعديلية بحجم الانحراف اللازم والمعادل للانحراف في الطبقات الجوية واللازم بعد ذلك للوصول بالحزمة للهدف. لتقوم المرآة بحرف المسار وحدها.

#### مشروع الليزر الموجه المحمول جواً The AL-1A Airborne Laser /ABL

في عام 1996 منحت القوات الجوية الأمريكية عقدا بقيمة 11 مليار دولار لكلا من بوينج -TRW- لوكهيد مارتن وذلك من أجل تصميم وتصنيع مشروع الليزر الموجة ودمج مع طائرة بوينج 747-400 ومن هذا المنطلق أصبحت وحدة فقط من ذلك المشروع لها القدرة على حماية ما يقدر بدائرة قطرها مئات الكيلومترات ومهاجمة الصواريخ الباليستية في أثناء مراحل انطلاقها الاولى أو ما يطلق عليه BOOST PHASE وحينما تكون اكثر رسدا وأقل سرعة وتحت ضغط خزانات الوقود والضغط البنيوية عموما للصواريخ الباليستية في بدايات اطلاقها.

ان أحد أهم مبادئ تصميم مشروع الليزر الموجه المحمول جواً ABL أن تحمل وقود كافي لتوليد الليزر بما يكفي لتدمير من 20 الى 40 صاروخ باليستي في طلعة جوية واحدة تستمر من 12 الى 18 ساعة وتستطيع الطائرة البوينج الحاملة لتلك المنظومة التحليق في مدارات قريبة من حدود الدولة التي تطلق صواريخها وأن تتعامل معها بمجرد ظهورها وتقوم بكشف ورصد وتتبع وتدمير الهدف المراد تدميره ( الصواريخ الباليستية) وتكون من ضمن مميزاتة أن أيا من شظايا أو بقايا الانفجار لن تسقط على أرض من يمتلك تلك المنظومة الليزرية .





كما ظهرت امكانية التعامل مع الأقمار الصناعية من خلال تلك المنظومة **Anti-Satellite /ASAT** حيث أن الطائرة البوينج **400-747** والتي تحمل المنظومة **AL-1A ABL** يمكنها أن تطير في مسار متقاطع مع قمر البحث والمراقبة والاستطلاع والذي يخلق على مدارات قريبة وليست بعيدة بالطبع وبذلك يمكنها من التعامل مع ذلك التهديد كذلك يمكن للمنظومة العمل ضد الأهداف الجوية المأهولة والخاصة بالاستطلاع والتخابير الالكتروني **ELINT** ونظرا لأن القمر الصناعي بنيتة أقوى من الصاروخ الباليستي لذا فمنظومة **ABL** على الطائرة **YAL-1A** توجه مقدار طاقة ليزيرية أعلى وأكبر لة عند التعامل مع خصوصا مع اختلاف كثافة الأجواء في طبقات الجو العليا وما يتطلبه من زيادة الطاقة الليزرية المرسله ، وأخيرا في تلك المرحلة من تطور الأسلحة الليزرية تم استخدام المنظومة على الطائرة **YAL-1A** والتي هي تعديل للطائرة بوينج **400-747** اف وتتميز تلك الطائرة بقدرة حمولتها حيث أنها في الأصل طائرة شحن جوى فتصل حمولتها الى قرابة **100** طن وأكثر شئ يلاحظ من شكل تلك الطائرة وهي محملة بالمنظومة الليزرية المذكورة هو البرج الذي يحتوى على المرايه الموجهة للحزمة الليزرية وحجمها وقطرها **16** متر وهذا البرج يمكنه من التحرك في حدود **120/+** درجة وحينما لا يتم استخدام الليزر تقوم نافذة قطرها **18** متر ووزن **150** كيلو جرام بغلق ذلك البرج حماية للمراية المذكورة من جزيئات الغبار والطيور .

### مكونات اجزاء الطائرة **YAL-1A**

#### الجزء الاول ويحتوى على:

نظام التحكم والاشتباك **BMS / battle management system** الذي يحتوى على أجهزة التحكم في الحزمة الليزرية و أجهزة كمبيوتر تتحكم في المنظومة ككل وأجهزة اتصالات ودعم الكتروني ولذلك يعتبر نظام التحكم والاشتباك عصب منظومة **ABL** نظرا لكونه يقوم بتحديد هوية الهدف/ التعقب/ تحديد أولويات التعامل مع الأهداف/وكذلك التحكم في الاطلاق ولكي يقوم جهاز التحكم **BMS** بأعماله على أكمل وجه فانه يعتمد في مهمة على مجسات داخلية وخارجية فالمجسات الخارجية تقوم بتعقب الهدف المعادى وتحديد مادة وحديثاً تم اشتقاقها من بودات **LANTIRN** للتهديد والتي تستخدم الأشعة تحت الحمراء للرصد **FLIR** وكذلك تم استخدام ديوكسيد الكربون ذو الانبعاث الليزرى الذى يصل الى **106** ميكرون والذي يستخدم في تحديد مدى الاهداف المعادية وذلك لتدعيم بيانات زوايا التعقب بتحديد مدى دقيق ، كذلك تم انتاج مجس تم وضعة أعلى الطائرة على عمود صغير من شأنه أن يحدد المسار اللازم للاعتراض وكذلك لتحديد الأكثر أولوية في التعامل مع الأهداف خصوصا الصاروخية .

#### الجزء الثاني ويحتوى على:

جهاز توليد الليزر ذاته وهو **beam control system / BCS** (وهو فى مقدمة الطائرة) وهي معدة حساسة لغاية ومن شأنها اىصال الحزمة الليزرية الى الهدف المعادى وتتواجد بها المراية العاكسة للأشعة اللزرية وكذلك أجهزة التحكم فى ( حرف ) الحزمة الليزرية عن مسارها .  
وإذا تم النظر الى النصف الخلفى من الطائرة ستجد أجهزة توليد الليزر والأجهزة المعاونة الأخرى المصنعة من شركتى نورثروب جرومان ورايثون كذلك يحتوى ذلك النصف الخلفى على **tracking illuminator** **laser / TLR** وهدفه هو اضاءة الهدف لتسهيل تعقبه من الجزء الأمامى وكذلك يحتوى على **beam illuminator laser/ BLR** والذى يقدم معلومات عن حجم الانحراف اللازم فى الحزمة الليزرية والمساوية للانحراف الذى يحدث فى طبقات الجو ، وعموما حزمة الليزر المنطلقة تمر عبر ستة مراحل تزداد فيهم قوة الحزمة حسب انتقالها من مرحلة الى أخرى ثم تنتقل الى المراية ثم الى جهاز التحكم ثم الى جهاز الاطلاق فى مقدمة الطائرة.

#### الجزء الثالث ويحتوى على:

أجهزة الليزر وتوليدها (وهو فى مؤخرة الطائرة)



### كيف يمكن للصواريخ الباليستية حماية نفسها من الأنظمة الليزرية

يمكن للصواريخ حماية نفسها من خلال بناءها بشكل يتحمل الهجوم الليزري ولكن أيضا بعض الفيزيائيين أشاروا الى امكانية طلاء هياكل الصواريخ الباليستية بطلاء عاكس بما يمكنها من ( عكس ) الحزمة الليزرية لمصدرها ثانية لكن البعض الآخر يقول أن الحرارة الكبيرة للحزمة الليزرية يمكنها من ( تبخير ) أى سطح عاكس على هيكل الصواريخ وتدمير الصاروخ بعد ذلك.

وظهرت هناك نظرية أخرى تقول أنه يمكن للصاروخ الباليستي من تبني نظرية الدوران حول محورة لتقليل فترة تعرض سطحه للحزمة الليزرية بما يمكنه من الإفلات منها ، ولكن تلك الفكرة ستؤجل تدمير الصاروخ فقط وتجعله يستغرق وقت أطول لتدميره ليس إلا ، ثم ظهرت فكرة ثالثة بخصوص ذلك الشأن وهى طلاء الصاروخ الباليستي بمواد تبخيرها بواسطة درجات حرارة عالية فى الارتفاع ولكن فى تبخرها هذا يمكنها من تبريد سطح الصاروخ وتشكيل عائق أمام حزمة الليزر تمنعها من تدمير هيكل الصاروخ ذاته بما تشكل حماية مزدوجة للصاروخ وهذا يعنى استخدام مواد مركبة شديدة المقاومة للتأثير الحرارى لليزر ولكن فى الثلاث افكار يعيهم أن ذلك سيضيف الى سعر الصاروخ ووزنه وأداءه بما يقلل من أعداد الصواريخ المصنوعة والمنشورة وبما قد يؤثر على قدرات وامكانيات الرأس الحربى المدمج على تلك الصواريخ.

وظهرت هناك نظرية رابعة وهى امكانية صناعة صواريخ لديها قدرة دفع الى الوزن كبيرة جدا بما يمكنها من الارتفاع الى طبقات الجو العليا فى اوقات قليلة جدا وبما يقلل من امكانية اطلاق الليزر عليها ولكن تلك النظرية تطرح مبدأ هام فى صناعة الصواريخ الباليستية وهى سعر الصاروخ الواحد وكذلك حملته من الرأس الحربية والتي غالبا ما ستتأثر بتلك التقنية.

ولكن اكتشفت الولايات المتحدة من تلك النظريات ضرورة وجود عدة منظومات رادارية طائرة بما يمكنها من زيادة وقت التدمير اللازم ومهاجمة التهديدات الصاروخية ولا تسمح لأيا منها بالهروب من مدافع الليزر تلك وهناك شئ هام يجب أخذه فى الاعتبار أثناء استخدام **airborne laser / ABL** وبغض النظر عن قدرته على مواجهة الأقمار الصناعية **anti satellite / ASAT** وهو مهاجمة الصواريخ الكروز.

فعد استخدام تلك المنظومة الليزرية ضد الصواريخ الكروز فمنها ما يطير بسرعات فوق صوتية وعلى ارتفاعات عالية مثل **kh-22 burya** وبالتالي ستكون المنظومة الليزرية فعالة للغاية فى التعامل معه. ولكن ما هو يطير على ارتفاعات منخفضة مثل التوماهوك أو **alcm** فستكون فعالية المنظومة ضئيلة للغاية فى التعامل مع الأهداف تلك.

ونفس المشكلة تعاني منها تلك المنظومة مع الطائرات التى تطير على ارتفاعات منخفضة وكذلك الأهداف الأرضية فى طبقة ( التروبوسفير ) أو أقل من 36000 قدم تكون الأجواء مليئة ببخار الماء وجزينات الغبار ونقاط ماء من السحب كما أنه من شأن طبقة ( التروبوسفير ) اهدار قوة الحزمة الليزرية وتبديدها مقارنة بطبقات جافة وباردة ورقيقة ك ( الستراتوسفير ) فهكذا هى الفيزياء ولذلك تقل فعالية المنظومة الليزرية على الارتفاعات المنخفضة خصوصا مع وجود سحب بين المنظومة وبين الهدف المعادى وما ينطبق على صواريخ كروز على الارتفاعات المنخفضة ينطبق كذلك على المقاتلات وطائرات التجسس والاستطلاع والطائرات بدون طيار واخيرا يعتبر نظام **AL-1A ABL** سلاح قوي والذي اذا تطور ستكون كافة الصواريخ القصيرة المدى والمتوسطة والعابرة للقارت والصواريخ كروز التى تطير على ارتفاعات عالية وكذلك الطائرات ليس لها قيمة .







## المشروعات التطبيقية للدفاع الجوي الليزري

### اولاً منظومة The Tactical High Energy Laser /THEL

الهدف من تلك المشروعات هو الدفاع عن منطقة من خلال تدمير صواريخ ( الكاتيوشا ) وكذلك قذائف المدفعية والهاونات والطائرات التي تطير على ارتفاعات منخفضة وتم تجربة تلك المنظومة ما بين عامي 2004/2000 ونجحت في تدمير 28 صاروخ كاتيوشا قذيفة مدفع ثم قذائف مدفعية دفعة واحدة.

بنيت تلك المنظومة الليزرية على عوامل كيميائية مستخدمة مادة ديوتيريوم فلورايد لتوليد أشعة ليزرية ذات طول 38 ميكرون والحارق في تلك المنظومة يقوم بحرق الايثيلين في غاز تريفلورايد النيتروجين السام لانتاج ديوتيريوم الفلورايد النشط والذي يخلط بعد مع الديوتيريوم والهليوم ليتم انتاج الليزر وتم تجريب المنظومة بنجاح مع استخدام رادار متعدد الأنماط للرصد والتتبع وتوجيه الحزمة الرادارية .

وعلى عكس منظومة airborne laser/ABL فان منظومة

tactical high energy laser/THEL هي منظومة قصيرة المدى يتم استخدامها للدفاع عن نقطة. أما النسخة المتحركة من نفس المنظومة mobile tactical high energy laser / MTHEL جعلتها غير عملية وصعبة في نشرها وكانت تلك الصفة الأساسية في النسخة الأولى المتحركة مما أدى الى انتاج نسخة ثانية أو ما أطلقوا عليه ( الجيل الثاني) تلك النسخة تم وضعها في حاوية يصل حجمها الى ( نصف مقطورة ) حيث كان الجيل الاول أو النسخة الأولى تصل الى ( مقطورة ونصف ) في حجمها وكان من المخطط لتلك النسخة نشرها في عام 2007 ولكن أعاق ذلك بعض الأمور المالية والتمويلية. ولكن عموماً تلك المنظومة بنسختيها المختلفتين الثابتة THEL والمتحركة MTHEL تم صناعتها وتصميمها وتطويرها

بواسطة الشركات التالية:

TRW/Northrop-Grumman  
Ball Aerospace  
Elbit/El-Op  
IAI/Elta

والأخيرة قامت بانتاج الرادار وأجهزة التحكم النيرانى فى المنظومة.

### تقييم منظومة The Tactical High Energy Laser /THEL

واجهت نفس مشاكل المنظومة السابقة ABL من حيث الصعوبات العملية التي تفرضها الظروف الجوية ولكن يمكن استخدام THEL اذا كان الجو صحراوى جاف الى حد ما فلا تفضل الغيوم والرطوبة والسحب المنخفضة والضباب.

واستراتيجياً يعيب أيضاً المنظومة كونها تعتمد على عوامل كيميائية خطيرة جداً مما يصعب الأمر في نشرها بشكل كبير ولكن بالنسبة للنوع المتحرك من تلك المنظومة فيتوقع له النجاح ، وعموماً تم توجيه الاهتمام لمشروعات الليزر التي يتم استخدام الكهرباء في توليده وليس العوامل الكيميائية.

### ثانياً منظومة High Energy Laser Technology Demonstrator / HEL-TD

قامت الولايات المتحدة بتصميم المنظومة كمنصة اطلاق متحركة يمكنها اطلاق مئات الكيلووات من الأشعة الليزرية وذلك من خلال استخدام تقنيات صلبة لتوليد الليزر بعيداً عن التقنيات الكيميائية ومهام تلك المنظومة العملية هي:

1- تدمير القذائف أثناء طيرانها مثل الصواريخ وقذائف المدفعية وقذائف الهاون والقذائف الموجهة المضادة للدبابات وكذلك صواريخ الدفاع الجوي المحمولة على الكتف .





## 2- تدمير المقذوفات الذكية .

3- التشويش على المجسات الكهرو بصرية EO وكذلك مجسات الأشعة تحت الحمراء.

4- التعامل مع أية فذائف ومن مسافات بعيدة وأمنة بما يحمي البيئة الداخلية لمستخدمية وكان مخطط لتلك المنظومة أن تدمج مع منظومات الولايات المتحدة الهجومية والدفاعية التقليدية نظرا لرخص سعر استخدامها وتعتبر التقنية الصلبة لتوليد الليزر أكثر قدرة على البقاء والتطور نظرا لأنها يمكن لها معالجة كل عيوب التقنية الكيميائية لتوليد الليزر وبذا تعتبر أكثر بقاءية وكذلك يمكنها تلافي مشاكل الرصد والتتبع وتدرج الاطلاق الليزري وفقا لعوامل الجو المختلفة وقدرة أكبر على القتل لنوعيات متعددة من الأسلحة المضادة وفعالية تجاة أجهزة التشويش ضد الليزر وقامت بتصميمه وإنتاجه كلا من شركتي نورثروب جرومان وبوينج قامت شركة بوينج بإنتاج أجهزة التحكم في المنظومة وتوجيه أشعة الليزر ووضعها على سيارة عسكرية مخصصة لتلك المنظومة من طراز اوشكاش وبالفعل تمت تجربة المنظومة وكانت ناجحة في إصابة أهدافها.

## ثالثا منظومة Advanced Tactical Laser /ATL

تعتبر تلك المنظومة هي استغلال لتكنولوجيا AIRBORNE LASER واستمرار وتنمية لها من أجل صناعة منظومة ليزرية أصغر وأرخص ويمكن دمجها مع طائرة أقل حجما مثل ac-130 spectre أو v-osprey 22 وذلك كسلاح دعم جوى قريب ففى يناير 2006 قدمت القوات الجوية الأمريكية طائرة-c-130 h إلى شركة بوينج وذلك للقيام بتجربة لهذا السلاح. وتم استخدام الاف الكيلو وات من الليزر فى تلك التجربة باستخدام تقنيات coil/ Chemical Oxygen Iodine Laser وهى تقنية كيميائية أيضا لتوليد الليزر المستخدم وكان الهدف من تلك التجربة هو تدمير أهداف أرضية وقد نجحت بالفعل التجربة.

## رابعا منظومة Joint High Power Solid State Laser

وهي لتوليد الليزر الصلب باستخدام الكهرباء من أجل توليد ما مقدارة 100 كيلووات من حزم ليزرية لاستخدامها عسكريا وبشكل أولى على القطع البرية والبحرية. وتم تمويل المشروع من قبل ادارة الدفاع الفضائى والصاروخى الأمريكية ووزارة الدفاع وادارة البحوث التابعة للبحرية الأمريكية وكذلك مثلتها التابعة للقوات الجوية. وبالفعل قامت شركة تورثروب بإنتاج وحدة توليد ليزرية لديها القدرة على توليد ما مقدارة 153 كيلو وات.

## خامسا منظومة High Energy Liquid Laser Area Defense System / HELLADS

تم اطلاق المشروع وبتكلفة تصل الى 75 مليون دولار وكان الهدف من ذلك المشروع هو توليد حزمة ليزرية تقدر ب 150 كيلو وات مع تصغير حجم الجهاز لما هو أقل من التجارب السابقة حيث كان من المفترض أن يكون وزن الجهاز أقل من سابقيه بحوالى ( 5 ) كيلو جرامات حيث كان من المخطط لة استخدام على متن الطائرات المقاتلة التكتيكية والطائرات UAV وبما يعطيه مدى أكبر فى التعامل من ادماج على قواعد برية وتم انتاج معداته البصرية والحرارية وأجهزة التحكم فى اطلاق الحزمة الليزرية وتعتمد تلك المنظومة على توليد الليزر من مركبات سائلة وتم اعتماد تقنية ( الليزر السائل ) فى تلك المنظومة وهى احدى الصيغ الكيميائية فى توليد الليزر ولكن وعلى الرغم من عدم توافر شكل لتصميم تلك المنظومة أو صفاتها التخطيطية الا ان نظام الليزر السائل يحتوى على ميزة تبريد المنظومة وهى ميزة جعلتة أفضل عملياتيا من نظام توليد الليزر الصلب بواسطة الكهرباء وقام على صناعة تلك المنظومة شركة general atomic و lockheed martin كمتقاول رئيسى.

وهذه المنظومة مشابهة فى استخدامها لمنظومة ABL من حيث وجود مرآة لتحديد حجم الانحراف وكذلك فى توجيه الأشعة الليزرية.





## سادسا منظومة Raytheon Laser Area Defense System /LADS

قامت شركة رايتون بتطوير هذه المنظومة الليزرية وذلك من أجل قيامها بالدفاع عن نقطة كمنظومة دفاع جوى ليزرى قصير المدى واستبدال منظومات الفلانكس **Phalanx CIWS** بتلك المنظومة الليزرية ومستفيدة كذلك من قواعد منظومات الفلانكس الحديدية واستخدام منظومات الليزر عليها وتوجت بالفعل جهود رايتون بالنجاح وكانت تلك المنظومة تحتوى على أجهزة بحث وتعقب وجهاز توجيه وادارة الحزمة الليزرية المتولدة من الالياف البصرية وتم وضعها على قمة قاعدة الفلانكس المذكور وأجهزة البحث والتعقب الموجودة على تلك المنظومة الجديدة تم اختبارها على بيئة حقيقية حيث التقطت ورصدت قذيفة مدفعية من عيار 60 ملليمتر وأعجبت مجلة ( العمق ) البحرية التابعة للبحرية الأمريكية بتلك المنظومة حيث أنها تغلبت على فكرة الصواريخ والمدافع المستخدمة فى الحروب الحديثة حيث أن منظومات الليزر غير مقيدة بحجم الرأس الحربى أو كمية الوقود وأيضا كون تلك المنظومة **LADS** لا تعتمد على المفهوم الكيميائى فى التوليد ولكن على توليد الليزر من الألياف البصرية وبالتالي فهى متحررة من القيود التى تفرضها العوامل الكيميائية عليها ( الوقود ).

## سابعا منظومات وبرامج ليزرية روسية russian high energy laser programs

اهم منتجات شركة ألمانز أنتاي **Almaz-Antey** هي وحدة توجيه الحزمة الليزرية **Almaz-Antey High Energy Laser Directed Energy Weapon** وهي وحدة محمولة على شاحنة 8\*8 من نوعية **MAZ-7910** وهي وحدة متحركة بالطبع وتستخدم رادار من نوعية **N6 30** من أجل الرصد والتتبع.

وهناك منتجات أخرى لشركة ألمانز أنتاي **Almaz-Antey** فى التعامل مع الأهداف الجوية بواسطة الليزر الذى يتم توليده من غاز كربون ديوكسيد (ليزر غازى- منظومة ألمانز أنتاي الليزرية الغازية) **Carbon Dioxide Gas Dynamic Laser /GDL** حيث يتم التعامل مع هدف طائر قبل الرصد وأثناء اضائتها بالحزمة الليزرية والثالثة بعد سقوط الهدف وتدميره.

\* لم تصرح شركة ألمانز بالمدى الذى تم اسقاط الهدف فيه كذلك لم تشير الى قوة الحزمة الليزرية ومقدارها الفيزيائى.  
\* تم الاهتمام من قبل الاتحاد السوفيتى ومن بعدة روسيا بمنظومات الليزر الموجة **HEL** / بشكل متزامن مع اهتمام الاتحاد الأوروبى والولايات المتحدة .  
\* تقنية استخراج الليزر من ديوكسيد الكربون او **Gas Dynamic Laser /GDL** هي تقنية تم استخدامها من قبل الولايات المتحدة أيضا فى عقد التسعينيات من خلال مشروع كان يسمى **airborne laser laboratory / all program** وميزة أنه لا يحتاج الى وقود كثير لتوليد الليزر مثلما هو الحال فى الليزر المتولد من ديوتيريوم فلورايد ( الكيميائى ) وأيودين الأكسجين ( الكيميائى أيضا )  
\* روسيا لم تكشف عن حجم التطور والتقدم فى ذلك المشروع لا من حيث الاجهزة البصرية ولا تقنيات المجسات المستخدمة ولا المراية التعديلية ولكن هذا لا يعنى أبدا أن المشروع لم يكتمل أو غير ناضج.







أهم المنظومات الليزرية الروسية ذات المتانة في التصميم:

### 1- منظومة Beam Director Platform /BDP

تم تركيب تلك الوحدة على سيارة روسية من نوع 8\*8-mzkt-7930 أو وضعها على مقطورة وتقوم تلك الشاحنة السابقة بقطرها الى الميدان.

### 2- منظومة HEL Power Stage System /PSS

وهي عبارة عن دمج مثالي لوحدة الطاقة مع الوحدة السابقة BDB من أجل تخفيف وزن المنظومة ككل وزيادة ميزاتهما الحركية في الميدان ولكن أيضا يمكن (جرها ) وحدها ولكن ذلك سيضعف بالتأكيد قدرتها الحركية.

### 3- منظومة Engagement Radar System

وهو نسخة مشتقة من الرادار 92 n2e gravestone والذي تحمله شاحنة روسية 8\*8-mzkt-7930 وهي حاملة لوقود توليد الليزر الخاص بالمنظومة Fuel Supply Vehicles والمفهوم العملياتي للمنظومة مماثل للمفهوم العملياتي للمنظومة الأمريكية ( MTHEL ) خصوصا النسخة المتحركة مما يجعلها مخصصة للدفاع عن نقطة كجزء متناسق للصواريخ المضادة للطائرات خصوصا مع الاهتمام الروسي بمبدأ الحركية في تلك المنظومة.

### 4- منظومة BERIEV A-60

#### Almaz/Beriev A-60 High Energy Laser Directed Energy Weapon Testbed

وهي مماثلة للمشروع الأمريكي ABL المحمول على الطائرات والهدف منه هو توفير مرجعية تقنية تسمح بتطوير تلك المنظومة فيما بعد وبالتالي أعتبر مشروع BERIEV A-60 مشروع بحثي تقني حتى ولو تم بالفعل انتاجه وأصبحت له امكانيات عملياتية في الاستخدام فتم بناء قطعتين من تلك المنظومة احدهما في عام 1981 والثانية في عام 1991 والمشروع تم بناءه على الطائرة الروسية II-76MD Candid ويمكن ملاحظة الأتي:

1- أن أنف الطائرة يحتوى على وحدة التحكم في الحزمة الليزرية وتوجيهها ومشابهاة والى حد كبير لتصميم النموذج الأمريكي YAL-1A

2- التخلي عن الأبواب الخلفية داخل الطائرة واستبدالها بفتحة عادم محورية.

3- الغاء المدفع الخلفى للطائرة.

4- تكبير المساحة السفلية للطائرة وتزويدها بفتحات يمكنها احتواء الاجزاء الداخلية للمنظومة الليزرية مثل اجزاء تبريد المنظومة.

وكعادة الأنظمة الروسية لم يتم كشف الكثير عن تلك المنظومة من حيث نوعية توليد الحزمة الليزرية ولكن الفتحات توضح أن تلك المنظومة تعتمد اما على التوليد الغازى أو الكيميائي لليزر لكن على الرغم من ذلك فمرجح أن يكون توليد غازى لليزر حيث أن المشروع تزامن فى تصميمه مع مشروع أنتاى ألاماز لتوليد الليزر الغازى.





## الفصل الخامس - الاستخدامات المدنية لليزر

أصبحت أشعة الليزر جزءاً حيوياً في الطب والترفيه والصناعة والعديد من المجالات المدنية وعندما يجري الإنسان مكالمة تليفونية أو يشتري سلعة من حانوت أو يستخدم بطاقة الاعتماد Credit Card أو يشغل قرصاً مدمجاً Compact Disc على جهاز ستيريو يكون الليزر جزءاً من العملية وفي الصناعة تستخدم أشعة الليزر في المساعدة على تصميم السيارات واختبار دقة الأجزاء وتحليل مكونات الكمبيوتر الفائقة النقاء وقص المعادن فضلاً عن أداء عدد كبير من الوظائف الأخرى وفي الطب تستخدم أشعة الليزر لمنع العمى ووقف نزيف القناة الهضمية وإجراء أنواع مختلفة من الجراحات وتسليك الشرايين المسدودة .

وسيكون هناك في المستقبل ذاكرات كمبيوتر بالليزر تستطيع أن تسجل دائرة معارف كاملة على قرص واحد وكمبيوتر الليزر أسرع مئات المرات من أسرع كمبيوتر موجود اليوم.

أهم المجالات المدنية التي تستخدم فيها أشعة الليزر هي:

### أولاً: الليزر في مجال الطب

أصبح الليزر أداة طبية متزايدة الأهمية بعد أن أصبحت المشارط الضوئية تستخدم في معالجة خلايا منفردة أو أعضاء كاملة لقدرتها على الانتقاء الفائق أكثر من كونها مجرد أدوات تقطع أي شيء تصادفه وتلك الخصوصية هي التي تسمح لأشعة الليزر بالنفاذ إلى داخل خلية ما أو عضو معين في حين يبقى ظاهرهما سليماً وهو ما لا يستطيعه أي مشرط جراحي آخر .

وقد مكن التحسن الذي طرأ على دقة هذه الأدوات خلال العقود الأخيرة من تشعب استعمالات الليزر الطبية في أكثر من مجال ففي البدء كانت الحرارة المتولدة من أشعة الليزر تستخدم لتخريب الأنسجة أما الآن فعلى الرغم من أن التأثيرات الحرارية لا تزال هي الأكثر استعمالاً في الأغراض الطبية فإن التأثيرات الأخرى غير الحرارية قد برهنت أيضاً أنها ذات أهمية متزايدة في المعالجة والتشخيص فإضافة إلى تسخين الأنسجة يمكن للفوتونات المنطلقة من أشعة الليزر أن تثير التفاعلات الكيماوية أو أن تفصم الروابط الذرية التي تحفظ تماسك الذرات بعضها مع بعض أو أن تولد موجات صدمية shock waves

وتشمل التطبيقات الطبية الحيوية لأشعة الليزر أعمالاً كثيرة من هذا القبيل كإزالة السادات الشريانية وتحطيم الحصوات الكلوية والتخلص من الغشاوة العينية Cataract وحتى تغيير المادة الوراثية وتستطيع أشعة الليزر أن تمد العلماء بمعلومات عن العمليات التي تجرى داخل الخلايا إذ يمكن للمعلومات البيولوجية التي تتيحها مثل هذه الدراسات أن يكون لها تطبيقات طبية مهمة .

أهم الاستخدامات الطبية لأشعة الليزر هي:

### 1 المجهر الضوئي

في عام 1986 صمم العالم الفيزيائي "آرثر أشكين" Arthur Ashkin المجهر الضوئي لمعالجة الجسيمات الصغيرة إذ يمكن دمج المجهر الضوئي في المجهر التقليدي بإدخال ضوء الليزر إليه وهكذا يمكن رؤية ومعالجة عينة موضوعة على صفيحة المجهر بتحريك حزمة الليزر وقد جذب هذا الاستخدام للمجهر الضوئي اهتمام البيولوجيين الذين وجدوا أنه يمكن معالجة البكتيريا الحية بواسطة هذا المجهر دون إلحاق أي ضرر بها وكان ذلك مدهشاً؛ لأن شدة حزمة الليزر في بؤرة المجهر الضوئي تصل إلى نحو 10 ملايين وات في السنتمتر المربع .





## 2 المنظار الضوئي ذو الألياف البصرية

المنظار الضوئي Endoscope ذو الألياف البصرية عبارة عن أنبوب يسمح للطبيب بأن ينظر في داخل جسم المريض وهو لم يصبح ذو قيمة عملية إلا بعد تطوير الألياف البصرية التي صممت لنقل الضوء على طولها كلها حتى إذا انحنى وهذا المنظار من المرونة والصغر بحيث أن الطبيب يستطيع أن يدخل واحداً منها عبر حنجرة المريض لكي ينظر في داخل معدته أو في الشرج لكي يفحص الأمعاء ويستخدم الأطباء اليوم هذا المنظار بشكل روتيني لفحص الأعضاء الداخلية .

## 3 الجراحة العامة

استخدم مؤسسو جراحة الليزر الحزم الضوئية بسبب الحرارة الكثيفة التي تولدها واليوم فإن أكثر جراحات الليزر يقوم على هذه الخاصية الحرارية بالدرجة الأولى لما تتمتع به من صفات انتقائية في تأثيراتها ولسهولة التحكم فيها بدرجة كبيرة فإذا توافقت طول موجة أشعة الليزر بدقة مع حزمة الامتصاص للنسيج الحيوي الذي توجه إليه فإن هذا النسيج يمتص الأشعة وينتج عن ذلك تخريبه بالكامل وكمثال لذلك فإن أصباغ "الميلانين" Melanin ذات اللون البني القاتم في شبكية العين تمتص الأشعة الخضراء في ليزر الأرجون وبالتالي فإن ليزر الأرجون يخرب مناطق محددة من الشبكية دون أن يسبب الضرر بالمناطق الأخرى في العين والتي تمتص أشعة ذات أطوال موجية أخرى ولهذا فإن هذه الطريقة تستخدم بشكل فعال في معالجة المرض الشبكي السكري Diabetic retinopathy وهو مرض يؤدي إلى تحلل الأنسجة المصابة ويعد سبباً لنسبة كبيرة من حالات فقد البصر .

وفي ميدان الجراحة بصفة عامة يستخدم مشروط خاص من أشعة الليزر يتيح للجراح إحداث قطع في الأنسجة دون نزيف دموي إذ تقوم تلك الأشعة بإحكام إغلاق الأوعية القابلة للنزف عن طريق الكي في الوقت نفسه الذي يتم فيه قطع الأنسجة أي من أجل إجراء جراحة دون فقد الدم Bloodless Surgery

وفي مجال علاج انسداد الشرايين أصبح من الممكن إدخال قساطر دقيقة من فتحة في الجلد إلى داخل الأوردة والشرايين وتلك القساطر عبارة عن ألياف زجاجية تحمل الأشعة المكثفة إلى مناطق الانسداد لإذابة الجلطات الدموية وتوسيع بعض الشرايين الضيقة المتصلبة من الداخل فيعود الدم للشريان الطبيعي فيها وأصبحت أحلام مؤلفي قصص الخيال العلمي حقيقة ولم يعد من الضروري كما ورد في بعض الروايات إجراء تصغير متناه لغواصة تحمل فريقاً من الأطباء كي تحقق مادة في وريد أحد المرضى لتسري هذه المادة مع الدم إلى شريان مسدود فتذيب جلطة فيه .

ويستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون الذي يطلق ضوءاً ذا طاقة لافحة والقادر على قص الأنسجة وسد الأوعية الدموية للإفلال من النزف فقد استخدم هذا الليزر في الجراحة مثلاً لإزالة نمو السرطان أو لكي الأنسجة السرطانية في الفم ويقوم ليزر ثاني أكسيد الكربون بكي ورم غير طبيعي في أنسجة الرحم ناشئ عن مرض نسوي يسمى "التهاب بطانة الرحم" وجدير بالذكر أن ليزر ثاني أكسيد الكربون قد استخدم مؤخراً في جراحات الأعصاب وأمراض النساء والتوليد وجراحة الأنف والأذن وجراحات التجميل التكميلية .

ويقوم ليزر الياج بكي ورم خبيث يسد الأمعاء وسد الأوعية الدموية التي تسبب نزيف المعدة وفي مرحلة التجارب أسلوب يستخدم أشعة الليزر لتحويل مركب -لا ضرر منه عادة- يسمى "هيموتورفين" إلى مادة قاتلة للسرطان ويجمع هذا المركب في الأنسجة السرطانية وعندما يصطدم به الليزر الأحمر يحدث تفاعل سمي يدمر خلايا السرطان ويستخدم ليزر "الياج" من النوع النبضي في مجال جراحة العيون وبالذات حالات الانفصال الشبكي ويستخدم النوع المستمر " CW " في مناظير الجهاز الهضمي والمسالك البولية.







#### 4 علاج العيون

وفكرة استعمال الضوء في علاج العيون سبقت ظهور الليزر ففي عام 1949 قام طبيب ألماني باستعمال الشمس في معالجة انفصال الشبكية وفي إتلاف بعض الأورام في عيون عدد من مرضاه وفي عام 1961 بعد سنة واحدة فقط من تركيب "ميمان" أول جهاز ليزر استعمل العالم الأمريكي "زاريت" من كلية الطب بجامعة نيويورك لليزر لعلاج إصابات عينية لدى بعض الحيوانات وبعد ذلك بسنتين توالى التجارب على الإنسان عندما بدأ الطبيب الأمريكي "زوينك" من مؤسسة "بالو التو" للأبحاث الطبية بكاليفورنيا في معالجة أمراض الشبكية بين مرضاه وهكذا أصبحت أشعة الليزر وسيلة معتمدة من وسائل إجراء الجراحات العينية الروتينية .

وفي طب العيون يستخدم الضوء الأزرق لليزر غاز الأرجون لسد ثقب في الشبكية أو لعلاج زرقة العين المعروفة بالجلوكوما التي قد تسبب العمى ويتم ذلك بإحداث ثقب يسمح بخروج السوائل الزائدة أو قد يستخدم لإنقاذ بصر شخص مصاب بمرض الشبكية الناتج عن السكري بتدمير الأوعية الدموية غير الطبيعية التي يسببها هذا المرض فمن المعروف أن مرض السكري يؤثر على شبكية العين وشعيراتها الدموية الدقيقة فتصبح الشبكية قابلة للنزف والانفصال عن مهدها في قاع العين وتصبح العين مهددة بالعمى وبإطلاق شعاع الليزر بدقة وبجرعات محسوبة في مناطق محددة من الشبكية فإنه يحدث بها نوع من الكي **phatocagulation** الذي يوقف النزيف ويمنع تشعب الشعيرات الدقيقة غير المرغوب فيها ويحدث قدراً من التليف المحدود يؤدي إلى تثبيت الشبكية في مكانها فلا تنفصل عنه .

وفي مجال علاج قصر النظر حيث تتجمع الأشعة الضوئية الساقطة على العين في بؤرة أمام الشبكية بعيداً عنها مما يؤدي إلى قلة وضوح الرؤية إلا مع استخدام عدسات خاصة تجمع الأشعة في بؤرة على الشبكية أمكن استخدام أشعة الليزر من أجل تقليل سمك قرنية العين الشفافة بواسطة إزالة بعض الأنسجة الزائدة من سطحها فتقل قدرة العين على إحداث انكسار في الضوء وتتجمع الأشعة الضوئية على الشبكية دون الحاجة إلى استخدام النظارة .

طاقة الليزر التي تبلغ 1-5mW خطره على العين حيث ان انواع الليزر ذات الطاقة العالية تصل إلى 500mW للشعاع المتصل.

#### 5 علاج الجلد

وفي طب الأمراض الجلدية يستخدم ليزر الأرجون لإزالة البقع التي تسببها زيادة نمو الأوعية الدموية الموجودة في الجلد وتمتص الوحومات الحمراء (الصبغية) التي يطلق عليها **Port wine stain** أيضاً أشعة ليزر الأرجون الزرقاء أو الخضراء حسب أطوال موجاتها فتخرب الأشعة الممتصة منات الأوعية الدموية الزائدة والمتركة تحت الطبقة الخارجية للجلد مباشرة إذ تزيل لونها .

#### 6 علاج الأسنان

وتستخدم أشعة الليزر في علاج تسوس الأسنان وذلك عن طريق توجيه الأشعة إلى مكان التسوس لحرقه ومن ثم منعه من القضاء على السن تماماً وفي هذه الحالة لا يستخدم تخدير موضعي وكذلك فإن المناطق السوداء في الأسنان - التسوس- هي التي تمتص أشعة الليزر أما المناطق البيضاء - السليمة- فتعكس الأشعة ومن ثم فإنها لا تتأثر وتستخدم أشعة الليزر أيضاً في تثقيب الأسنان لحشوها ولتثبيت أطقم الأسنان الصناعية .

#### 7 علاج الجهاز الهضمي

ويمكن استخدام أشعة الليزر في علاج الأمراض التي تصيب المعدة وخاصة قرحة المعدة وهي عبارة عن شرايين تنزف في داخل المعدة وذلك عن طريق استخدام المنظار الضوئي "اندوسكوب" **Endoscope** وتقوم أشعة الليزر بتسخين نهايات الشرايين التي تنزف ولحامها والميزة الحقيقية لليزر هنا هي أنه يعطي شعاعاً ضوئياً مركزاً بسهولة داخل الألياف البصرية دون فقد فعلي في الطاقة .





### ثانياً: الليزر في مجال الاتصالات

يمكن بث المعلومات عن طريق أشعة الليزر بتحويل هذه المعلومات إلى نبضات كهربية تعبر عنها تماماً ثم يتم توجيهها إلى جهاز الليزر فيصدر أشعة تتحول وتتطابق مع النبضات الكهربائية وتساويها أيضاً في الشدة أي أن المعلومات قد تحولت إلى أشعة ليزر معدلة **modulated** يمكنها أن تطلق ومضاتها عبر الألياف البصرية وعند المستقبل هناك أجهزة استقبال خاصة تحول أشعة الليزر إلى معلومات مرة أخرى وهكذا يمكن لأشعة الليزر نقل المعلومات من مكان إلى آخر .

وهناك نوعان من قنوات الاتصال بين طرفي الاتصالات الضوئية أولهما القنوات الموجهة وهي عبارة عن ألياف بصرية ينتقل الضوء بداخلها من المرسل إلى المستقبل النوع الثاني هو القنوات غير الموجهة وتكون عبر الفضاء وتتأثر بالعوامل الجوية مثل الأمطار وقطرات الندى والغبار واختلاف الكثافة بين طبقات الجو وكذلك درجة التآين في كل طبقة كما تتأثر بالضوء الناتجة من الإشعاعات الضوئية الطبيعية والدوامات الهوائية .

وكان للجمع بين الألياف البصرية والليزر أثر عظيم على الاتصالات فمنذ عام 1880م استخدم ألكسندر جراهام بيل شعاع ضوء عادي لنقل صوته عبر الغرفة واليوم تستخدم أشعة ليزر لنقل المكالمات التليفونية خلال كابلات الألياف البصرية عبر القارات وفي وقت قريب سيتم نقلها عبر المحيطات .

وتوفر الألياف البصرية مزايا أعظم من كابلات النحاس التي تستخدم عادة لخطوط التليفون فموجات ومضات الضوء المتناهية القصر تعني أنها تستطيع أن تحمل من المعلومات أكثر مما تحمله الإشارات الكهربائية العادية بأقل تشويه ويستطيع السلك النحاسي أن يحمل 48 مكالمات تليفونية متزامنة ولكن أحد الألياف البصرية يستطيع أن يحمل أكثر من 8000 مكالمات .

وهناك تطوران تكنولوجيان رئيسيان جعلتا الاتصالات بالألياف البصرية ممكنة أحدهما هو تطوير ألياف فائقة النقاوة قادرة على حمل إشارات الضوء على مدى العديد من الكيلومترات والثاني هو ابتكار ليزر دقيق شبه موصل يلتقط الإشارات الضوئية ويضخمها لتنتقل على مسافة طويلة .

وربما جاء أكثر الدلائل على قوة الألياف البصرية في عالم الاتصالات إثارة في أواخر عام 1987م عندما بدأ اتحاد من 29 شركة أوروبية وأمريكية في مد أول كابل للألياف البصرية عبر الأطلنطي وتبلغ طاقة الكابل 40 ألف مكالمات تليفونية متزامنة بالمقارنة بتسعة آلاف مكالمات لأحدث كابل نحاسي كان قد تم مده عام 1983م وسوف يزود الكابل الذي أطلق عليه اسم "تات-8" بأشبه موصلات الليزر كل 50 كيلومترا لتوليد الإشارات الضوئية .

ويتم التخطيط لمد كابل الألياف البصرية عبر المحيط الهادي بين الولايات المتحدة واليابان والفلبين وبالإضافة إلى المكالمات التليفونية سوف توفر كابلات الألياف البصرية عبر المحيط أيضاً قنوات معلومات فائقة السرعة لنقل معلومات الكمبيوتر بأمان أكثر مما هو متاح عبر شبكة أقمار الاتصالات .

وفي حالة الاتصالات بواسطة الأقمار الصناعية باستخدام أشعة الليزر فإن هناك عدة اعتبارات أهمها:

- 1 الطاقة الكهربائية المحدودة على متن القمر الصناعي وهي لا تزيد على 100 وات لنظام الاتصال بالكامل .
- 2 الفراغ المحدود المتاح لوسائل الاتصال .
- 3 أهمية الوزن الاقتصادي للمكونات .
- 4 كفاءة توليد أشعة الليزر والمقصود منها نسبة الطاقة الضوئية لشعاع الليزر المتولد في جهاز الإرسال إلى طاقة التغذية المستفدة في توليده .





## يحقق استخدام الليزر في مجال الاتصالات العسكرية المزايا الآتية:

- 1 خفض درجة الاضمحلال في الإشارة الصوتية
- 2 نقل حجم كبير من المعلومات
- 3 مقاومة عالية للتداخل والشوشرة
- 4 الحماية من التنصت
- 5 قلة الحجم وخفة الوزن بالنسبة للأجهزة المستخدمة

### ثالثاً: الأقراص البصرية الليزرية

يتكون القرص البصري **Optical Disc** من سطح معدني فضي كالمراة يعكس الضوء في شكل ألوان الطيف ويغطي بطبقة رقيقة من البلاستيك النقي والقرص البصري في حجم اسطوانة الموسيقى العادية وعلى سطحه العديد من الثقوب الدقيقة جداً يطلق عليها "الحفر" أما المناطق المستوية التي بينها فيطلق عليها "المسطحات" ويطلق أحياناً على القرص البصري اسم "القرص المدمج" **Compact Disc : CD** وقطره 12 سم أو 472 بوصة والتحديث والتطوير متسارع خصوصاً على نظم الأقراص المدمجة للقراءة فقط **Disc Read Only Memory CD-ROM: Compact** لتخزين المعلومات واسترجاعها.

ويتزايد الجمع بين أشعة الليزر وأجهزة الكمبيوتر في أحوال كثيرة وأحدث شيء في هذا المجال هو إنتاج نظام لذاكرة الكمبيوتر **memory** باستخدام فكرة أقراص السمعية المدمجة التي تستولي بسرعة على سوق تسجيل الموسيقى وجوهر مشغل القرص السمعي عبارة عن ليزر دقيق يترجم المعلومات الموجودة على حفر ميكروسكوبية على سطح القرص الفضي إلى موسيقى وحيث إن الضوء فقط هو الذي يلمس القرص فإنه لا يتعرض للبلل والتدهور كما يحدث في اسطوانات الفينيل وتتضاعف مبيعات أقراص السمعية ثلاث مرات كل عام منذ طرحها في السوق عام 1983م .

وباستخدام أقراص السمعية جهاز ذاكرة للكمبيوتر فإن قرصاً واحداً قطره 12 سم مشابه للقرص المستخدم في تسجيل الموسيقى يمكن أن يخزن 550 ميجابايت أي مليون وحدة عناصر ثنائية من معلومات الكمبيوتر أي ما يوازي 100 ألف صفحة مطبوعة على الآلة الكاتبة .

وأكبر عيب لقرص السمعية عن استخدامها ذاكرةً للكمبيوتر في هذه المرحلة هو انه لا يمكن تغيير المعلومات المسجلة عليه ومع ذلك فإن فكرة تسجيل دائرة معارف كاملة على قرص واحد لها من الجاذبية ما يدفع العلماء إلى الاستمرار في تطوير هذه التقنية وفي هذه الأثناء يحاول الباحثون إيجاد طريقة لتغيير المعلومات المسجلة على هذه الأقراص مما سوف يجعلها أوسع استعمالاً .

وللتعرف على دور أشعة الليزر في عرض المعلومات نأخذ حالة أفلام الفيديو وفيها يتم عرض المعلومات - فيلم الفيديو - عن طريق توجيه أشعة الليزر من جهاز الفيديو بشكل عمودي على سطح القرص البصري المسجلة عليه المعلومات وذلك أثناء دورانه ويعكس السطح اللامع للقرص أشعة الليزر إلى جهاز الفيديو مرة أخرى إذ يتم التقاطها بواسطة وحدة إلكترونية تقوم بإصدار نبضات كهربية مختلفة بمجرد وصول أشعة الليزر إليها .

وحيث إن الحفر والمسطحات فوق سطح القرص البصري تعكس أشعة الليزر بشكل مختلف فعند وصولها إلى الوحدة الإلكترونية بجهاز الفيديو تقوم هي أيضاً بإصدار نبضات كهربية مختلفة تماماً مثل أشعة الليزر التي انعكست إليها ثم يحول جهاز الفيديو هذه النبضات الكهربائية إلى صوت وصورة أي فيلم فيديو .

ويُعد هذا التطبيق أسرع استخدامات الليزر تطوراً باستخدام اسطوانات للتسجيلات الصوتية أو المرئية واستخدام أجهزة تشغيل الاسطوانات أي الجرامافون الضوئية التي يمكنها استعادة التسجيل من على الاسطوانة بواسطة شعاع ليزر بدلاً من الإبرة التقليدية بما تسببه من مشكلات نتيجة تآكل سطح الاسطوانة







وأكثر أنواع الليزر شيوعاً لهذا الغرض هو ليزر الدايدود والذي حل محل ليزر الهليوم - نيون المستخدم في بعض الأنواع القديمة من أجهزة الاسطوانات الضوئية .

ويستخدم القرص البصري وسيطاً لتخزين المعلومات في الكمبيوتر وتتم الكتابة على القرص بواسطة شعاع ليزر يؤدي إلى تكوين حفر دقيقة على القرص ومعظم الأقراص البصرية المتوافرة في الأسواق يمكن الكتابة عليها مرة واحدة ثم يمكن بعد ذلك قراءة ما تمت كتابته عدة مرات ويطلق على الأنظمة التي يمكنها عمل ذلك " اكتب مرة واقرأ مرات" Write Once Read Many WORM :

وأشكال الأقراص البصرية المختلفة هي:

1 القرص المدمج للقراءة فقط CD ROM: Compact Disc Read Only Memory ويغطي البيانات الرقمية .

2 قرص للكتابة مرة واحدة وقراءة متعددة WORM: Write Once Read Many ويغطي البيانات الرقمية وصور الخرائط .

3 قرص مدمج تفاعلي CD-I : Compact Disc Interactive : ويغطي البيانات الرقمية والصور والرسوم الورقية .

4 قرص مدمج للفيديو CD-V: Compact Disc-Video .

5 قرص مدمج تفاعلي للفيديو CD-IV: Compact Disc-Interactive Video وهو خليط من النوعين السابقين ويغطي البيانات الرقمية والصور والحركة الكاملة .

6 القرص المدمج المصور Compact Disc Xerographic وهو هجين بين الفيديو والقرص المدمج ويغطي البيانات الرقمية وغير الرقمية .

7 قرص مدمج رقمي مرني Compact Disc -Digital Audio ويغطي الصور والإيضاحات المرئية

8 قرص مدمج ومبرمج قراءة فقط CD-PROM: Compact Disc- Programmable Read Only Memory ويستخدم كوسيلة تخزين كبيرة .

9 قرص مدمج قابل للمحو Erasable CD-ROM وهو يحوي كمّاً كبيراً من البيانات ويعني عن منات من الأقراص الصلبة .

10 القرص المدمج ذو الوجهين DATA-ROM أحدهما قابل للمسح والآخر للقراءة فقط .

#### رابعاً: الطباعة الليزرية

الكثير من الناسخات تستخدم أشعة الليزر التي يتحكم فيها الكمبيوتر لخلق أشكال على اسطوانة حساسة للضوء تتحول بدورها إلى كلمات مطبوعة على الورق وبالإضافة إلى السرعة الفائقة يوفر الليزر أيضاً وضوحاً أفضل للنسخ وجودة النوعية هي السبب في تحول وكالات الأنباء والمجلات إلى نسخ صورها بالليزر وأحياناً تطبع الصحيفة أو المجلة لتوزع على القراء في عدة دول متباعدة في الوقت نفسه ويتم ذلك باستخدام تقنيات الليزر والكمبيوتر وفي هذه الحالة تقوم أجهزة المسح التي تعمل بأشعة الليزر بتحويل الكلمات والصور إلى بيانات كمبيوترية يمكن إرسالها من خلال الأقمار الصناعية إلى آلات طباعة في هذه الدول المتباعدة خلال ثوان معدودة .



وفي الكثير من المكاتب الآن طابعات بالليزر تأخذ إنتاج أجهزة الكمبيوتر الشخصي وتعطي نسخاً مطبوعة نوعية لم تكن ممكنة من قبل إلا بمعدات الطباعة المحترفة فقط .

والفارق الوحيد بين ناسخة الليزر وطابعة الكمبيوتر العاملة بالليزر هو أن الأخيرة تستخدم الضوء للطباعة المباشرة على الورق بدلاً من نقلها على اسطوانة تنقلها بدورها إلى الورق .  
وأكثر النظم الليزرية المستخدمة في الطباعة هي ليزر الهليوم - النيون وليزر الهليوم - كادميوم والعقبة الرئيسية أمام تطوير هذه النظم زيادة فاعلية لمبات الليزر المستخدمة إذ أنها قصيرة العمر نسبياً أو تحتاج لتغيير كل حوالي 5000 ساعة تشغيل .

### خامساً: فن التصوير المجسم الليزري (الهولوجرافي)

في محاولة من العالم الإنجليزي دنيس جابور Dennis Gabor لتحسين قوة التكبير في الميكروسكوب الإلكتروني وتقليل الصورة المكونة فيه توصل هذا العالم إلى ما يسمى الآن "الهولوجرافي" Holography وتعني "فن التصوير المجسم" وفي هذه التكنولوجيا يستخدم الليزر لخلق أشكال ثلاثية الأبعاد تجعل الصور كالمناظر الطبيعية .

ولتوضيح الفرق بين الصورة العادية والصورة ثلاثية الأبعاد تخيل أن آلة تصوير عادية التقطت صورة لرجل يقف أمام سيارة فإذا نظرت إلى هذه الصورة وحركت رأسك من جهة لأخرى سيظهر الرجل دائماً وهو يحجب نفس الجزء من السيارة أما إذا أخذت صورة هولوجرافية للمنظر نفسه فلو حركت رأسك من جهة لأخرى لاتضح لك أن الرجل يتحرك بالنسبة إلى السيارة ومن كل زاوية يبدو أن المشهد مختلف .

والهولوجرام hologram ببساطة عبارة عن عملية تحويل صورة الجسم المطلوب تسجيل صورته إلى معلومات مشفرة على لوح حساس بحيث لا تظهر الصورة بالعين المجردة إطلاقاً ولكن يمكن استرجاع الصورة ورؤيتها مجسمة إذا تم تعريض الفيلم لضوء أشعة الليزر .

وللحصول على الهولوجرام يتم إسقاط شعاع الليزر على عدسة مفرقة لتغطية مساحة كبيرة ثم يسقط شعاع الليزر على مجزئ للشعاع splitter للحصول على شعاعين أحدهما يستعمل لإضاءة الجسم ويسمى "شعاع الجسم" Objective beam والآخر يسقط مباشرة على اللوح الحساس أو الفيلم ويسمى "الشعاع المرجع" Reference Beam وعند سطح اللوح الحساس أو الفيلم يلتقي كلا الشعاعين مرة أخرى ويتداخلان معاً ليكونا حلقات التداخل ويتم تسجيل ناتج التداخل على الطبقة الحساسة إذ تحتوي هذب التداخل المتكونة على الفيلم على كل المعلومات الخاصة بالجسم المراد تصويره وبعد عملية التحميص والتثبيت التي تجري للفيلم نحصل على الهولوجرام وما هو إلا لوح زجاجي شفاف أو فيلم شفاف مغطى بطبقة شبه شفافة أيضاً .

وإذا نظرنا إلى الهولوجرام فلن يمكننا رؤية الجسم نفسه ولكننا سوف نرى مجموعة من الخطوط والحلقات المضنية والمظلمة مرتبة عشوائياً فالصورة في الواقع يتم إخفاؤها أو بمعنى آخر يمكن تشفيرها .

ومن الضروري أن يكون الشعاع المستخدم في استخلاص الصورة يطابق تماماً شعاع المرجع المستخدم في تصوير الجسم .

دخل الهولوجرام الحياة اليومية في عدد من التطبيقات فالكثير من آلات الفحص التي تقرأ الشفرة الخطية المطبوعة على علب الأغذية في السوبر ماركت تستخدم الليزر وإذا كان العميل يدفع ثمن مشترياته ببطاقة ائتمان فالأغلب أن بطاقته تحتوي على هولوجرام مطبوع على صفحتها احتياطاً من التزوير فيمكن للمزور أن يصنع بطاقة ائتمان بسرعة مذهلة ولكنه يلاقي صعوبة كبيرة في إنتاج هولوجرام منمنم .

كما يستخدم الهولوجرام في الصناعة أيضاً لإجراء اختبارات مفصلة على كل شيء بدءاً من قطع غيار الآلات إلى مكبرات الصوت والخطوة الأولى هي عمل هولوجرام لقطعة الغيار المراد اختبارها وحينما يركب الهولوجرام على قطعة الغيار الفعلية فإن التغييرات التي تحدث تحت ظروف الحرارة والجهد والإدارة العادية تظهر بأدق تفاصيلها .





والتصميم بالهولوجرام سوف يستغني عن الأسلوب الحالي لعمل نماذج لكل سيارة جديدة والذي يستغرق الكثير من الوقت وسوف يضع السيارات الجديدة في مرحلة الإنتاج في وقت أسرع؛ لأن المعلومات المخزنة في الكمبيوتر يمكن استخدامها لإعداد عملية الإنتاج بالكمبيوتر .

### سادساً: فحص السطوح بالليزر

بدأ العلماء في عام 1980م في البحث عن طريقة أفضل لفحص بعض السطوح الدقيقة مثل شريط الفيديو أو شذرة الحاسب chip حيث إن أداءها يكون هزيباً إذا كانت غير ملساء أو أشكالها غير مناسبة ويقتضي صقل سطوح أشياء كهذه صقلاً متقناً استخدام أساليب دقيقة لقياس بنية نسيجها وبدا أن قياس التداخل الضوئي الذي يعتمد على طبيعة الضوء الموجية هو الأفضل فالتداخل يتيح تحليلاً مثالياً ولا يتضمن تماساً مع السطح الذي يراد دراسته فلا يتلفه ويمكن للتداخل - من حيث المبدأ - أن يحل تضاريس السطح التي تبلغ ارتفاعاتها بضعة أنجسترومات .

والمبدأ الأساسي في التداخل هو أنه عندما تلتقي موجتان ضوئيتان فإنهما تتداخلان فإذا انطبقت ذروة إحداهما مع قاع الأخرى كان التداخل هداماً أما إذا تطابقت ذروة الموجتين فإن الموجتين تقوي إحداهما الأخرى وقد طور الفيزيائي الأمريكي "ميكلسون" تقنيات استخدمت ظاهرة التداخل للقيام بقياسات غاية في الدقة ويعرف الجهاز الذي صممه باسم "مقياس ميكلسون التداخلي" وفي هذا الجهاز تسقط حزمة ليزر على مرآة نصف عاكسة تجزئ الحزمة إلى حزمتين في مسارين متعامدين فتنعكس إحدى الحزمتين عن العينة المطلوب قياس سطحها وتنعكس الأخرى عن المرآة المرجعية وحين تلتقي الموجتان بعد انعكاسهما تتولد من تداخلهما موجة تكون شدة ضونها عظيمة إذا كانت الموجتان متفتحتين في الطور phase وتكون شدتها صفراء إذا كانت الموجتان متعاكستان في الطور وتغير تنوعات سطح العينة وأغواره يغير طول المسار الذي تقطعه الحزمة الأولى فتتغير بذلك العلاقة المكانية بين الحزمتين وشكل الأهداب التي تظهر تضاريس سطح العينة .

وتقوم شركات صناعات الطيران باستخدام تقنية ليزرية متقدمة لفحص الأجزاء المصنوعة من مواد مركبة في الطائرات مثل الجرافيت والأيبوكسي المستخدمة في محركات الطائرات الحديثة والتي يستغرق فحصها بالطرق التقليدية وقتاً طويلاً وكلفة باهظة والتقنية الجديدة تختصر زمن الفحص بنسبة 90% مما يختصر وقت التصنيع عدة أسابيع كما أن دقة النظام المتناهية ترفع من مستوى التصنيع .

### سابعاً: فحص ولحام وقطع المواد بالليزر

ويستخدم لهذا الغرض ليزر ثاني أكسيد الكربون أو ليزر الياج علي نطاق واسع في صناعات الإلكترونيات والحواسيب والسيارات وهياكل الطائرات وأكثر الاستخدامات شيوعاً لحام المعادن ويمكن باستخدام عدسات ضوئية تركيز طاقة أشعة الليزر في نقطة البؤرة Focus على مساحة ضيقة جداً فترتفع درجة حرارتها أكثر من مائة ألف درجة مئوية فتتبخر المادة وهذا يؤدي إلى قطع ولحام وحفر الأجسام المعدنية المختلفة كأجزاء السيارات والطائرات والمواد الزجاجية والبلاستيك والخزف وفي هذه الحالات لا تجد الحرارة وقتاً كافياً لتسري داخل المادة فتسبب التشققات أو تتلفها ويستخدم في هذه الأغراض الليزر النبضي الذي يوفر حزمة ذات طاقة عالية من أشعة الليزر.

وتستخدم أشعة الليزر في تنقيب المواد مهما كانت درجة صلابتها مثل الماس ويساعد ذلك في استخدامها في صناعة الساعات .

كما يمكن استخدام أشعة الليزر في الطلاء بالمعادن الثمينة إذ يتم تسخين سطح المعدن رخيص الثمن حتى يمكن وضع المعادن الأخرى الثمينة كالفضة والكروم فوقه .







### آلة القطع بالليزر Laser cutting

آلة القطع بالليزر هي تكنولوجيا تستخدم الليزر لقطع المواد، وعادة ما تستخدم في التطبيقات الصناعية، ولكنه بدأ استخدامها أيضاً من قبل الشركات الصغيرة فالقطع بالليزر عن طريق الآلة يتم باستخدام الكمبيوتر لتوجيه أشعة الليزر عالية الطاقة إلى المادة التي يراد قطعها، المواد إما أن تنوب، أو تحرق، أو تتبخر على شكل غاز، تاركة الحواف المقطوعة على درجة عالية من الدقة، حيث تستخدم قواطع الليزر الصناعية لقطع مواد مستوية أو اسطوانية.

### ثامناً: الليزر في أعمال المساحة والخرائط

تستخدم أجهزة الليزر في القياس الدقيق للمسافات والزوايا بما يمكن من تحديد الهيئات الأرضية ورسم التضاريس عن طريق تركيب جهاز رادار ليدار في طائرة لرصد المرتفعات والوديان بدقة عالية .

وتستخدم أشعة الليزر في تحديد استقامة المستويات بدقة إذ يتم التأكد من استقامة المباني العالية وتحديد أماكن مد خطوط أنابيب الغاز والبتروك والماء والصرف الصحي وكوابل الاتصالات لمسافات بعيدة وفي بناء الجسور وحفر الأنفاق كما تستخدم أشعة الليزر في قياس أعماق البحار والمحيطات ورسم خرائط للقطاع حيث إن هذا النوع من الأشعة يمكنه اختراق الماء إلى عمق عدة مئات من الأمتار .

وتستخدم أجهزة الليزر في قياس التحركات - الصغيرة جداً - التي تحدث في القشرة الأرضية أثناء الزلازل أو عندما تجرى تجارب نووية تحت الأرض وفي عام 1976 م أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية "ناسا" NASA القمر الصناعي "لاجيوس" الذي يستخدم عدسات تعكس أشعة الليزر بحيث يمكن استخدامها في دراسة تحركات القشرة الأرضية التي تحدث عادة قبل وقوع الزلازل أو الانفجارات البركانية وأيضاً في دراسة ظاهرة تحرك القارات ببطء شديد بما يعادل عدة سنتيمترات سنوياً .

### تاسعاً: الليزر في مجال البيئة

يستخدم التحليل الطيفي بواسطة أشعة الليزر لمراقبة تلوث الهواء والماء وفي فحص تصريف المواد الكيماوية من المصانع وكذلك لقياس مستوى الغازات والجسيمات الدقيقة في عوادم السيارات ومداخن المصانع والتي تؤدي إلى تلوث البيئة ومن أخطر هذه الجسيمات الزنك والخاصين والكاميوم والرصاص ومن الغازات الخطرة أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وتستخدم بعض أجهزة الوقاية من الحريق التحليل الطيفي بواسطة أشعة الليزر لمراقبة مستويات الأبخرة القابلة للاشتعال .

وقد قامت مجموعة من الشركات الأوروبية بتطوير نظام ليزري لرسم خريطة عن توزيع الأوزون في طبقات الجو العليا وقياس نسبة كل من ثاني أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين وغاز كلوريد الهيدروجين المنبعثة من أماكن جمع القمامة .

### عاشراً: الليزر في مجال الفضاء

في عمليات استعادة الأقمار الصناعية التالفة بواسطة مكوك الفضاء تستخدم منصات عاكسة فوق هذه الأقمار لتعكس أشعة الليزر إلى جهاز الكمبيوتر الموجود في المكوك ليتمكن من تحديد قياسات دقيقة لموقع القمر المطلوب استعادته ومن ثم يتم توجيه المكوك في الاتجاه الصحيح ليمد ذراعاً آلياً ويجذب القمر إلى داخل المكوك .

ويستخدم رادار الليزر لكشف وقوع ظاهرة "قص الرياح" Wind Shear ذات الأثر الخطير على الملاحة الجوية لأخذ الحيطة في حالة حدوثه فوق موقع إطلاق مكوك الفضاء وخاصة منطقة المكوك وما يجاورها في الغلاف الجوي خاصة في الطبقات العليا منه وتأجيل الإطلاق حتى زوال هذه الظروف وهذا الجهاز عبارة عن جهاز رادار يعمل بأشعة الليزر من أشباه الموصلات .





وفي الفضاء تتم بعض التفاعلات الكيماوية بمساعدة أشعة الليزر في مركبات الفضاء بطرق مغايرة تماماً للطرق التي تتم بها على سطح الأرض فقد أثبتت البحوث التي تمت في الفضاء إمكانية تحديد لحظة التفاعل الكيماوي بين المواد باستخدام شعاع الليزر وكاميرا من نوع فريد إذ تم تصوير لحظة ميلاد الجزيئات ولحظة التحامها بغيرها في مدة زمنية لا تتعدى جزءاً من مليون من البليون من الثانية الواحدة وتمهد هذه النتائج لمعرفة الخلل في تتابع الأحماض الأمينية الذي ينتج عنه الأمراض الخلقية والوراثية ومن ثم التدخل لعلاجها

ونظراً لأن أشعة الليزر تستطيع أن تكثف طاقة عظيمة تسافر إلى مسافات كبيرة فقد قام الأمريكيون في عام 1969م في إطار برنامج "أبوللو" بتجربة لقياس بعد القمر عن الأرض وفي هذه التجربة وجهت أشعة الليزر من الأرض لقياس بعد القمر بدقة بالغة على مدى استمر عشر سنوات وكان الجهاز مكوناً من صندوق عليه مصفوفات تتكون من 100 مرآة صغيرة قطر كل منها 5 سم ووضع الجهاز بزاوية ميل محددة فوق القمر لتنعكس على مرآياه أشعة الليزر مرتدة إلى الأرض لتسجل بعده عن الأرض بدرجة دقة لا تتجاوز 15 سم بينما متوسط بعده عنا يبلغ 383,000 كم وقد ظل الجهاز على سطح القمر طوال هذه السنوات ليحسم خلافاً علمياً عن نظرية تمدد الكون أو اتساعه إذ تفترض هذه النظرية ابتعاد القمر عن الأرض بمقدار 3 سم كل سنة .

### الحادي عشر: قياس سرعة الريح بالليزر

تستخدم الطائرات المدنية نظاماً لقياس سرعة الريح باستخدام أشعة الليزر أطلق عليه اسم ALEV-3 أنتجته شركة Sextant Avionique وكان النموذج الأصلي لهذا النظام قد تم تصنيعه أصلاً لمعايرة أنظمة البيانات الجوية أثناء اختبارات الطائرات الجديدة ويعمل الجهاز استناداً على مبدأ العالم "دوبلر" Doppler الذي اكتشف ظاهرة اختلاف تردد الذبذبات الصادرة أو المنعكسة حسب السرعة النسبية للمصدر الناشئة عنه وبين جهاز القياس ويقوم هذا الجهاز بإصدار حزمة من ضوء الليزر ثم يقوم النظام الكهرو بصري باستقبال الأشعة المنعكسة التي تبعثرها ذرات الجو وتقوم دوائر إلكترونية باستخراج الفرق بين تردد الشعاع المنبعث وتردد الأشعة المنعكسة والمتناسب مع سرعة الطائرة بالنسبة إلى سرعة الهواء المحيط الذي تمر فيه هذه اللحظة .





## الفصل السادس – تطور تقنيات وتطبيقات الليزر

أن الاستخدامات الصناعية لليزر في توسع دائم نتيجة رخصها ودقتها ومرونة استخدامها والأهم من هذا إمكانية التحكم فيها باستخدام وسائل التحكم الإلكترونية الآلية ويتجه التطور العام نحو زيادة قدرة الليزر وفي الوقت نفسه تقليل الحجم والوزن مما يسمح بالاستخدام الأفضل .

بالنسبة لليزر الدايدود فإن الخرج الذي أمكن التوصل إليه سابقاً في المعامل هو 26 وات بينما لم تحقق الصناعة أكثر من 100 ميلي وات والتطوير جاري .

أهم مشكلات استخدامات الليزر وأخطرها هو العمر الافتراضي للمعدات وفعاليتها فالمعروف أن عمر تشغيل عناصر توليد الليزر سواء كانت غازية أو صلبة لا تزيد على 5000 ساعة والمطلوب زيادة هذا العمر إلى 10000 ساعة على الأقل وكذلك نوعيات المرايا المستخدمة في أجهزة الليزر وبالذات الأنواع عالية القدرة ومدى قدرة هذه المرايا على تحمل نبضات الليزر القوية .

وتتجه الصناعة إلى إدماج وحدات الليزر الصناعية مع "الروبوت" Robot لاستخدامها في خطوط إنتاج العديد من المنتجات بحيث يمكن تحريك مصدر شعاع الليزر والتحكم فيه من على بعد .

ولا يقتصر الاستخدام الصناعي على الصناعات الثقيلة فقط ولكن يشمل أيضاً الصناعات الإلكترونية وعلى الأخص منها الصناعات التكنولوجية المتقدمة كإنتاج أشباه الموصلات والدوائر المتكاملة **Integrated IC Circuits** وغيرها ويعول هنا على التقدم في نظم الليزر التي تعمل في نطاق الأشعة فوق البنفسجية .

التطورات في مجال الليزر يمكن تلخيصها فيما يلي:

- 1 أمكن لأول مرة تشغيل ليزر يعطي خرج "أشعة أكس" ذو طول موجي يصل إلى 200 أنجستروم وهذا حدث له دلالة على طريق استخدام أشعة الليزر في أسلحة الفضاء .
- 2 إنتاج مرسل ليزر على نمط هوائيات "المصفوفة المتراسة" **phased array** مما يسمح لأول مرة بتشكيل شعاع ليزر والتحكم فيه إلكترونياً وزيادة قدرة الخرج .
- 3 إنتاج أول ليزر متغير التردد يعمل تحت الظروف الجوية العادية وبدون تبريد .
- 4 وصل المشروع القومي الياباني لإنتاج ليزر ثاني أكسيد الكربون الذي تبلغ قدرته 20 كيلوات إلى مرحلته النهائية وقد استغرقت البحوث والتطوير مدة 8 أعوام كاملة .
- 5 إنتاج أنواع جديدة من الليزر تعمل بترددات لم يسبق استخدامها من قبل .





## ملخص لأهم التطورات المستقبلية في مجال الليزر (التقنيات والتطبيقات)

### أولاً: في مجال البحوث العلمية

وفي مجال البحوث العلمية والأكاديمية سيتجه الطلب نحو نظم الليزر ذات النبضات القصيرة جداً وكذا النظم التي يمكن توليفها في نطاق ترددي عريض بحيث يمكن استخدامها في مجال بحوث الكيمياء الحيوية والهندسة الوراثية. وقد أمكن الحصول على نبضات ليزرية قصيرة جداً وأهمية هذا التطوير تكمن في قياس بعض الظواهر الطبيعية السريعة أو قياس ورصد بعض العمليات الكيماوية التي تحدث داخل الخلية البشرية .

### ثانياً: في مجال الكمبيوتر

وقمة التزاوج بين الليزر والكمبيوتر سيكون كمبيوتر بصري يستخدم أشعة الليزر لتخزين المعلومات ومعالجتها ومثل هذا الكمبيوتر سيكون أسرع ألف مرة من أجهزة الكمبيوتر العادية التي بدأت تواجه القيود التي فرضتها عليها سرعة تحرك الإلكترونات خلال الدوائر ذات الأساس السيليكوني ويعمل العلماء في الولايات المتحدة وأوروبا واليابان على ابتكار نظائر بصرية لكمبيوتر اليوم الإلكتروني .

### ثالثاً: في مجال الطب

وفي مجال الطب استقرت أساليب جراحة الانفصال الشبكي باستخدام ليزر "اللياج" ولكن استخدام الليزر في أغراض طبية أخرى ما زال رهن التجربة والاختبار ومن ذلك على سبيل المثال استخدام بعض أنواع الليزر في علاج الأورام الخبيثة واستخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون في لحام الأوعية الدموية وتحتاج التطبيقات الطبية إلى تطوير الليزر في اتجاه تقليل حجمها وإمكانية تشغيلها ببطاريات وزيادة فاعلية مكوناتها. ومن الاستخدامات ذات الاهتمام البحثي حالياً استخدام ليزر ثاني الطول الموجي أحدهما يستخدم في الجراحة والثاني يستخدم في إغلاق الشرايين وعلى وجه العموم فما زال تأثير الليزر على الأنسجة البشرية وتفاعلها معاً مادة خصبة للبحث بهدف فتح آفاق جديدة لاستخدام الليزر طبياً .

أما مجالات التطوير المستقبلية فتشمل استخدام ثاني أكسيد الكربون لإذابة الجلطات في الشرايين التاجية وتكسيورها أو لإزالة الرواسب من جدران الأوعية الدموية والتي قد تؤدي إلى الأزمات القلبية وتصلب الشرايين .

وتجرى الآن التجارب الطبية لاستخدام أحدث أنواع الليزر والتي تستخدم الليزر الناتج من بخار الذهب أو النحاس لعلاج بعض أنواع الأورام الخبيثة وقد بلغت طاقة الخرج المستخدمة حوالي 10 وات

### رابعاً: في مجال الاتصالات

في مجال الاتصالات تتركز الأهداف بعيدة المدى للتطوير في زيادة مدى الاتصال وزيادة معدل نقل البيانات باستخدام أنواع جديدة من الألياف البصرية ومرسلات ليزر تعمل في أطوال موجية تسمح بالانتشار في الألياف بدون فاقد يذكر .

وقد تم استخدام ليزر الداويد diode لتغذية "اللياج" بدلاً من مصدر التغذية الضوئي التقليدي وعلى وجه التحديد فقد بدأ الإنتاج الكمي لأشباه موصلات تعطي ليزر ذا طول موجي 1550 ميكرون لأهميته في الاتصالات باستخدام الألياف الضوئية .

وهناك اهتمام كبير باستخدام الليزر في الاتصال بالغواصات إذ ترسل الإشارات والمعلومات بمعدل إرسال سريع عن طريق الأقمار الصناعية أو من خلال منظومة محمولة جواً ويوفر ذلك إمكانية استمرار الغواصات في الأعماق والتحرك بسرعتها العادية وفي الوقت نفسه يمكنها استقبال أوامر القيادة دون الظهور على السطح والتعرض لاحتمال الكشف ومن المعروف أن مياه البحار والمحيطات تسبب اضمحلالاً وفقداناً للأشعة الكهرومغناطيسية يزدادان بازدياد العمق ومع ذلك فإن حيز الأشعة الليزرية يقل داخله هذا الفقد عن أي حيز آخر .





#### خامساً: في مجال الهندسة الوراثية

ويتوقع العلماء أن يكشف المستقبل القريب عن المزيد من التطبيقات المفيدة لتقنية الليزر مثل استخدامها في مجال الهندسة الوراثية إذ تساعد في نقل المادة الوراثية في الخلايا والمعروفة باسم "الحمض النووي" **DNA: Deoxyribonucleic Acid** من خلية إلى أخرى فإذا وجهت أشعة الليزر إلى الخلية المطلوب نقل الـ **DNA** إليها فإنها تفتح ثقباً دقيقاً جداً في الغشاء الخارجي للخلية ويستمر هذا لمدة كافية للسماح للـ **DNA** الجديدة بالدخول إلى الخلية ويمكن استخدام هذه التقنية في التعرف على الجينات التي تسبب السرطان وفي تطوير الأدوية .

#### سادساً: الليزر الشمسي

الليزر الشمسي هو أحد التطبيقات المستقبلية للاستفادة من شدة الضوء العالية في توليد الليزر وفي هذه الحالة يدخل الضوء الشمسي من أحد طرفي بلورة الليزر فيحث الذرات فيها على إصدار ضوء ذي ترددات معينة وينتقل هذا الضوء ذهاباً وإياباً بين مرأتين موضوعتين خارج البلورة وينفذ بعض الطاقة الضوئية عبر إحدى المرأتين مولداً حزمة الليزر التي تنطلق إلى خارج الجهاز .

#### سابعاً: الليزر عالي القدرة

مع الحاجة إلى قدرات أعلى فقد بدأت نظم الليزر التي تعمل بأسلوب المصفوفات المتراسة **phased arrays** في الظهور وهي تعطي قدرة خرج حوالي **02** وات بدون الحاجة إلى تبريد النظام وقد وصلت فاعلية هذه النظم إلى معدل أعطال مرة كل **50000** ساعة تشغيل أما ليزر الياج فقد ظهرت منه أنواع جديدة ذات طاقة خرج أكبر وتردد نبضي يصل إلى **20** نبضة/ ثانية وهو من أعلى المعدلات المعروفة حالياً .

ويستخدم ثاني أكسيد الكربون في تغذية بعض الأنواع الأخرى من الليزر القادر على إنتاج طول موجي **122** مم أي في نطاق موجات الميكروويف **microwaves** وحيث إن الموجات الميللمترية قيد البحث حالياً لاستخدامها في التوجيه الراداري الإيجابي للقذائف فإن هذا الكشف قد يكون فتحاً لآفاق جديدة في هذا المجال

وتم إنتاج البصريات التوافقية **Adaptive optics** وهي المرايا التي يمكن تشكيل سطحها حسب حالة الجو مما يسمح بانتشار شعاع الليزر الصادر منها بدون تشوه وبالتالي يمكن تركيزه على الأهداف بكفاءة أعلى .

#### ثامناً: إنتاج مصادر ليزر تعمل بالبحث الإشعاعي من الثنائيات المشعة

يتمثل هذا الاتجاه في استبدال اللمبات الوامضة **Flash Lamps** التي تستخدم الأشعة الصادرة منها في إنتاج أشعة الليزر بمصادر أشعة بديلة وهي الثنائيات **Diodes** المشعة؛ لأن استخدام اللمبات الوامضة في مصادر الليزر يحد من كفاءتها وعمرها الافتراضي نظراً لكبير حجمها وقلّة كفاءتها أما الثنائيات المشعة فتوفر كفاءة تشغيل لليزر تعادل عشرة مرات تلك التي يوفرها استخدام اللمبات إضافة إلى خفض وزن مصدر الطاقة ونظام التبريد بدرجة كبيرة .

#### تاسعاً: إنتاج أشعة ليزر غير ضارة بالعين

أهم ما يحد من استخدامات أجهزة قياس المسافة بالليزر أنها تضر بالعين ما لم تكن هناك مسافة أمان كافية وهو ما يمثل عائقاً في استخدامها في التدريب ولذلك تتجه البحوث نحو إنتاج أشعة ليزر غير ضارة بالعين

#### عاشرأً: وسائل وقاية متطورة

هناك العديد من البحوث لتطوير وسائل تحقق حماية كافية للأفراد من أخطار أشعة الليزر وأحد الاحتمالات المستقبلية هو استخدام المواد المصنوعة من البوليمرات **Polymers** البصرية التي يمكنها تغيير خصائصها البصرية عند تعرضها للضوء الشديد وتصبح معتمة تقريباً عند تعرضها لشعاع الليزر ثم تعود لحالتها الشفافة السابقة وهكذا فإن هذه المواد يمكنها حجب أشعة الليزر ولكنها في الوقت نفسه تسمح للضوء العادي بالمرور من دون تغيير .





### الحادي عشر: توليد الطاقة النووية

هناك نوع من التفاعلات النووية يعطي قدراً هائلاً من الطاقة عند حدوثه وهو الاندماج النووي Fusion ويتم ذلك باندماج بعض الذرات الخفيفة معاً لتكوين ذرات أثقل منها والمصدر الرئيسي لهذه الطاقة هو غاز الهيدروجين ويمكن تصور مقدار الطاقة الهائلة التي تنتج من اندماج الذرات إذا عرفنا أن حرارة الشمس الهائلة تنتج من اندماج ذرات الهيدروجين في مركزها .

وهناك بحوث لتحقيق الاندماج النووي بواسطة أشعة الليزر وقد استخدم الباحثون عشرين مصدراً من مصادر الليزر لتركيز نحو 26 مليون وات على قرص صغير من الزجاج قطره نصف ملليمتر ويحتوي على خليط من نظائر الهيدروجين وذلك لمدة قدرت بجزء من عشرة ملايين جزء من الثانية .







## REFERENCES

\*Bachmann, A., Beard, VL. and McCarty, PL. Performance Characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor.

\*BIOMA Biogas Technologies, Facilities and Hygiene, Biogas Institute of Ministry of Agriculture, China.

\*Akuffo F.O., Jackson E.A., Ankudey E.A., and Nkrumah Energy Sector Technology Catalogue: Strategic National Energy Plan .

\*Dr.-Ing. Rico Kanefke Plantmanager Waste incineration Currenta GmbH & und Co. OHG Chempark, Gebäude 4101 51368 Leverkusen, Deutschland .

\*Asare G.EDompoase landfill site to last longer, Daily Graphic, 8 June.

\*Awuah E. Environmental and Sanitation Studies for the Tropics, 3rd revised edition.

\*Brew-Hammond A., and Bensah C. E, Biogas Effluent and Food Production in Ghana, Faculty of Mechanical and Agricultural Engineering, KNUST, Kumasi, Ghana p.2.

\*Environmental Protection Agency, Status of Wastewater Treatment Plants in Ghana: A Monitoring Report. EPA, Accra, Ghana, pp. 3.

\*Elmitwalli T.A., Sayed S., Groendijk L., Van Ier J., Zeeman G., Lettinga G., Decentralised treatment of concentrated sewage at low temperature in a two-step anaerobic system: two upflow-hybrid septic tanks, Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion (in Mexico) .

\*FAO, Gurung, B report on Updated Guidebook on Biogas Development - Energy Resources Development Serie (1984). United Nations. New York.

\*Guozhong S. Design and Construction of Rural Household Hydraulic Biogas Digester, BIOMA, China.

\*Otu-Danquah K Renewable Energy Policy for Climate change Mitigation in Ghana, REEEP, Vienna, pp. 34-38.





\*Ridderstolpe, Introduction to Greywater management, Stockholm Environment Institute, Stockholm, pp. 5-88.

\*Sabry, T. Evaluation of decentralized treatment of sewage employing Upflow Septic Tank/Baffled Reactor (USBR) in developing countries, Ain Shams University, Department of Public Works Engineering, Abbasia, Cairo, Egypt, pp. 2.

\*Sasse, L., Decentralised wastewater treatment in developing countries. BORDA, Bremen, 160 pp.

\*Strauss M., Heinss, U., Larmie, S.A. Solids Separation and Pond Systems for the Treatment of Septage and Public Toilet Sludges in Tropical Climate - Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design. EAWAG/SANDEC Report No. 05/98

\*Stensel H. D., Burton F. L., and Tchobanoglous G.. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, McGraw Hill Inc. New York, pp. 22-157.

\*Tare, V. and Nema, A UASB Technology: Expectations and Reality, retrieved 10 July, 2013, Washington DC. US-EPA>

\*von Sperling, M. and Chernicharo, C.A.L., 2005. Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions, IWA Publishing, London.

\*WHO Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture. WHO Press, Geneva, Switzerland>

\*Hans Peter Kiefner Gefahrgutbeauftragter des Universitätsklinikum Duesseldorf Dezernat Technik Umweltschutz und Arbeitssicherheit

\*<http://www.uniklinik-duesseldorf.de>

\*[www.currenta.de](http://www.currenta.de)

\*[www.bmu.de](http://www.bmu.de) (Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety)

\*Pruss A. Giroult, E, and Rushbrook, Safe management of wastes from health – care activities. Health impacts of health –care waste-world health organization. Geneva.

\*<http://www.uniklinik-duessel.de>





\*Smedley J. et al. Management of sharps injuries and contamination incidents in health care workers: an audit in the Wessex and Oxford regions. Occupational Medicine.

\*Wise HJ and McCormick RN. (1999). Re-enforcing hygiene practices of anaesthetists. Anaesthesia

\*Shen C. et al. Risk of needle stick and sharp object injuries among medical students. American Journal of Infection Control.

\*Lee CH. Occupational exposures to blood among emergency medicine residents. Academic Emergency Medicine.

\*Cassina PC et al. The real incidence of percutaneous injuries in the operating room - a prospective study. Swiss Surgery.

\*Stotka JL. et al. An analysis of blood and body fluid exposures sustained by house officers, medical students, and nursing personnel on acute-care general medical wards: a prospective study. Infection Control and Hospital Epidemiology.

\*Libyan club [www.Libyanmedicalwaste.com](http://www.Libyanmedicalwaste.com)

\*Knight VM and Bodsworth NJ Perceptions and practice of universal blood and body fluid precautions by registered nurses at a major Sydney teaching hospital. Journal of Advanced Nursing.

\* Memish ZA. et al. Epidemiology of needlestick and sharps injuries in a tertiary care center in Saudi Arabia. American Journal of Infection Control.

\*Abu-Gad HA and Al-Turki KA. (2001). Some epidemiological aspects of needle stick injuries among the hospital health care workers: Eastern province, Saudi Arabia. European Journal of Epidemiology.

\*Al-Turki KA and Abu-Gad HA. Frequency of and prevention measures for needle-stick injuries among hospital healthcare workers in Saudi Arabia. Journal for Healthcare Quality.

\*Varma M and G Mehta. Needle stickt injuries among medical students. Journal of the Indian Medical Association.







\*Shiao J. et al. Estimation of the risk of pathogens to health care Workers after a needlestick injury in Taiwan. American Journal of Infection Control.

\*Newsom DH and Kiwanuka JP. Needle-stick injuries in an Ugandan teaching hospital. Annals of Tropical Medicine & Parasitology.

\*[www.alsabaah.com/peper.php?source=akbar&mlf=interpage&sid=2809](http://www.alsabaah.com/peper.php?source=akbar&mlf=interpage&sid=2809)

\*<http://www.uniklinik-duessel.de>

\*Hans Peter Kiefler Gefahrgutbeauftragter des Universitätsklinikum Duesseldorf Dezernat Technik Umweltschutz und Arbeitssicherheit (<http://www.uniklinik-duessel.de>)

\*Harindra Corea, E.J Appropriate Disposal of Sewage in Urban and Suburban Sri Lanka. PhD Thesis, The University of Leeds, Leeds.

\*Heinz P Biogas sanitation for black water or brown water, or excreta treatment and reuse in developing countries, GTZ GmbH, ECOSAN, p. 8.

These materials may contain links for third party websites . We have no control over, and are not responsible for, the contents of such third party websites.

We have tried to trace and contact copyright holders before publication, in some cases this has not been possible. If contacted we will be pleased to rectify any errors or omissions at the earliest convenience.

شكر خاص لجميع المواقع والترجمات العربية ونطلب السماح من كل من لم نذكر اسمه وندعو له ولنا بتمام  
الاجر والثواب فالأجر حاصل ان شاء الله تعالى.

والسلام عليكم ورحمة الله تعالى وبركاته



# Pollution control across bio/plasma reactors

الرأى قبل شجاعة الشجعان  
هو اول وهى المحل الثانى  
وماكل وجه ابيض بمبارك  
ولا كل جفن ضيق بـنجيب  
ان السلام جميع الناس تحمله  
وليس كل ذوات المظب السبع  
اذا رأيت نيوب الليث بارزة  
فلا تظن ان الليث يتسـم  
اذا غامرت فى شرف مروم  
فلا تقنع بما دون النجوم .

**المشاريع التالية مملوكة فكرياً  
للمنظمة الثقافية الليبية  
للمدارس والجامعات الدولية**

**المشروع الفضائي الخاص  
الموسوعة الالكترونية الليبية  
الرقم الليبي الموحد للكتاب الالكتروني  
المجلة الالكترونية العلمية الليبية  
المدارس الالكترونية للتعليم الدولي  
الجامعة الالكترونية للدراسات العليا  
مشروع انتاج الكتب المنهجية الالكترونية  
شهادة المدرس الدولي  
منظومة قياس مستوى الاداء المدرسي والجامعي**

هذا الكتاب من منتجات

الجامعة الالكترونية للدراسات العليا  
طرابلس - ليبيا

## هذا الكتاب يحتوي على :

**اسس المعالجة البيولوجية عبر المفاعلات الحيوية  
فكرة العمل الداخلي للمفاعلات الحيوية  
مراحل المعالجة في محطات معالجة المياه الملوثة  
المفاعلات الحيوية الهوائية والمفاعلات الحيوية اللاهوائية  
دراسات ما قبل تصميم وتنفيذ محطة معالجة المياه الملوثة  
التحكم في تلوث مياه الشرب عبر التقنيات المتطورة  
اسباب تلوث المياه الجوفية  
اسس المعالجة المتقدمة للمياه  
طرق معالجة مياه الشرب بالمحطات  
كيفية تقييم ومعالجة تلوث التربة  
كيفية تقييم ومعالجة التربة الملوثة بالمواد الهيدروكربونية  
كيفية تقييم ومعالجة التربة الزراعية الملوثة  
طرق جمع وتحليل عينات التربة  
مفاعلات البلازما البيئية  
دليل وإستراتيجية تقييم الأثر البيئي لقطاع النفط والغاز  
إرشادات تقييم الأثر البيئي لمشروعات النفط والغاز  
كيفية اعداد تقرير تقييم الأثر البيئي  
طرق التخلص والوقاية من التلوث الهوائي  
المفاعلات البلازمية المستخدمة في التخلص من الغازات السامة  
الطرق التطيلية للخواص الفيزيائية والمكونات الكيميائية  
اساسيات في الكيمياء التطيلية  
التحكم في التلوث الاشعاعي  
برامج الوقاية من التلوث الإشعاعي  
فيزياء البلازما  
التطبيقات الصناعية للبلازما  
المفاعلات البلازمية  
فكرة الليزر وأساسيات فيزيائية حول الذرة  
الاستخدامات العسكرية لليزر**

**التحكم في التلوث عبر المفاعلات الحيوية والبلازمية  
والتقنيات والأساليب المتطورة**