

العدد

15

Fifteenth Edition

Q A M A R  
Astronomical Magazine



قمر يضيء شغف الكون

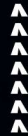
# مجلة

## قمر الفلكية

Qamar Astronomical Magazine

مجلة علمية دورية مستقلة تصدر كل شهرين من السويد  
بالتعاون مع الإتحاد العالمي للمثقفين العرب

عفريت ماكسويل  
الثقوب السوداء  
أسرع من الضوء



نادي الفلك والفضاء  
Astronomy & Space Club  
مسقط - Muscat



ISSN: 2004-8815

# الفهرس



01

كلمة العدد

02

الشهب : رسائل مضيئة من  
بقايا النظام الشمسي

03

ليلٌ ليس كالليل

04

بين نجمة ونجمة حكاية

05

الكواكب الخارجية  
وصلاديتها للحياة

06

كوكبات  
فصل الخريف

07

الأحداث الفلكية

08

دب الماء

09

لماذا لا تنفجر الشمس

10

رحلة إلى المكان الذي  
لا يعود منه الضوء

11

أسرع من الضوء

12

عفريت ماكسويل

13

جار الأرض



جامعة التقنية والعلوم التطبيقية - مسقط

## آفاق نحو الكون

### عن النادي

نادي الفلك والفضاء بجامعة التقنية والعلوم التطبيقية - مسقط هو كيان طلابي علمي يُعنى بنشر الثقافة الفلكية والفضائية، وتعزيز الاهتمام بالعلوم والاستكشاف، وتوفير بيئة تجمع الطلبة والمهتمين بالفلك والفضاء والعلوم ذات الصلة.

يعمل النادي على تقديم المعرفة العلمية بأساليب مبسّطة وتفاعلية تجمع بين الجانب المعرفي والتطبيقي، وتتيح للطلبة فرص التعلم والتجربة والمشاركة في الأنشطة والمبادرات العلمية، بما يسهم في تنمية مهاراتهم وتوسيع آفاقهم العلمية.

### الرؤية

أن يكون نادي الفلك والفضاء منصةً علمية رائدة تُسهم في إلهام الطلبة والمجتمع، ونشر الثقافة الفلكية والفضائية، وتعزيز الشغف بالعلوم والاستكشاف والابتكار، بما يدعم بناء مجتمع واعٍ قائم على المعرفة والتفكير العلمي.

### الرسالة

نشر المعرفة والثقافة في مجالات الفلك والفضاء والعلوم المرتبطة بها، من خلال بيئة علمية تفاعلية تجمع بين التعلم والتجربة والتطبيق، وتدعم الفضول العلمي وروح البحث والاستكشاف، وتسهم في تنمية المهارات والمواهب العلمية لدى الطلبة.

## نائب رئيس التحرير

علي الرصادي

## رئيس التحرير

فيصل القرطوبي

## فريق التحرير

أ. دلال اللالا  
غيداء الخيرية  
أ. عائشة عزازي  
مهند قاسم  
منار المسكرية

د. معتز كردي  
أ. عادل علي السميطي  
خالد المعمري  
فاطمة شمس  
تقى إسلام

صفية عادل

## فريق التدقيق العلمي واللغوي

أ. دلال اللالا  
أ. العنود المطيرية

د. معتز كردي  
أ. محمد كامل

أ. عائشة غنام

## فريق التصميم

فريال عبو

سعد ناجي

## كلمة العدد :

أهلاً بكم في هذا العدد الجديد من مجلة قمر الفلكية .  
يسعدنا أن نأخذكم في رحلة فلكية وعلمية ممتعة،  
نتحدث فيها عن موضوع شيق وهو ليل ليس كالليل ،  
و نغوص في أسرار الثقوب السوداء الغامضة.

كما نتناول موضوع آخر وهو دب الماء يطلق في  
الفضاء... وموضوع مشوق كعفريت ماكسويل  
والمتحرك الأبدي.

ولن تخلو رحلتنا من متابعة أحدث الأحداث الفلكية،  
والتعرف على الكوكبات في السماء، لنعيش معاً بين  
نجمة ونجمة حكاية. وفي ختام العدد، نتساءل عما هو  
أسرع من الضوء، ونستمتع برؤية الشهب، ورسائل  
مضيئة من بقايا النظام الشمسي.  
نتمنى لكم قراءة ممتعة!

علي الرصادي

نائب رئيس التحرير



# الشهب : رسائل مضيئة من بقايا النظام الشمسي

في ليلة صافية بعيدًا عن أضواء المدن، قد يقطع السماء فجأة خط مضيء سريع، يظهر لثوانٍ أو لجزء من الثانية ثم يختفي، اعتاد الناس تسميته «النجم الساقط»، لكنه في الحقيقة ليس نجمًا، بل هو ظاهرة فلكية تسمى الشهاب Meteor، تنشأ عندما تدخل جسيمات صغيرة قادمة من الفضاء الغلاف الجوي للأرض بسرعات كبيرة، فتحتك تلك الجسيمات بالغلاف الجوي، فتسخن فتتوهج وتنطلق منها المواد المتبخرة والغازات.

دلال اللالا - مدربة فلكية  
عضو الاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك

ورغم قصر عمر الشهاب في السماء، فإن دراسته تفتح نافذة مهمة على التاريخ القديم للنظام الشمسي، وعلى المذنبات والكويكبات التي تركت خلفها تيارات من الحطام تعبر الأرض ذلالها عامًا بعد عام.

فمن الضروري علميًا أن نميّز بين ثلاثة مصطلحات كثيرًا ما نستخدمها وكأنها شيء واحد:

**الشهاب:** الظاهرة الضوئية التي نشاهدها عندما يدخل الجسم النيزكي الغلاف الجوي بسرعة عالية ويتعرض لعملية تسخين وتبخّر وتفاعل مع الغلاف الجوي.

**المذنب:** هو جرم صغير من أجرام النظام الشمسي يدور حول الشمس، ويتكون أساسًا من الجليد والغبار والمواد الصخرية والمركبات المتطايرة. ويُنظر إلى المذنبات باعتبارها بقايا قديمة من المراحل المبكرة لتكوّن النظام الشمسي قبل نحو 4.6 مليار سنة.

**النيزك:** الجزء الذي ينجو من المرور عبر الغلاف الجوي ويصل فعليًا إلى سطح الأرض.

وتشير وكالة ناسا إلى أن كثيرًا من الجسيمات المسؤولة عن زخات الشهب تكون صغيرة جدًا، وقد يتراوح حجمها تقريبًا بين حبة الرمل وحبة البازلاء، ومع ذلك تستطيع إنتاج خطوط ضوئية واضحة بسبب السرعات الكبيرة التي تدخل بها الغلاف الجوي.

لا تأتي جميع الشهب من مصدر واحد. فهناك شهب عشوائية يمكن مشاهدتها في ليالٍ مختلفة ولا ترتبط بالضرورة بزخة رئيسية محددة، وهناك زخات شهابية تظهر عندما تعبر الأرض تيارًا من الجسيمات المنتشرة على طول مدار جرم رئيسي يكون غالبًا مذنبًا وأحيانًا كويكبًا.

عندما يقترب المذنب من الشمس، تتسبب الحرارة في نشاطه وإطلاق الغازات والغبار والجسيمات، وتبقى هذه المواد موزعة على امتداد مداره. فإذا تقاطع مدار الأرض مع هذا التيار، تدخل أعداد كبيرة من الجسيمات غلافنا الجوي خلال فترة زمنية محددة، فنشاهد ما يسمى بزخة شهابية.

ومن الأمثلة الشهيرة أن شهب البرشاويات Perseids ترتبط بالمذنب 55P/Tem- بينما ترتبط الأسديات Leonids بالمذنب 109P/Swift-Tuttle، ويرتبط كل من الجباريات Orionids وإيتا الدلويات Eta Aquar- pel-Tuttle بالمذنب الشهير 1P/Halley. أما التوأميات Geminids فهي حالة مميزة، إذ يرتبط تيارها بالجسم 3200 Phaethon ذي الطبيعة الكويكبية. عند مشاهدة زخة شهابية، تبدو مسارات الشهب وكأنها تنطلق من منطقة محددة في السماء تسمى نقطة الإشعاع Radiant.

لكن الشهب لا تنطلق فعليًا من هذه النقطة، فجسيمات التيار تدخل الغلاف الجوي في مسارات شبه متوازية، إلا أن تأثير المنظور يجعلها تبدو للراصد وكأنها تتباعد من نقطة واحدة، بالطريقة نفسها التي تبدو بها قضبان سكة الحديد وكأنها تتلاقى في الأفق.

ولهذا تسمى الزخات عادة نسبة إلى الكوكبة أو المنطقة السماوية التي تقع بالقرب منها نقطة الإشعاع؛ فالبرشاويات تبدو آتية من جهة كوكبة حامل رأس الغول Perseus، والأسديات من جهة الأسد Leo، والجباريات من الجبار Orion.

من أهم المهارات في الرصد الشهابي، أن نميز شهاب الزخة عن الشهاب العشوائي؛ إذا شاهد الراصد شهابًا أثناء إحدى الزخات، يمكنه أن يتخيل امتداد مساره إلى الخلف. فإذا قاد المسار تقريبًا نحو نقطة إشعاع الزخة، فمن المحتمل أنه أحد أفرادها، أما إذا كان اتجاهه لا يتوافق مع نقطة الإشعاع، فقد يكون شهابًا عشوائيًا أو تابعًا لزخة أخرى نشطة في الفترة نفسها.

ومن المهم أيضًا عدم النظر مباشرة إلى نقطة الإشعاع طوال الوقت؛ فالشهب القريبة منها تبدو قصيرة المسار، بينما يمكن رؤية مسارات أطول على مسافة زاوية مناسبة منها.

وتساعد سرعة الشهاب ووسطوعه وظهور أثر مضيء خلفه في وصفه، لكنها لا تكفي وحدها لتحديد الزخة؛ الاتجاه الهندسي لمساره بالنسبة إلى نقطة الإشعاع وتوقيت النشاط هما المفتاح الأساسي للرصد البصري. من أجمل خصائص الشهب تنوع ألوانها، فقد يظهر الشهاب أبيض أو أصفر أو برتقاليًا أو أخضر أو أزرق، وأحيانًا بأكثر من لون خلال مساره.

ينتج الضوء عن ذرات وعناصر مثارة في المادة المتبخرة من الجسيم، إضافة إلى مكونات الغلاف الجوي التي تتأثر بمروره، وقد أظهرت الأطياف الشهابية خطوطًا لعناصر من بينها الحديد والمغنيسيوم والصوديوم والكالسيوم والنيكل، وتذكر ناسا، على سبيل المثال، أن الصوديوم قد يعطي إشعاعًا أصفر واضحًا، والمغنيسيوم قد يرتبط بالأزرق المائل إلى الأبيض، والنيكل بالأخضر، بينما يمكن أن تسهم ذرات النيتروجين والأكسجين المثارة في الغلاف الجوي في اللون الأحمر.



ومع ذلك لا يجوز تحديد التركيب الكيميائي للشهاب من لونه المرئي وحده، فاللون الذي تسجله العين أو الكاميرا يتأثر بسطوع الشهاب وسرعته واستجابة الكاميرا والظروف الجوية، كما أن أطيف الشهب تتكون من عدد كبير من خطوط الانبعاث المتداخلة، وأظهرت أبحاث مكتب بيئة الجسيمات النيزكية في ناسا أن معظم الأنواع الطيفية للشهب لا يمكن تمييزها بصورة موثوقة اعتمادًا على اللون وحده؛ والطريقة الأدق هي التحليل الطيفي.

وهنا تتحول صورة الشهاب من مشهد جميل إلى أداة علمية، فعند وضع شبكة بصرية دقيقة تُسمى محزوز الحيود أمام عدسة الكاميرا، يتفكك ضوء الشهاب إلى طيف من الألوان، وتظهر فيه خطوط طيفية مميزة تساعد العلماء على التعرف إلى العناصر الكيميائية لعناصر مثل الحديد والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم، وهي تمثل أيضًا عينات طبيعية من المادة التي تدور في النظام الشمسي، ودراسة خصائصها ومساراتها وأطيفها تساعد الباحثين في التعرف إلى مصادرها وتركيب أجسامها الأم وتطورها.

والمراقبة المستمرة للشهب تساعد في دراسة بيئة الجسيمات النيزكية حول الأرض وتقدير كمية المادة التي تدخل الغلاف الجوي، أما النيازك التي تصل إلى سطح الأرض، فتحتفظ بسجل مادي بالغ الأهمية؛ إذ يمكن أن تكشف دراسة أعمارها وتركيبها عن مواد تعود إلى المراحل المبكرة من تشكل الكواكب قبل مليارات السنين.

ولهذا فإن رصد الشهب يجمع بصورة فريدة بين علم الفلك وعلوم الغلاف الجوي والكيمياء والفيزياء وعلوم الكواكب. هناك عشرات الزخات المعروفة والنشطة، ويسجل مركز بيانات الشهب التابع للاتحاد الفلكي الدولي أعدادًا كبيرة من الزخات المرشحة والمؤكدّة، لكن عددًا محدودًا منها يعد الأكثر شهرة وأسهل للرصد البصري.

ومن أهمها:

| أبرز الميزات                                      | الجرم المصدر                                   | تاريخ الذروة<br>التقريبي سنوياً | إسم الزخة                      |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| ذروة قوية لكنها قصيرة نسبياً                      | 2003 EH1                                       | 3-4 يناير                       | الرباعيات<br>Quadrantids       |
| من الزخات التاريخية المعروفة، وقد تنتج كرات نارية | C/1861 G1 Thatcher                             | 21-22 أبريل                     | القيثاريات Lyrids              |
| شهب سريعة ومهمة، خصوصاً في النصف الجنوبي          | مذنب هالي                                      | 5-6 مايو                        | إيتا الدلويات<br>Eta Aquariids |
| نشاط صيفي ممتد                                    | يُرجح ارتباط تيارها على الأرجح بـ 96P/Machholz | 30-31 يوليو                     | دلتا الدلويات الجنوبية         |
| من أشهر وأغزر زخات النصف الشمالي                  | 109P/Swift-Tuttle                              | 12-13 أغسطس                     | البرشاويات<br>Perseids         |
| شهب سريعة                                         | مذنب هالي                                      | 21-22 أكتوبر                    | الجباريات Orionids             |
| معدلات محدودة، لكن تشتهر بالكرات النارية          | مرتبطة بمركب مذنب Encke                        | أكتوبر-نوفمبر                   | الثوريات Taurids               |
| عرفت تاريخياً بعواصف شهابية استثنائية             | 55P/Tempel-Tuttle                              | 17-18 نوفمبر                    | الأسديات Leonids               |
| من أقوى الزخات السنوية وأكثرها ثباتاً             | Phaethon 3200                                  | 13-14 ديسمبر                    | التوأميات<br>Geminids          |
| زخة شتوية شمالية                                  | 8P/Tuttle                                      | 21-22 ديسمبر                    | الدبيات Ursids                 |

ولابد أن نتذكر أن ظروف الرصد تتغير من سنة إلى أخرى بحسب طور القمر وموعد الذروة وموقع الراصد والطقس؛ لذلك يجب الرجوع إلى التقويم القمري وقت الزخات الشهابية، فالمنظمة الدولية للشهب IMO توفر تقويمًا سنويًا محدثًا للزخات ومعدلاتها وسرعاتها ونقاط إشعاعها.

كثيرًا ما نقرأ أن زخة ما ستنتج 100 أو 150 شهابًا في الساعة. لكن هذا الرقم لا يعني بالضرورة أن الراصد سيشاهد هذا العدد بالفعل.

يُسمّى هذا الرقم المعدل الساعي السمتي Zenithal Hourly Rate - ZHR، وهو معدل معياري يفترض ظروفًا رصدية مثالية، منها أن تكون نقطة الإشعاع عند سمت الرأس وأن تكون السماء مظلمة وصافية.

فمثلاً يصل ZHR الاسمي للبرشاويات إلى نحو 100 شهاب في الساعة، بينما يمكن أن تبلغ التوأميات قرابة 150 شهابًا في الساعة في ظروف الذروة المثالية، لكن العدد الفعلي الذي يشاهده الراصد عادة يكون أقل نتيجة ارتفاع نقطة الإشعاع والإضاءة القمرية والتلوث الضوئي والغيوم وغيرها. أما أفضل أداة لرصد الشهب هي العين المجردة، فالتلسكوب والمنظار يضيّقان مجال الرؤية، بينما يمكن للشهاب أن يظهر في أي جزء واسع من السماء. يُفضّل اختيار موقع مظلم بعيد عن إنارة المدن، وإعطاء العين نحو 20-30 دقيقة للتكيف مع الظلام، والبحث عن أكبر مساحة مفتوحة من السماء، وغالبًا تتحسن مشاهدة كثير من الزخات بعد منتصف الليل ومع ارتفاع نقطة الإشعاع، لكن التوقيت المثالي يختلف بين زخة وأخرى.

كما يجب الانتباه إلى القمر؛ فوجود قمر ساطع قد يخفي أعدادًا كبيرة من الشهب الخافتة، ولذلك فإن ليلة ذات معدل نظري أقل ولكن بسماء مظلمة قد تكون أجمل رصدًا من ذروة قوية تتزامن مع البدر. تذكّروا: عندما يظهر شهاب في السماء فإننا نشاهد المرحلة الأخيرة من رحلة جسيم ربما ظل يدور حول الشمس زمنًا طويلًا؛ بعض هذه الجسيمات انفصل عن مذنب، وبعضها يرتبط بكويكبات، وبعضها يمثل مادة قديمة تساعدنا في إعادة بناء تاريخ النظام الشمسي.



# ليل ليس كالليل

بينما تختفي الشمس تحت الأفق، يبدأ عالم آخر بالظهور، فالمدن -عزيزي القارئ- لم تعد تنم، وهذا لم يعد أمرًا مدهشًا على الإطلاق! أضواء الشوارع، المباني، السيارات، والواجهات التجارية، جميعها تستمر في إضاءة المدن حتى إن نام معظم قاطنيها. ومن الفضاء، تبدو هذه الأضواء كشبكة هائلة تمتد فوق سطح الأرض.

د. منار المسكري

نحن نعرف التلوث الهوائي والمائي، ونعرف كيف يمكن للضوء أن يغيّر البيئة من حولنا. لكن الضوء مختلف؛ فهو أحد الأشياء القليلة التي نضيفها إلى البيئة عمدًا، ثم ننسى أنه قد يكون له تأثير حتى بعد أن تغيب الشمس. في هذا المقال عزيزي القارئ، سنرى كيف يغيّر الضوء ليلنا.

## المشكلة ليست أن المدينة [مضيئة]

عندما نفكر في التلوث الضوئي، غالبًا ما نتخيل مصدر ضوء قوي كمدينة لا تنام. لكن الجزء الأكثر إثارة هو أن تأثير الضوء لا يتوقف عند حدود مصدره. فالضوء الصناعي المتجه أو المتسرب نحو السماء، سواء مباشرة أو بعد انعكاسه عن الأسطح، يتشتت بفعل جزيئات الغلاف الجوي والهباء الجوي، كما يمكن للسحب أن تعزز انتشار هذا الضوء. والنتيجة هي وهج السماء؛ ذلك السطوع المنتشر الذي يجعل السماء فوق المدن مضيئة حتى في الساعات التي يفترض أن تكون فيها أكثر ظلمة.

وهذا الوهج لا يحتاج إلى أن يكون قويًا مثل مصباح أمام عينيك حتى يكون مهمًا. فقد أظهرت المراجعات العلمية أن حتى المستويات المنخفضة من الإضاءة المنتشرة في السماء يمكن أن تؤثر في بعض الكائنات الليلية، وأن وهج السماء نفسه يمكن أن تكون له آثار بيئية.

## ليل يضيء وعوالم تتغير

تُشير الدراسات أن الضوء يغيّر كون العديد من الكائنات الليلية، كائنات تعتمد على دورة النهار والليل حتى تحدد موعد حركتها، وبحثها عن الغذاء، والتكاثر. كل هذا الضوء الصناعي لا يضيء البيئة فقط، بل يُضيف نظامًا بيئيًا جديدًا لكائنات لم تتكيف معه.

قد تغيّر الحشرات سلوكها حول مصادر الضوء، وقد تتغيّر حركة بعض الحيوانات المفترسة والفرائس، ويمكن أن تتأثر أيضاً الهجرة والتكاثر والتلقيح. والأهم أن هذه التأثيرات لا تحدث منفصلة عن بعضها؛ فإذا تغيّر سلوك نوع واحد، فقد يصل أثر ذلك إلى الأنواع التي تعتمد عليه.

وليست مملكة الحيوان وحدها من يتأثر بالضوء الصناعي ليلاً، بل حتى النباتات، ففي أحد الأوراق البحثية التي نُشرت في عام 2026، حلل الباحثون 62,994 سجلاً ميدانياً إلى جانب بيانات الأقمار الصناعية عبر 452 مدينة، ووجدوا ارتباطاً بين ارتفاع التعرض للضوء الصناعي ليلاً وتأخر سقوط أوراق الأشجار في الخريف (أو ما يُسمى بتأخر شيخوخة الأوراق الخريفية) داخل المناطق الحضرية.

لكن القصة لا تنتهي هنا عزيزي القارئ، فدعنا نعودُ إلى السبب الذي جعلني أكتبُ عن التلوث [الضوئي] في المقام الأول، أين تختفي النجوم؟

لم تختفِ النجومُ ولكن قدرتُنا على رؤيتها تتراجع؛ فالخلفية قاتمة السواد لم تعد قاتمةً كما كانت. وقدرتك -أيها القارئ- على رؤية النجوم ليلاً لم تعد تجربةً شخصيةً فقط بل هي مقياسٌ أيضاً! في دراسة عالمية نُشرت في Science عام 2023، استخدمَ الباحثون أكثرَ من 51 ألف تقييم من أشخاصٍ حولَ العالم لعددِ النجوم التي يستطيعون رؤيتها، ووجدوا أن التغير في رؤية النجوم يتوافق مع زيادة ملحوظة في سطوع السماء خلال الفترة المدروسة. وهكذا أصبح فقدان النجوم شيئاً يمكن قياسه، لا مجرد انطباعٍ شعوري عن أن "السماء قديماً كانت أجمل".

## أنطفئ المدن أم نضيء الليل؟

الحلُّ هنا لا يتطلبُ أن نتوقف عن استخدام الكهرباء، ولا أن نعيّد المدن إلى الظلام؛ نحن نحتاج إلى الضوء، لكننا لا نحتاج بالضرورة إلى كل الضوء الذي نستخدمه الآن.

ولهذا تركزت حلول الحد من التلوث الضوئي الحديثة على توجيه الضوء، وتقليل شدّته، والتحكم في وقت تشغيله، واستخدام الإضاءة المناسبة للمكان والهدف. واختيار الطيف الضوئي المناسب، والحد من الإضاءة الغنية بالأطوال الموجية القصيرة عندما لا تكون هناك حاجةٌ إليها. ويمتاز التلوث الضوئي عن كثير من أشكال التلوث الأخرى بأن إزالة مصدر الضوء أو تصحيحه يمكن أن تخفّض التلوث نفسه فوراً تقريباً، وإن كانت بعض آثاره البيئية والبيولوجية قد تحتاج وقتاً أطول للتعافي.

عزيزي القارئ، قد لا نحتاجُ إلى ضوءٍ أكثر، نحن نعيش في زمن نستطيع فيه أن نرى مدينة كاملة من الفضاء أثناء الليل، لكن في الوقت نفسه، قد يعيش الطفل في هذه المدينة ويمرّ جزءاً كبيراً من حياته دون أن يرى درب التبانة بعينه. كما أعتقد أن نظامنا الشمسي يكتفي بشمسٍ واحدة، فلمَ لا نجعل الليل وقتاً يعيش فيه؟

# بين نجمة ونجمة... حكاية من الضوء والزمن

في السماء مفارقة لا ننتبه إليها كثيرًا: كلما نظرنا  
بعيدًا، لم نَرَ مكانًا أبعد فحسب، بل رأينا زمنًا أقدم.

عائشة عبدالله عزاري

فالضوء يحتاج إلى وقت كي يعبر المسافات، وما يصل إلى أعيننا أو إلى مرآصدنا اليوم، قد يكون قد غادر مصدره قبل سنوات أو آلاف أو ملايين السنين. ضوء الشمس، على سبيل المثال، يستغرق نحو ثماني دقائق حتى يصل إلى الأرض، ولذلك فنحن لا نرى الشمس كما هي في اللحظة الراهنة، بل كما كانت قبل نحو ثماني دقائق. وإذا كان نجم يبعد عنا مئة سنة ضوئية، فإن الضوء الذي نراه منه اليوم يكون قد غادره قبل نحو مئة عام. من هنا، تصبح المسافة في علم الفلك أكثر من مجرد بُعد مكاني؛ إنها تحمل في داخلها بُعدًا زمنيًا أيضًا. فكلما ازداد بُعد الجرم، ازداد عمق الماضي الذي نراه منه. وعندما يرصد الفلكيون جرمًا بعيدًا، فهم لا يسألون فقط: أين يوجد؟ بل يسألون أيضًا: ما الذي كان يحدث فيه عندما غادر الضوء الذي نراه الآن؟ وفي أي مرحلة من تاريخه كان؟

فإنّ الضوء في علم الفلك ليس مجرد وسيلة للرؤية، بل هو أشبه برسالة وصلت إلينا من الماضي، تحمل في طياتها معلومات عن مصدرها، وعن حالته الفيزيائية، وعن البيئة المحيطة به. لكن النجوم نفسها ليست أجسامًا ثابتة أو أبدية كما قد تبدو لنا من الأرض. إنها تولد وتتطور وتتغير، ثم تنتهي حياتها بطرق مختلفة، وتعتمد هذه الرحلة بصورة أساسية على كتلة النجم.

تبدأ قصة النجم في سحب هائلة من الغاز والغبار تنتشر في الفضاء بين النجوم. ومع تأثير الجاذبية، تبدأ مناطق من هذه السحب بالانهيار والتجمع، فتتكوّن كتلة كثيفة تُعرف باسم النجم الأولي. ومع استمرار الانكماش، ترتفع درجة الحرارة والكثافة في المركز، حتى تصبح الظروف مناسبة لبدء الاندماج النووي للهيدروجين، وعندها يدخل النجم مرحلة السلسلة الرئيسية، وهي أطول مراحل حياته وأكثرها استقرارًا

ومن المدهش أنّ كتلة النجم تحدد إلى حد كبير سرعة استهلاكه لوقوده وعمره المتوقع. فالنجوم الأكثر كتلة تستهلك وقودها النووي بمعدلات هائلة، ولذلك تكون حياتها أقصر بكثير، بينما تستطيع النجوم الأقل كتلة أن تستمر في الإشعاع لفترات زمنية هائلة. بل إنّ بعض النجوم منخفضة الكتلة قد تمتد أعمارها إلى تريليونات السنين، أي أطول بكثير من عمر الكون الحالي.

وهنا تظهر إحدى روائع علم الفلك: دورة حياة النجم قد تمتد لملايين أو مليارات السنين، وهي مدة لا يستطيع الإنسان أن يراقبها كاملة. لذلك لا يراقب الفلكيون نجمًا واحدًا منذ ولادته حتى نهايته، بل يدرسون أعدادًا هائلة من النجوم في مراحل مختلفة من تطورها، ثم يقارنون بينها لبناء صورة متكاملة عن دورة حياة النجوم.

والنجوم ليست مجرد أجسام مضيئة في السماء؛ إنها جزء أساسي من دورة المادة في الكون. فخلال مراحل تطورها، تسهم التفاعلات النووية في تصنيع عناصر أثقل من الهيدروجين والهيليوم، وعندما تصل بعض النجوم إلى مراحلها النهائية، تعيد جزءًا من مادتها إلى الوسط بين النجمي. ومن هذه المادة يمكن أن تتشكل أجيال جديدة من النجوم، وأنظمة كوكبية جديدة، وربما عوالم تحمل عناصر ومواد صنعتها أجيال سابقة من النجوم.

ومن أجمل الأمثلة على ذلك سديم السرطان، الذي يبعد عنا نحو 6500 سنة ضوئية باتجاه كوكبة الثور. إنّه بقايا مستعر أعظم شوهذ انفجاره من الأرض في عام 1054، أي أن الضوء الذي حمل إلينا خبر ذلك الحدث كان قد بدأ رحلته قبل آلاف السنين. وفي قلب السديم يوجد نجم نيوتروني سريع الدوران يُعرف باسم النابض، وتغذي طاقته بنية السديم وتساعد في دفع خيوطه إلى الخارج

والأكثر إثارة أن سديم السرطان، رغم ظهوره لنا كصورة شبه ثابتة في السماء، ليس ساكنًا على الإطلاق. فقد عاد تلسكوب هابل إلى رصده بعد عقود من المراقبة الأولى؛ بدأت رصده الكامل للسديم عام 1999، ثم أُجري رصد جديد عام 2024. وعند مقارنة الصور، تمكن الفلكيون من تتبع حركة خيوط السديم، التي تتمدد إلى الخارج بسرعة تقارب 3.4 مليون ميل في الساعة، أي نحو 5.5 ملايين كيلومتر في الساعة.

وهنا تكمن أهمية امتلاك مرصد قادرة على العودة إلى الأجرام نفسها بعد سنوات أو عقود؛ فهذه المقارنات الزمنية تكشف أن بعض الظواهر الكونية التي تبدو لنا ثابتة يمكن أن تُظهر تغيرًا ملحوظًا خلال فترة زمنية قصيرة نسبيًا على مقياس عمر الكون

لكن ما نراه في السماء ليس محصورًا في الضوء المرئي وحده. فالضوء المرئي ليس سوى جزء صغير من الطيف الكهرومغناطيسي، بينما تكشف الأطوال الموجية الأخرى جوانب مختلفة من الأجرام والظواهر الكونية. ومن خلال الرصد بأطوال موجية متعددة، إضافة إلى التحليل الطيفي، يستطيع الفلكيون دراسة درجات الحرارة، والتركيب الكيميائي، والحركة، والمجالات الفيزيائية، والعمليات التي تجري داخل الأجرام وحولها.



وهنا يصبح الضوء أكثر من مجرد صورة؛ يصبح سجلًا فيزيائيًا يمكن قراءته وتحليله. وكلما تعلمنا كيف نفك شفرته، استطعنا أن نعرف المزيد عن الماضي البعيد للكون، وعن النجوم التي ولدت وماتت، وعن المجرات التي تغيرت، وعن المادة التي انتقلت من جيل نجمي إلى آخر.

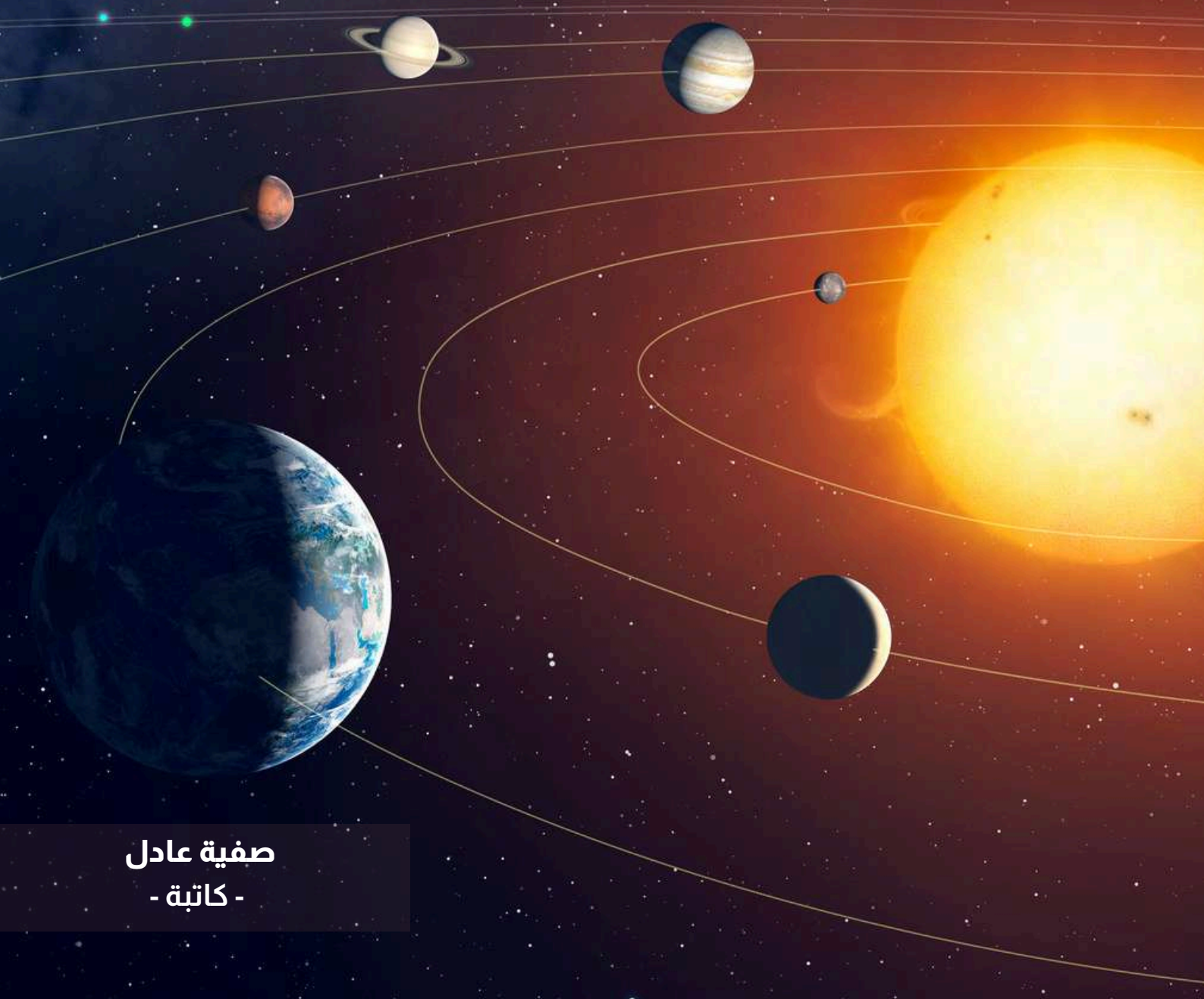
وربما تقودنا هذه الأسئلة إلى أسئلة أكبر: كيف وُلدت النجوم الأولى؟ وكيف تطورت المجرات عبر الزمن؟ وكيف توزعت العناصر التي صنعتها النجوم في أرجاء الكون؟ وكيف انتقلت المادة من نجوم قديمة إلى نجوم جديدة وكواكب قد تتشكل حولها؟

كل هذه الأسئلة تبدأ من شيء يبدو بسيطًا جدًّا: الضوء الذي يصل إلينا. فالسماء التي نراها فوقنا ليست مجرد مشهد جميل، بل هي أرشيف كوني مضاء؛ أرشيف لا تُحفظ صفحاته على الورق، وإنما تصلنا عبر الفوتونات، يحمل كل منها جزءًا من قصة حدثت في مكان وزمان بعديين.

وحين ننظر إلى نجم بعيد، فنحن لا نرى النجم فقط، بل نرى مرحلة من تاريخه. وحين ننظر إلى مجرة بعيدة، فإننا نرى جزءًا من ماضيها. وحين نرصد بقايا انفجار نجمي، فإننا نقرأ أثر حدث وقع قبل أن يصل خبره إلينا بآلاف السنين.

ولهذا، كلما نظرنا أبعد في الكون، لم نكن نرى مكانًا أبعد فقط... بل فصلًا أقدم من حكايته

# الكواكب الخارجية وصلاحيتها للحياة



صفية عادل  
- كاتبة -



منذ القدم والإنسان يعيش على سطح كوكب الأرض يتأمل السماء الدنيا وما تحتويه من نجوم وشهب وسحب كونية، ويتأمل صفحة التاريخ الذي تحكيه كل نجمة وهو متطلع لمعرفة مستقبلها وتمييزها، أهي نجمة أم كوكب أم سديم أم مجرد غبار كوني؟ وبين كل هذه التأملات والتساؤلات يقتحم سؤال، هل نحن وحدنا في هذا الكون الفسيح؟ وهل للبشرية مآل لو انتهى عمر الأرض؟ وبين كل هذه النظم النجمية وما تحتويه من كواكب هل من الممكن أن يكون بينها كوكب صالح لتبني البشر بعد هلاك الأرض؟

وهنا تحرّك العلماء وشرعوا في القياس والتحديد وفهم ماهية الكواكب الخارجية وتحديد المحطات التي من الممكن أن يستقر فيها البشر عند فناء كوكب الأرض. ولكن هذا الأمر لم يكن سهلاً حقاً، فتوجب عليهم خوض تجارب ومسارات عديدة حتى وصلوا إلى نتائج، في هذا البحث سنتناول نبذة عن النهج والسبل المتبعة والطرق المستخدمة في تحديد صلاحية الكواكب ومعرفة محتوياتها وحالتها عن بُعد.

يستغل العلماء الغلاف الجوي، حيث إنه يعتبر مصدراً غنياً بالبيانات وبطاقة تعريف للكواكب، فيقومون بإجراء تحليلات عديدة تستهدف معالجة واستغلال جميع البيانات الممكنة التي يبعثها الغلاف الجوي.

فالغلاف الجوي له أهمية قصوى في تحديد قابلية الكوكب للحياة، وطبقة الغازات التي قد تبدو عديمة الفائدة هي في الحقيقة كنز ومفتاح لفك شيفرة الكواكب.

فهو ينظم درجة حرارة السطح عبر الاحتباس الحراري الطبيعي ويحمي السطح من الإشعاع النجمي والجسيمات المشحونة ويوفر العناصر الكيميائية الضرورية للحياة مثل الكربون والنيتروجين والأكسجين كما أنه من الممكن أن يكشف عن وجود عمليات حيوية نشطة من خلال الغازات غير المتوازنة كيميائياً.

وباستغلال وظائف الغلاف الجوي والمؤشرات الحيوية التي يبعثها واستثمارها تمكنت البشرية من هندسة نظم شاملة متكاملة، وأولاً سأسرد بعض الطرق المتبعة في التحليلات ثم سأعرض المؤشرات الحيوية وسأختم بذكر بعض العوامل الفيزيائية التي يجب مراعاتها لتحديد صلاحية الكوكب للحياة.

## أولاً: التحليلات

1. التحليل الطيفي أثناء العبور  
عندما يمر الكوكب أمام نجمه، يمر جزء من ضوء النجم عبر الغلاف الجوي للكوكب، تمتص الذرات والجزيئات الموجودة في الغلاف الجوي أطوالاً موجية محددة من هذا الضوء، فبمقارنة طيف النجم أثناء العبور وخارجه، يستطيع العلماء تحديد تركيب الغلاف الجوي. هذه الطريقة فعالة مع الكواكب الكبيرة القريبة من نجمها، لكنها تُستخدم أيضًا مع الكواكب الصخرية القريبة من النجوم القزمة الحمراء.

2. التحليل الطيفي بالانبعاث الحراري  
عندما يختفي الكوكب خلف نجمه، يمكن قياس الإشعاع الحراري الصادر عن الكوكب نفسه بمقارنة الضوء قبل وأثناء الكسوف، وهذا يعطي معلومات عن درجة حرارة الغلاف الجوي وتركيبه الكيميائي.

3. التصوير المباشر  
في بعض الحالات، يمكن تصوير الكوكب مباشرة وعزل ضوءه عن ضوء النجم، هذا يناسب الكواكب الغازية الشابة البعيدة عن نجمها، ويوفر طيفًا كاملاً للغلاف الجوي.

4. منحنيات الطور  
بمراقبة الكوكب خلال دورته الكاملة حول النجم، تتغير كمية الضوء المنعكس والحراري، هذه التغيرات تكشف عن توزيع الحرارة، ووجود السحب، وسرعة الرياح، واختلاف درجات الحرارة بين الوجه النهاري والليلي.

## ثانيًا: المؤشرات الحيوية.

والمؤشر الحيوي هو غاز أو مجموعة غازات يصعب تفسير وجودها بعمليات غير حيوية فقط، ومن أهم هذه المؤشرات:

1. الأكسجين الجزيئي ( $O_2$ )  
وجود كمية كبيرة من الأكسجين مع غازات مختزلة مثل الميثان يُعد مؤشرًا قويًا، لأن الأكسجين نشط كيميائيًا ويحتاج إلى مصدر مستمر تنتجه الكائنات الحية الضوئية.

2. الميثان مع الأكسجين  
الميثان والأكسجين يتفاعلان بسرعة لإنتاج ثاني أكسيد الكربون والماء، ووجودهما معًا بنسب كبيرة يدل على وجود مصدر مستمر لكل منهما، وهذا على الأرض يحدث بسبب الحياة.

3. ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون  
إذا وُجد ثاني أكسيد الكربون دون كميات كبيرة من أول أكسيد الكربون، فقد يشير ذلك إلى غلاف جوي مؤكسد، وهو ما يمكن أن يرتبط بعمليات حيوية.

4. أكسيد النيتروز  
غاز  $N_2O$  ينتج بشكل أساسي من النشاط الميكروبي في التربة والمحيطات على الأرض، ويُدرس كمؤشر حيوي محتمل.

5. اختلال التوازن الكيميائي  
وجود غازات لا يمكن أن تتعايش معًا لفترة طويلة دون مصدر يعيد إنتاجها يُعد من أقوى المؤشرات، الحياة على الأرض تُحدث اختلالاً واضحاً في غازات الغلاف الجوي.

### ثالثاً: العوامل الفيزيائية التي يجب مراعاتها

- المنطقة الصالحة للسكن: المسافة من النجم التي تسمح بوجود ماء سائل على السطح.
- درجة حرارة التوازن: تُحسب من سطوع النجم وبعد الكوكب وقدرة الكوكب على عكس الضوء.
- الضغط الجوي (ويمكن استنتاجه من عرض الخطوط الطيفية، لأن الضغط يؤثر على شكل الخطوط).
- الهروب الجوي: إذا كان الكوكب يفقد غلافه الجوي بسرعة بسبب قربه من نجم نشط، فلن يكون صالحاً للحياة مستقرة.
- نشاط النجم: الانفجارات النجمية والأشعة فوق البنفسجية قد تدمر الجزيئات الحيوية أو تجرد الكوكب من غلافه.

ورغم كل هذه البيانات التي يقدمها الغلاف الجوي، فهو قد يشكل عائقاً كبيراً بسبب بعض خصائصه كالسحب والضباب التي من الشائع أن يحتويها، وهي قد تحجب امتصاص الغازات وتخفي البصمات الطيفية، وكذلك النشاط النجمي مثل البقع والانفجارات قد يعطي إشارات وهمية تشبه إشارات الكوكب، كما أنه وارد جداً أن يكون هناك بعض التفسيرات غير الحيوية؛ فبعض الغازات يمكن أن تنتج بطرق جيولوجية أو كيميائية ضوئية دون حياة، ولعل من أكبر العوائق أيضاً أننا ما زلنا نفتقر إلى نماذج دقيقة لكل أنواع الأغلفة الجوية الممكنة.

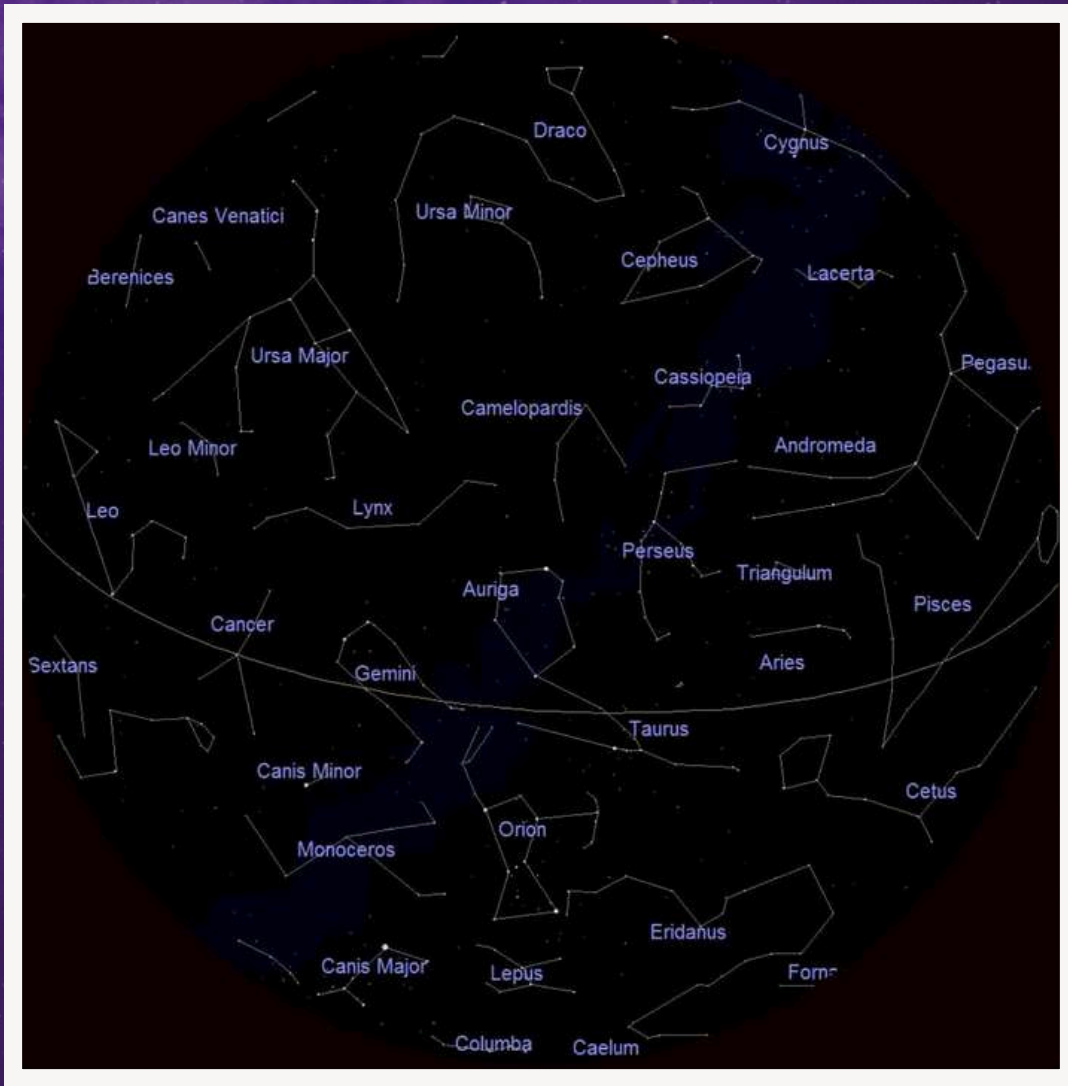
وفي خاتمة هذا البحث، على المتعلم أن يدرك أنّ الرحلة المعرفية واسعة الآفاق، وأن العلم لا يزال يتقدم كل يوم، وحتماً ستتطور الآلات والأجهزة، ومستقبلاً قد نصل إلى برامج أسهل وأبسط وأدق لتحليل المعلومات واستخراج النتائج.

# أبرز الكوكبات النجمية في صفحة السماء لفصل الخريف

للفترة الممتدة من  
15/12/2026 – 16/10/2026

فاطمة شمس

عضوة في جماعة الفلك



لمعرفة القبة السماوية يجب فهم صفحة السماء  
ومن خلال مجلة (( قمر الفلكية )) سنسعى دائما وأبدا  
لمساعدتكم في فهم الكوكبات النجمية التي من  
خلالها يمكنكم رصد التجمعات النجمية بسهولة في  
صفحة السماء والتي هي شغف الأطفال والبالغون.

رصد موفق للجميع

# PISCES

## الحوت



- الحوت أو السمكتان كوكبة سماوية ذات نجوم خافتة في منطقة البروج تظهر في سماء النصف الشمالي من الكرة الأرضية وهي تعتبر من الكوكبات التي تظهر في فصل الشتاء و تقع تحت كوكبة المرأة المسلسلة.
- وأما نجوم برج الحوت ( نجم الريشة ) و ( نجم فم السمكة ) و (أوميكرون الحوت).
- من المجرات التي يمكن مشاهدتها في برج الحوت (M 74) NGC 628

# URSA MAJOR

## الدب الأكبر



- من أكثر الكوكبات النجمية شهرة حيث كان العرب يسمونها "بنات نعش الكبرى" تميزا لها عن بنات نعش الصغرى وهي مجموعة الدب الأصغر، هذا وتسمى النجوم الأربعة التي على المستطيل بالنعش والثلاثة التي على الذيل بالبنات، أما النجم الذي على طرف الذيل فيسمى بالقائد بينما النجمان اللذان هما على المستطيل فيسميان بالدليلان وهما الدبة وميراق وذلك للإستعانة بهما في تحديد إتجاه النجم القطبي.

- والدب الأكبر كوكبة دائمة الظهور يشاهدها الراصد على مدار السنة تتألق فيها سبعة نجوم واضحة جعلت منها دليلا يرشدنا إلى الكواكب السماوية الأخرى.

- و أهم نجوم هذه الكوكبة : - ميراق -الدبة -مئزر -الفخد
- القائد وفيه سديم كوكبي M97 وهو سديم خافت
- العيوث
- وعدد من المجرات منها: المجرة M81 - المجرة M82

# PEGASUS

## الفرس الأعظم



- كوكبة ذكرت في الأساطير اليونانية وتسمى الحصان المجنح وهي كوكبة في السماء الشمالية، هي كوكبة الفرس الأعظم. وهي تعد واحدة من أقدم الأبراج المعروفة في السماء.
- أهم نجوم كوكبة الفرس الأعظم وهي: (المنكب)-(الساعد)-(الجنب)-(سرة الفرس) من المرأة المسلسلة
- و هي تشكل تجمع نجمي يطلق عليه مربع الفرس الأعظم أو مربع الخريف.
- و المميز في كوكبة الفرس الأعظم نجد (( خماسية ستيفن )) هي عبارة عن عنقود تتكون به خمسة مجرات في غاية الجمال.
- و يمكن البحث عن مربع الفرس الأعظم من خلال مد خط من نجمي حرف الـ W من كوكبة ذات الكرسي هذه الطريقة الأولى، و الطريقة الثانية عبر نجم ذنب الدجاجة من المثلث الصيفي والذي يمكن أن نذهب إليه عبر مد خط بين نجمي الجنب والساعد.
- في كوكبة الفرس الأعظم الكثير من المجرات الخافتة ، لكن هنالك الجسم الوحيد الذي يستحق الاهتمام هو الحشد الكروي M15.

# ANDROMEDA

## المرأة المسلسلة



- هي كوكبة في نصف الكرة السماوية الشمالي، تقع بين كوكبات فرساوس وذات الكرسي والعذراء والفرس الأعظم والحوت والمثلث.
- أكثر نجوم كوكبة المرأة المسلسلة سطوعًا هو نجم سرّة الفرس ولكن أهم النجوم في هذه الكوكبة هي : سرّة الفرس، المراق، عناق الأرض، صدر العذراء، السيف والأنفال.
- المهم والذي يميز هذه الكوكبة هو وجود مجرة المرأة المسلسلة M31، وهي مجرة حلزونية قريبة من مجرتنا وفيها أيضا  
-المجرة M32  
-المجرة NGC205.  
-العنقود المفتوح NGC 752  
-السديم الكوكبي NGC 7662
- هذا وتنطلق من هذه الكوكبة أيضا زخات شهابية تعرف بشهب المرأة المسلسلة.

# AURIGA

## ممسك الأعنة



- هي كوكبة في السماء الشمالية ومعظم نجومها خافت بإستثناء النجم الوحيد اللامع وهو العيوق .
- تقع إلى الشرق من كوكبة حامل رأس الغول وإلى الشمال من برج الثور ويمر طرفها الغربي في نهر المجرة.
- تتكون من ستة أنجم على يسار كوكبة الجبار و نجمها الرئيسي هو العيوق من القدر الأول و منكب ذي العنان و العنز.
- وفيها عناقيد مفتوحة منها M36 و M37 و M38

# VIRGO

## العذراء



- هي كوكبة في دائرة البروج صورها اليونانيون في صورة عذراء ، و تسمى أيضا بالسنبلة.
- أما الصوفي فقد صورها بصورة امرأة رأسها يقع جنوب الصرقة ( النجم الذي على طرف ذيل الأسد) وقدمها تقعان قدام "الزبانيين" الذين على كتفي الميزان .
- ويسمى العرب النجوم الأربعة التي على منكبها الأيسر " العواء" و تعتبر المنزلة الثالثة عشر من منازل القمر.
- ألمع نجوم كوكبة العذراء هو السماك الأعزل و تمت تسميته بهذا الاسم بالأعزل ليتم تمييزه عن "السماك الرامح".
- هذه الكوكبة تحتوي على العديد من المجرات ومنها M58 و M49 و M61 و M87

# الأحداث الفلكية

في الفترة الممتدة من 23 / 12 / 2024 إلى 20 / 02 / 2025

فاطمة شemis

عضوة في جماعة الفلك

17 أكتوبر

## القمر في الأوج

يصل القمر إلى أبعد نقطة تقريباً عن الأرض خلال هذا الشهر، على مسافة تقارب 404,700 كم.

ملاحظات الرصد: يكون حجم القمر الظاهري أصغر قليلاً من المعتاد؛ وهو حدث فلكي لا يُلاحظ بصرياً بسهولة دون مقارنة.

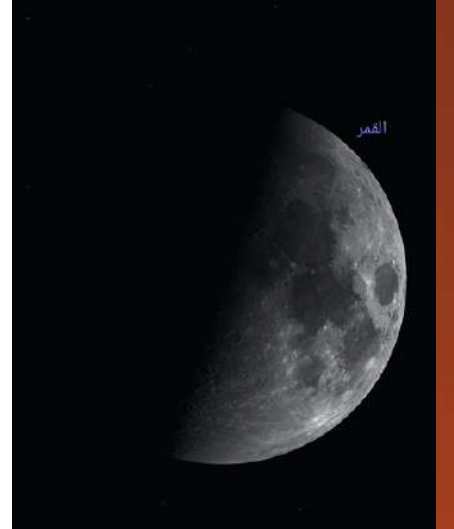


18 أكتوبر

## التربيع الأول للقمر

يصل القمر إلى طور التربيع الأول، ويكون نصف قرصه مضاءً تقريباً.

ملاحظات الرصد: لحظة التربيع الأولى قرابة 20:12 بتوقيت عُمان؛ ويكون القمر مناسباً للرصد مساءً، وتظهر تفاصيل الفوهات على خط الفصل بوضوح.



21-22 أكتوبر

## ذروة شهب الجباريات (Orionids)

تبلغ زخة الجباريات ذروتها في ليلة 21-22 أكتوبر. وهي زخة سريعة مصدرها حطام المذنب 1P/Halley، ويبلغ معدلها المعتاد نحو 10-20 شهائلاً في الساعة في ظروف مثالية.

ملاحظات الرصد: الرصد الأفضل من مسقط بعد منتصف الليل وحتى الفجر. سيؤثر القمر الأحدب المتزايد في عدد الشهب الخافتة المرئية.



24 أكتوبر

## اقتران القمر مع زحل

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من زحل بفاصل يقارب 6 درجات، ويمكن رصد الجرمين معًا في السماء.

ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط من المساء وحتى ساعات الليل، ويمكن رؤية القمر وزحل بالعين المجردة.



26 أكتوبر

## اكتمال القمر (قمر الصياد)

يصل القمر إلى طوره الكامل، ويُعرف تقليديًا باسم قمر الصياد في بعض التقاليد الشعبية. تقع لحظة البدر قرابة 08:12 صباحًا بتوقيت عُمان.

ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط طوال الليل تقريبًا؛ سطوعه يقلل من وضوح الأجرام الخافتة القريبة.

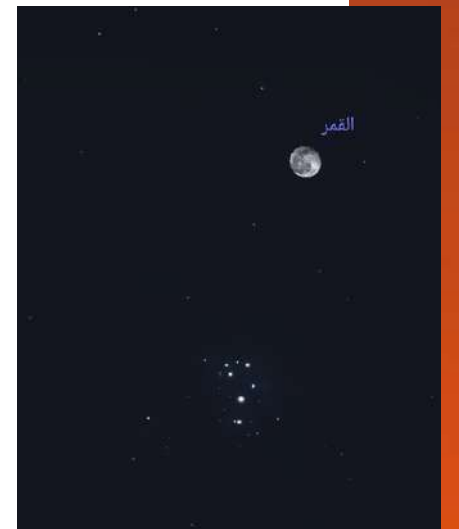


27 أكتوبر

## تقارب القمر مع الثريا (M45)

يقترّب القمر ظاهريًا من عنقود الثريا المفتوح في كوكبة الثور، في مشهد مناسب للرصد والتصوير واسع المجال.

ملاحظات الرصد: الثريا مرتفعة جيدًا ليلاً؛ والمنظار أو عدسة واسعة المجال مناسبان للمشهد.



31 أكتوبر

### تقارب القمر مع بولوكس (Pollux)

يقترب القمر ظاهريًا من النجم بولوكس في كوكبة التوأمن بفاصل يقارب 4 درجات.

ملاحظات الرصد: مشهد مناسب للرصد والتصوير من مسقط، خصوصًا في ساعات الليل المتأخرة.



02 نوفمبر

### اقتراب القمر من المريخ والمشتري

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من المريخ والمشتري في اليوم نفسه، في تجمع صباحي لافت في كوكبة الأسد.

ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط في الساعات السابقة لشرق الشمس؛ ويمكن رؤية الأجرام بالعين المجردة.

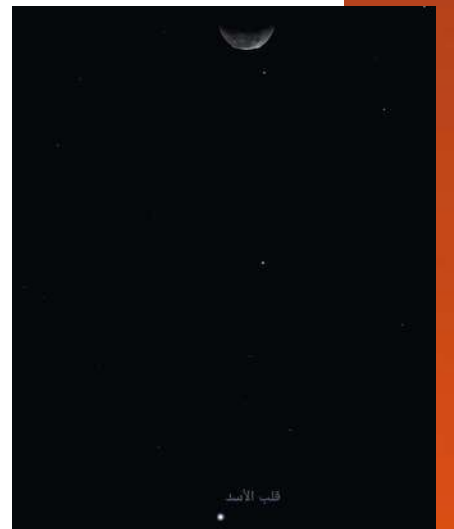


03 نوفمبر

### مرور القمر قرب قلب الأسد (Regulus)

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من نجم قلب الأسد، أحد ألمع نجوم كوكبة الأسد، بفاصل يقارب 0.8 درجة.

ملاحظات الرصد: الرصد صباحًا قبل الشروق، مع أفق شرقي مفتوح؛ وهو تقارب قريب جدًا.



07 نوفمبر

## اقتران القمر مع الزهرة

يقترب القمر ظاهريًا من الزهرة اللامعة في مشهد صباهي جميل.

ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط قبيل شروق الشمس باتجاه الشرق، مع ضرورة توفر أفق مفتوح.



07 نوفمبر

## تقارب القمر مع السماك الأعزل (Spica)

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من السماك الأعزل، ألمع نجوم كوكبة العذراء، بفصل يقارب 2.1 درجة.

ملاحظات الرصد: الرصد من مسقط أفضل قبل الشروق، ويكون منخفضًا نسبيًا فوق الأفق الشرقي.



09 نوفمبر

## المحاق (القمر الجديد)

يختفي القمر عن الأنظار تقريبًا، ما يوفر سماء مظلمة خالية من ضوء القمر. تقع لحظة المحاق قرابة 11:02 صباحًا بتوقيت عُمان.

ملاحظات الرصد: أفضل ليالي الشهر لرصد الأجرام الخافتة والمجرات من موقع مظلم بعيدًا عن أضواء المدينة.



## 11 نوفمبر

### مرور القمر قرب قلب العقرب (Antares)

يمر القمر ظاهرياً قريباً جداً من قلب العقرب، بفاصل يقارب 0.2 درجة.

ملاحظات الرصد: الهدف منخفض قرب الأفق الجنوبي الغربي؛ يلزم أفق مفتوح وتوقيت مناسب بعد الغروب.



## 15-16 نوفمبر

### اقتران وتقارب المشتري والمريخ

يمر المشتري والمريخ ظاهرياً على مسافة تقارب درجة واحدة من بعضهما، في واحد من أبرز مشاهد الفترة.

ملاحظات الرصد: يظهر الكوكبان في سماء الفجر، وتتحسن رؤيتهما كلما ارتفعا فوق الأفق الشرقي.



## 16-17 نوفمبر

### ذروة شهب الأسديات (Leonids)

تبلغ شهب الأسديات ذروتها في منتصف نوفمبر، وهي شهب سريعة مصدرها المذنب 55P/Tempel-Tuttle، مع معدل متوقع متواضع في 2026.

ملاحظات الرصد: الرصد الأفضل في الساعات المتأخرة من الليل وقبل الفجر؛ وسيؤثر ضوء القمر في الرؤية خلال جزء من فترة النشاط.

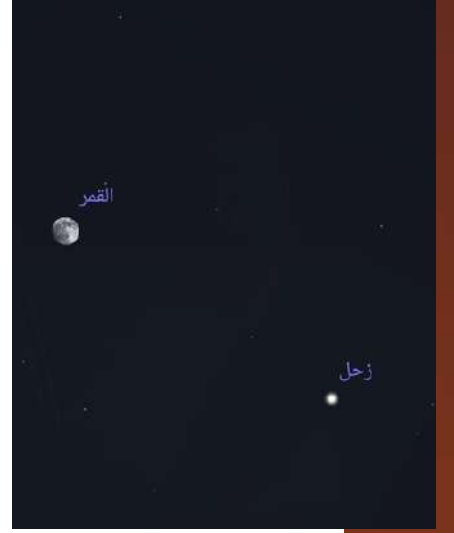


**20-21 نوفمبر**

## **تقارب القمر مع زحل**

يقترب القمر ظاهرياً من زحل مرة أخرى، ويحدث أقرب تقارب خلال الساعات الأولى من 21 نوفمبر بتوقيت مسقط.

ملاحظات الرصد: يمكن رصده مساء 20 نوفمبر وحتى الساعات الأولى من 21 نوفمبر.

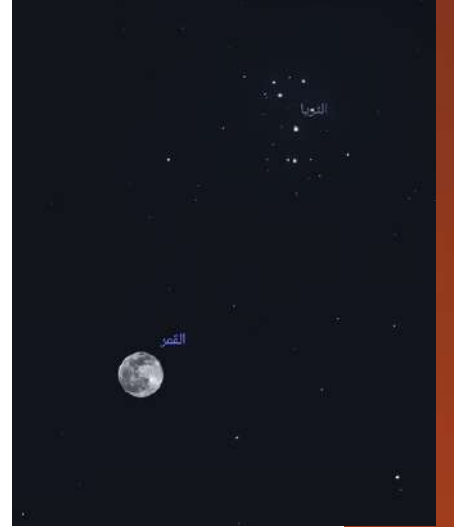


**24 نوفمبر**

## **تقارب القمر مع الثريا (M45)**

يمر القمر ظاهرياً بالقرب من الثريا، لكن سطوع القمر المكتمل تقريباً سيغمّر النجوم الخافتة في العنقود.

ملاحظات الرصد: المشهد قابل للرصد، لكن جودة تصوير الثريا ستكون أضعف بسبب سطوع القمر.



**24 نوفمبر**

## **اكتمال القمر (قمر القندس)**

يصل القمر إلى طوره الكامل، وتبلغ لحظة البدر قرابة 18:53 بتوقيت عُمان.

ويكون القمر قريباً نسبياً من الأرض خلال الشهر. ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط طوال الليل؛ سطوعه الشديد سيقلل من وضوح الأجرام الخافتة القريبة منه.



**28 نوفمبر**

### **مرور القمر قرب بولوكس (Pollux)**

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من بولوكس، أحد ألمع نجوم كوكبة التوأمن، بفاصل يقارب 4.1 درجات.

ملاحظات الرصد: رصد وتصوير سهلان نسبيًا من مسقط، خصوصًا في ساعات الليل المتأخرة.



**30 نوفمبر**

### **القمر قرب المشتري والمريخ وقلب الأسد**

يمر القمر ظاهريًا بالقرب من المشتري والمريخ وقلب الأسد في مشهد صباهي متعدد الأجرام.

ملاحظات الرصد: يُرصد من مسقط في الساعات المتأخرة من الليل وحتى الفجر؛ ويكون القمر قريبًا من قلب الأسد بفاصل يقارب درجة واحدة.



**04 ديسمبر**

### **مرور القمر جنوب السماك الأعزل (Spica)**

يمر القمر جنوب السماك الأعزل بفاصل زاوي يقارب 2.3 درجة.

ملاحظات الرصد: مشهد صباهي قبل الشروق، ويُفضل أفق شرقي مفتوح.



**05 ديسمبر**

## **تقارب القمر مع الزهرة**

يحدث تقارب ظاهري بين القمر والزهرة بفاصل يقارب 7 درجات؛ وهو تقارب واسع نسبيًا.

ملاحظات الرصد: يمكن محاولة رصده قرب المساء مع توفر أفق مناسب؛ ويكون القمر هلالًا رقيقًا.



**09 ديسمبر**

## **المحاق (القمر الجديد)**

يختفي القمر عن الأنظار تقريبًا، وتقع لحظة المحاق قرابة 04:51 صباحًا بتوقيت عُمان.

ملاحظات الرصد: ليلة ممتازة للرصد من مسقط بعيدًا عن أضواء المدينة، مع غياب ضوء القمر.

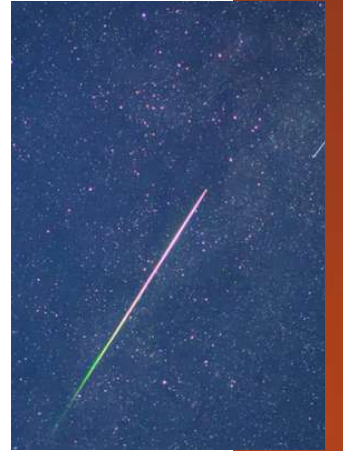


**09-10 ديسمبر**

## **ذروة شهب أحادييات القرن (Monocerotids)**

زخة ضعيفة تنشط في أوائل ديسمبر، وتبلغ ذروتها المرجعية حول 10 ديسمبر.

ملاحظات الرصد: تتزامن الذروة مع قرب القمر الجديد، ما يوفر سماء مظلمة مناسبة للرصد.



**13-14 ديسمبر**

## **ذروة شهب التوأميات (Geminids)**

من أفضل زخات الشهب السنوية، ومصدرها الجسم 3200 Phaethon. تبلغ ذروتها في ليلة 13-14 ديسمبر، وقد تصل المعدلات المثالية إلى نحو 150 شهابًا في الساعة؛ والمعدل المرئي فعليًا أقل.

ملاحظات الرصد: ظروف الرصد جيدة من مسقط مع هلال متزايد لا يعيق الرصد كثيرًا؛ ويُفضّل الابتعاد عن أضواء المدينة.



# دب الماء يحلق في الفضاء



عادل علي محمد السميطي  
- كاتب -

عندما ينتقل الكائن الحي من الأرض... إلى الفضاء  
ماذا لو فُتح باب المركبة الفضائية، ودُفع هذا الكائن الحي إلى الخارج؟  
لا هواء، لا ضغط، لا صوت، ولا سماء بالمعنى الذي نعرفه؛ مجرد فراغ أسود هائل، وحرارة  
قاسية، وإشعاعات لا ترحم.  
ماذا سيحدث للإنسان؟

في اللحظات الأولى، يواجه الجسم واحدة من أعنف البيئات في الكون. ينقطع الأكسجين،  
يفقد الإنسان وعيه خلال ثوانٍ، وينخفض الضغط المحيط بالجسم بشدة. لن انفجر الجسم  
كما تُصوّر أفلام الخيال العلمي، لكن السوائل على السطوح المكشوفة مثل اللعاب والعرق  
والدموع تبدأ بالتبخر فوراً، وتعرض الرئتان والأنسجة لأضرار بالغة.  
وإذا لم يُعد سريعاً إلى بيئة مضغوطة ومزودة بالأكسجين، فلن يستطيع البقاء على قيد الحياة.

ولهذا لا يستطيع رائد الفضاء أن يخطو خطوة واحدة خارج مركبته إلا وهو داخل بدلة تحولت،  
بطريقة مذهلة، إلى بيئة مصغرة تحافظ على شروط الحياة: ضغط، وأكسجين، وتنظيم للحرارة،  
وحماية من الإشعاع.

لكن الإنسان ليس أول مخلوق يُرسل إلى الفضاء.  
قبل أن تخطأ أقدام البشر الفضاء، سبقتهم إليه حيوانات أخرى؛ أرسلت الكلاب والقرود والفئران  
والحشرات في تجارب علمية كان الهدف منها إجابة سؤال بالغ الخطورة: هل تستطيع هذه  
المخلوقات الحياة؟ هل تتحمل الرحلة إلى خارج الأرض؟  
ثم ظهر مخلوق صغير بصورة لا تكاد تُصدق: دب الماء (Tardigrade).  
مخلوق مجهري لا يزيد طوله عادة على أجزاء من المليمتر، وله ثماني أرجل، ويبدو تحت المجهر  
كأنه دب صغير يمشي في عالم مجهول. لكن هذا الكائن الصغير يحمل مفاجأة هائلة؛ فعندما  
يفقد الماء من جسمه، يستطيع أن يدخل في حالة خاملة شديدة الخصوصية يُطلق عليها  
"التخشب" (Cryptobiosis)، تتوقف خلالها تقريباً معظم مظاهر نشاطه الحيوي، ويُعيد جسمه  
تنظيم نفسه بطريقة تحمي الخلايا والمكونات الحيوية من التلف.



وهنا قرر العلماء وضع هذه القدرة أمام أقدس اختبار: أرسلوه إلى الفضاء!

تعرضت دببة الماء في التجارب الفضائية للفرغ التام والإشعاع الفضائي القاتل، واستطاع بعضها النجاة وإعادة نشاطه بمجرد عودته إلى بيئة مناسبة وتوفر الماء.

المفاجأة ليست فقط في نجاة دب الماء، بل في أن كائنًا بهذا الحجم متناهي الصغر يحمل في خلاياه آليات معقدة تمكنه من مواجهة ظروف يعجز أمامها الإنسان بغير منظومة كاملة من التكنولوجيا المتقدمة.

فماذا يخبرنا ذلك؟

كلما اكتشف الإنسان سرًا جديدًا في هذا المخلوق، اكتشف مدى تعقيد الحياة ودقتها. فالإنسان الذي يريد العيش لدقائق في الفضاء يحتاج إلى مركبة، وبدلة، وأجهزة أكسجين وضغط وحرارة. أما هذا الكائن الصغير، فقد أودع الله في بنيته آليات تمكنه من الدخول في حالة تحفظ حياته حتى تتغير الظروف.

وهنا يتأمل الإنسان قول الله تعالى:  
﴿وَفِي أَنْفُسِكُمْ أَفَلَا تُبْصِرُونَ﴾.

ليس المقصود أن دب الماء "أقوى من الإنسان"، ولا أن العلم عاجز عن التفسير؛ فالعلم يدرس الآليات التي تمكنه من البقاء، ويكتشف أسرارها شيئًا فشيئًا. لكن السؤال الأعمق يبقى قائمًا: من أين جاءت هذه الآليات الدقيقة؟ كيف اجتمعت في مخلوق لا يكاد يُرى؟ وكيف أودعت في خلاياه قدرة على التعامل مع ظروف لم يعرف الإنسان وجودها أصلًا إلا بعد آلاف السنين؟

ربما لا تكون أعظم مفاجآت الفضاء فيما اكتشفناه عن الكواكب والنجوم، بل فيما اكتشفناه عن الحياة نفسها. كلما صغرنا بعدستنا واقتربنا من خلية، وجدنا عالمًا أعقد مما تخيلنا، وكلما ابتعدنا بمركباتنا إلى أطراف الكون، عدنا بأسئلة أكبر عن الأرض والحياة والإنسان.

وفي النهاية، قد يكون دب الماء تذكيرًا هادئًا بأن عظمة الخالق لا تُقاس بحجم المخلوق. فسبحان من أودع في أصغر خلقه من الأسرار ما يجعل الإنسان، بكل علمه وتقنياته، يقف طويلًا أمامها متأملًا.



# الاندماج النووي في النجوم : لماذا لا تنفجر الشمس؟

عندما ننظر إلى الشمس في السماء، قد تبدو لنا مجرد كرة ضخمة من الضوء والحرارة، مستقرة في مكانها منذ مليارات السنين. لكن ما يحدث داخلها أبعد بكثير من مجرد احتراق عادي؛ فالشمس في الحقيقة، تعمل كمفاعل نووي طبيعي هائل ينتج طاقة تكفي لإضاءة كوكبنا وتدفعه طوال هذه المدة.

غيداء الخزيرية - رئيسة نادي الفلك والفضاء بجامعة التقنية والعلوم  
التطبيقية بمسقط

وهنا قد يخطر في بالنا سؤال بسيط: إذا كانت الشمس تنتج كل هذه الطاقة من تفاعلات نووية، فلماذا لا تنفجر؟ تكمن الإجابة في واحدة من أجمل حالات التوازن في الكون: الاندماج النووي والتوازن بين الجاذبية والضغط.

## ما الذي يحدث داخل الشمس؟

تتكون الشمس بشكل أساسي من الهيدروجين والهيليوم، وتوجد في مركزها درجات حرارة وضغوط هائلة وتصل درجة الحرارة في قلب الشمس إلى نحو 15 مليون درجة مئوية. وفي هذه البيئة القاسية، تستطيع نوى ذرات الهيدروجين أن تقترب من بعضها بدرجة كافية لتحدث عملية تُعرف باسم الاندماج النووي.

في الاندماج النووي، تتحد نوى خفيفة لتكوين نواة أثقل، وخلال هذه العملية يتحول جزء صغير جدًا من الكتلة إلى طاقة، وفق العلاقة الشهيرة:  $E = mc^2$

في قلب الشمس، تحدث سلسلة من التفاعلات تُعرف باسم سلسلة (بروتون - بروتون)، تتحول فيها نوى الهيدروجين، في النهاية، إلى الهيليوم، مع إطلاق كميات هائلة من الطاقة. وتتحول في هذه العملية نحو 4 ملايين طن من الكتلة إلى طاقة كل ثانية. وهذه الطاقة هي التي تصل إلينا في صورة ضوء وحرارة.

## حقيقة مذهلة:

قد يبدو أن الضوء الذي نراه من الشمس يصل إلينا مباشرة من قلبها، لكن رحلة الفوتونات أكثر تعقيدًا بكثير. فالفوتون الذي يبدأ رحلته في قلب الشمس يحتاج، بسبب اصطدامه المتكرر بجسيمات المادة وتغير اتجاهه بصورة عشوائية، إلى نحو 10,000 إلى 100,000 سنة تقريبًا ليشق طريقه من قلب الشمس إلى سطحها. وبعد خروجه من سطح الشمس، لا يحتاج الضوء إلا إلى نحو 8 دقائق و20 ثانية ليقطع المسافة البالغة نحو 150 مليون كيلومتر إلى الأرض.



## لكن إذا كانت الطاقة هائلة... فلماذا لا تنفجر الشمس؟

هنا تكمن الفكرة الأساسية. فالشمس لا تنتج الطاقة دفعة واحدة، بل تنتجها من خلال تفاعلات اندماج نووي منظمة ومستقرة جداً. ويعتمد معدل الاندماج داخل قلب الشمس على الظروف الموجودة هناك، مثل درجة الحرارة والكثافة والضغط.

وفي المقابل، تعمل الجاذبية في الاتجاه المعاكس؛ فجاذبية الشمس تحاول باستمرار سحب مادتها إلى الداخل، بينما يدفع الضغط الناتج عن الغاز الساخن والطاقة المتولدة في الداخل إلى الخارج. ويمكن تخيل الأمر وكأنه شد حبل كوني:

• **الجاذبية:** تسحب إلى الداخل.

• **الضغط:** يدفع إلى الخارج.

وعندما يتساوى تأثيرهما تقريباً، تصبح الشمس في حالة تُعرف باسم التوازن الهيدروستاتيكي. ويُعد هذا التوازن أحد الأسباب الرئيسية التي تجعل الشمس مستقرة، فلا تنهار على نفسها ولا تتمدد بشكل كارثي.

## ماذا لو زاد الاندماج النووي؟

قد نتخيل أن زيادة الاندماج ستجعل الشمس أكثر حرارة وإشعاعاً، وربما تؤدي إلى انفجارها، لكن ما يحدث أكثر إثارة للاهتمام:

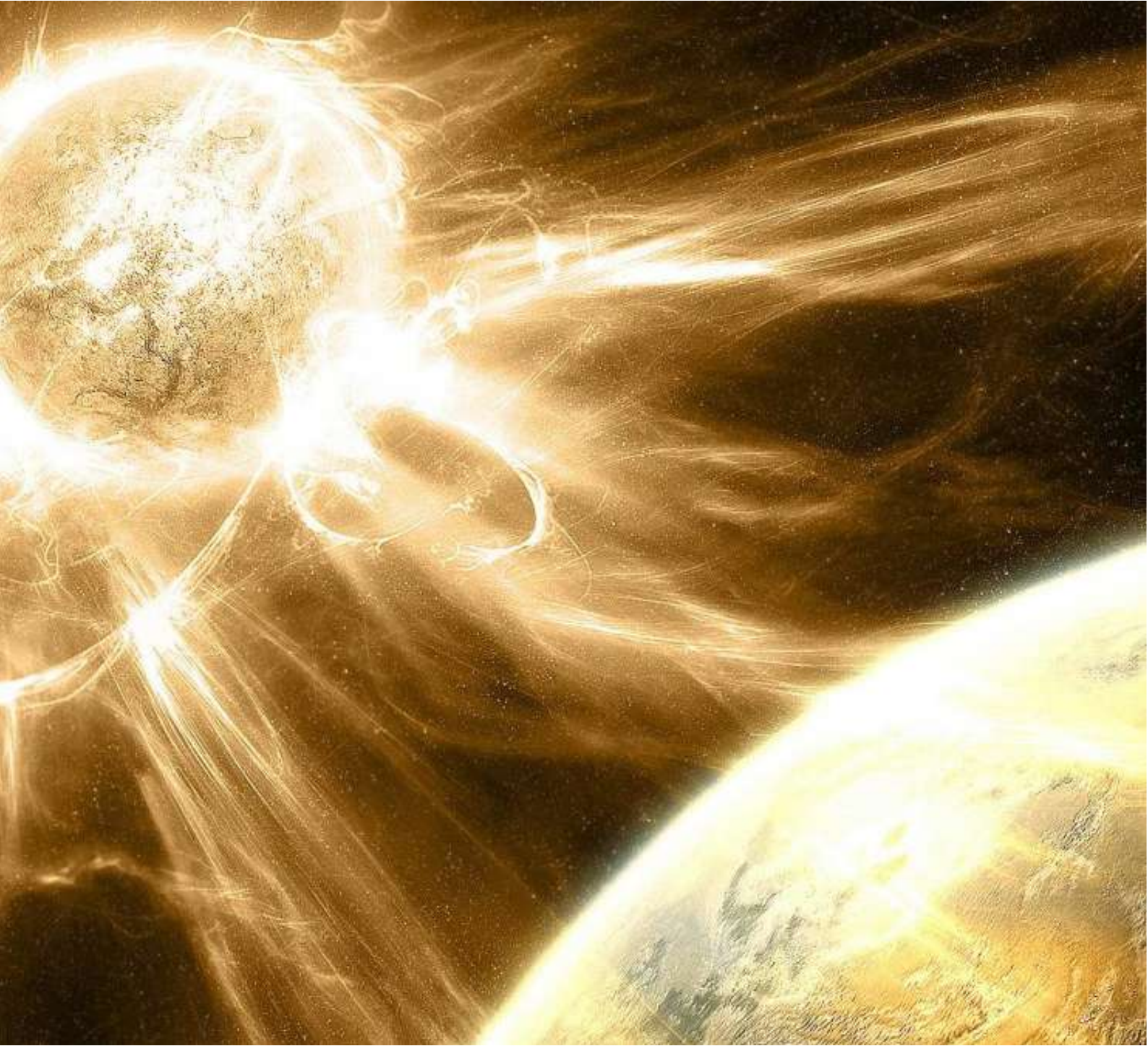
فإذا زادت سرعة التفاعلات النووية داخل النواة، فإن الطاقة والحرارة ستزدادان، فيرتفع الضغط الداخلي، مما يؤدي إلى تمدد النواة قليلاً. ومع تمددها، تنخفض درجة حرارتها وكثافتها، وبالتالي يقل معدل الاندماج النووي.

والعكس صحيح أيضاً؛ فإذا انخفض معدل الاندماج، تقل الطاقة والضغط، فتضغط الجاذبية النواة إلى الداخل، ترتفع حرارتها وكثافتها، ويزداد معدل الاندماج مرة أخرى.

أي إن الشمس تمتلك نوعاً من آلية التنظيم الطبيعية التي تساعد على الحفاظ على استقرارها. وهذا لا يعني أن الشمس تتحكم في نفسها بطريقة واعية، وإنما هو نتيجة مباشرة لقوانين الفيزياء التي تحكم سلوك المادة والطاقة والجاذبية.

## الشمس ليست قنبلة نووية

من المهم أيضًا أن نميز بين الاندماج النووي في النجوم والانفجار النووي. ففي القنبلة الهيدروجينية، تحدث تفاعلات نووية سريعة جدًا في ظروف مصممة لإطلاق الطاقة خلال فترة زمنية قصيرة للغاية. أما في الشمس، فتحدث التفاعلات بمعدل بطيء جدًا مقارنة بحجم الشمس وكمية مادتها. كما أن الظروف داخل النواة تجعل النظام في حالة توازن مستمر، وليس في حالة تفاعل انفجاري. لذلك، فرغم أن الشمس تنتج طاقة هائلة فإنها لا تفعل ذلك بطريقة تؤدي إلى انفجار مفاجئ.



## وهل ستستمر الشمس هكذا إلى الأبد؟

لا؛ فرغم أن الشمس مستقرة حاليًا، فإنها ليست أبدية. فالاندماج النووي يستهلك الهيدروجين الموجود في قلبها تدريجيًا، ومع مرور مليارات السنين ستتغير بنيتها وطريقة إنتاجها للطاقة.

وعندما ينخفض الهيدروجين في نواتها بشكل كبير، ستبدأ الشمس مرحلة جديدة من حياتها، وستتمدد لتصبح عملاقًا أحمر.

لكن هذا لن يحدث غدًا أو بعد سنوات قليلة؛ فالشمس ما زالت في مرحلة مستقرة من عمرها، ومن المتوقع أن تستمر في دمج الهيدروجين في قلبها لمليارات السنين القادمة.

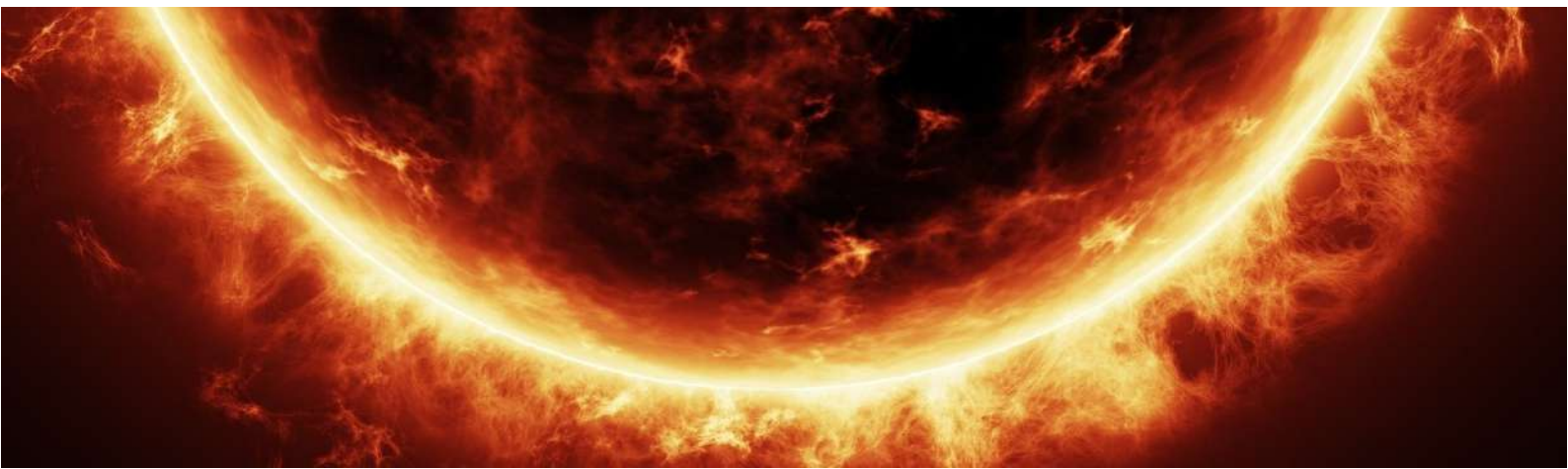
## في النهاية...

عندما ننظر إلى الشمس، فإننا لا ننظر فقط إلى مصدر للضوء والدفع، بل إلى نظام كوني متوازن بشكل مذهل.

ففي قلبها، تتحد نوى الهيدروجين لتكوين الهيليوم، فتتحول كمية صغيرة من الكتلة إلى طاقة هائلة. وفي المقابل، تعمل الجاذبية على ضغط الشمس إلى الداخل، بينما يدفع الضغط الناتج عن الحرارة والطاقة إلى الخارج. وبين هاتين القوتين تستمر الشمس في استقرارها لمليارات السنين.

لذلك، فالسبب في أن الشمس لا تتفجر ليس لأنها لا تنتج طاقة كافية، بل لأن الطاقة التي تنتجها، ومعدل إنتاجها، والضغط والجاذبية داخلها، كلها تعمل معًا ضمن توازن دقيق.

وربما أجمل ما في الأمر أن الضوء الذي نراه كل صباح هو نتيجة هذه العملية التي تحدث في أعماق الشمس، على بعد نحو 150 مليون كيلومتر منا. كل شعاع يصل إلى الأرض يحمل معه قصة تفاعل نووي بدأ في قلب نجمنا... قبل أن يبدأ رحلته الطويلة إلينا.



# رحلة إلى المكان الذي لا يعود منه الضوء

حكاية الثقوب السوداء من الاسم إلى قلب المجرات قبل أن نبدأ الرحلة... أحيانًا يكون أغرب شيء في العلم هو أن أبسط كلمة يمكن أن تخفي وراءها قصة كاملة. كلمة مثل «ثقب». نحن نعرف الثقب في حياتنا اليومية: حفرة في الأرض، ثقب في ورقة، فتحة في جدار. شيء له حدود ويمكنك أن تقترب منه وتنتظر إلى داخله. لكن الثقب الأسود لا يشبه أيًا من هذه الأشياء.

ولو أردنا أن نتخيله من خلال شيء نعرفه، فلن أقول لك: تخيله كحفرة، بل تخيله مثل طريق طويل، في نهايته باب لا يوجد بعد تخطيه رجوع. يمكنك الاقتراب، لكن عند نقطة معينة يصبح الرجوع مستحيلًا.

هذه ليست قصةً عن أجسام سوداء فحسب عائمة في الفضاء تنتظر أن تبتلع كل شيء. بل فيها نجوم تولد وتموت، وغاز يدور في دوامات، ومجرات لها قلوب غامضة، وضوء يحاول الهرب فيجد أن الطريق نفسه قد تغير.

سنبدأ من الاسم، ثم نرجع خطوة إلى الوراء لنعرف كيف يمكن لنجم أن يتحول إلى ثقب أسود، وبعدها نكبر الصورة: الثقوب متوسطة الكتلة، والوحوش التي توجد في مراكز المجرات، ثم القوس A\* في قلب مجرتنا، وأخيرًا كيف عرفنا كل هذا رغم أننا لا نرى الثقب نفسه.

**السؤال الذي يقودنا للمحطة الأولى هو:** إذا كان الثقب الأسود ليس له ضوء يصل إلينا، فكيف اسميناه أصلًا؟

## **الجزء الأول: كيف سمينا شيئًا لا نستطيع رؤيته؟**

عندما نسمي شيئًا جديدًا نبحث عادة عن كلمة تصفه. لكن ماذا تفعل عندما لا تستطيع رؤية الشيء من الأصل؟ هذه تقريبًا كانت مشكلة العلماء مع الثقوب السوداء.

في القرن الثامن عشر، تخيل جون ميشيل، ثم لابلاس، احتمال وجود نجوم تكون جاذبيتها قوية لدرجة أن الضوء نفسه لا يستطيع الإفلات منها. كانت الفكرة مبنية على فيزياء ذلك العصر، ولذلك هذه ليست الثقوب السوداء التي نعرفها، لكنها كانت بداية مذهلة.

ثم جاءت النسبية العامة لأينشتاين وغيرت طريقة فهم الجاذبية. لم تعد الجاذبية مجرد قوة تشد الأشياء، بل أصبحت الجاذبية تعبيرًا عن تأثير الكتلة والطاقة في شكل الزمكان. وبعد ذلك ظهر حل شوارزشيلد لمعادلات أينشتاين، وتطورت الفكرة التي نعرفها اليوم بأفق الحدث.

أما عبارة «الثقب الأسود»، فقد اشتهرت في ستينيات القرن العشرين، ويرتبط انتشارها بعالم الفيزياء جون أرشيبالد ويلر. الاسم نجح لأنه بسيط جدًا: «أسود» لأن الضوء لا يستطيع الخروج من داخل أفق الحدث، و«ثقب» لأنه يعطي إحساسًا بمنطقة لا عودة منها.

لكن الثقب الأسود ليس حفرة محفورة في الفضاء. إنه منطقة من الزمكان تحيط بها حدود تُعرف بأفق الحدث؛ وما إن يعبر شيء هذا الأفق إلى الداخل فلا يمكنه إرسال إشارة إلى الخارج وفق النسبية العامة. وهنا تأتي أول محطة في رحلتنا.

السؤال الذي يقودنا للمحطة الثانية: كيف يمكن لنجم أن يتحول في نهاية حياته إلى واحد من أكثر الأجسام غموضًا في الكون؟

## الجزء الثاني: الحكاية تبدأ بنجم

المثير أن الطريق إلى الثقب الأسود يبدأ من جسم يبدو عكسه تمامًا: نجم يضيء. النجم يعيش فترة طويلة في حالة توازن؛ الجاذبية تحاول ضغطه إلى الداخل، والطاقة الناتجة من التفاعلات النووية تساعد على مقاومة الانكماش.

تخيل بالونًا تحاول يدان ضغطه من كل اتجاه، وفي داخله شيء يدفع إلى الخارج. طالما التوازن موجود، يبقى الشكل مستقرًا. في النجم الوضع أعقد بكثير، لكن الفكرة تساعدنا على تصور الصراع بين الجاذبية والضغط. في داخل النجوم الضخمة تستمر مراحل من الاندماج النووي، ويتغير تركيب القلب. وعندما لا يعود القلب قادرًا على إنتاج الطاقة بالطريقة التي تمنع الانهيار، تبدأ الجاذبية في أخذ اليد العليا.

عندما ينهار قلب نجم ضخم في نهاية حياته، قد يصاحب ذلك مستعر أعظم يقذف جزءًا من الطبقات الخارجية، ووفي بعض الحالات قد يكون الانفجار ضعيفًا، أو قد يحدث انهيار مباشر، وإذا كانت كتلة البقايا المنهارة كبيرة بما يكفي بحيث لا يستطيع ضغط المادة إيقاف الانهيار، يمكن أن يتكوّن ثقب أسود.

ليس كل نجم ضخم يتحول تلقائيًا إلى ثقب أسود. كتلة النجم، وفقدانه للكتلة، وتركيبه، وتفاعله مع نجم مرافق كلها عوامل تغيّر النهاية. السؤال الذي يقودنا للمحطة الثالثة، إذا كان النجم يستطيع أن يترك وراءه ثقبًا أسود، فما طبيعة هذا الثقب، وكيف نكتشفه؟



## الجزء الثالث: الثقب الأسود النجمي: أول أفراد العائلة

الثقب الأسود النجمي هو ثقب أسود مرتبط بتطور نجم ضخم، وتكون كتلته عادة في نطاق عشرات الكتل الشمسية تقريبًا، مع وجود حالات ونطاقات أوسع. تخيل عشرات الشمس، لكن كتلتها مركزة في منطقة صغيرة جدًا. عندها تصبح الجاذبية مختلفة جذريًا عما نعرفه على الأرض.

بعض الثقوب النجمية توجد في أنظمة ثنائية. تخيل نجمين يدوران حول بعضهما، لكن أحدهما أصبح ثقبًا أسود. إذا كان قريبًا بما يكفي، يمكنه سحب الغاز من رفيقه.

الغاز لا يسقط مباشرة؛ لأنه يحمل زخمًا زاويًا. لذلك يدور في قرص تراكم، وتتحول طاقة الحركة والجاذبية إلى حرارة، وقد يصبح القرص ساخنًا لدرجة إصدار الأشعة السينية.

وهنا تأتي المفارقة الجميلة: الثقب الأسود نفسه لا نراه، لكن المادة حوله والأشعة السينية الصادرة عنها قد «تفضحه». كأن شخصًا في غرفة مظلمة لا تراه، لكنك ترى الستارة تتحرك وتعرف أن أحدًا موجودًا هناك. وهكذا يمكن أن نكتشف الثقب الأسود، ليس لأنه يضيء، بل لأن «الجريمة» تترك وراءها ضوءًا. ويمكن اكتشاف ثقوب سوداء أخرى عبر حركة النجوم أو عبر موجات الجاذبية الناتجة من اندماج ثقبين.

السؤال الذي يقودنا للمحطة الرابعة: إذا اندمجت الثقوب النجمية، فهل يمكن أن تُنتج ثقبًا أسود متوسط الكتلة؟

## الجزء الرابع: الثقوب السوداء متوسطة الكتلة: الحلقة التي نبحث عنها

تخيل سلمًا، في أسفله الثقوب النجمية، وفي أعلاه الثقوب فائقة الكتلة. بينهما منطقة أقل وضوحًا، وهي الثقوب السوداء متوسطة الكتلة، التي توضع تقريبًا في نطاق مئات إلى مئات الآلاف من الكتل الشمسية بحسب التعريف.

أهميتها أنها قد تكون مرحلة وسطى في نمو بعض الثقوب العملاقة. لكن العثور عليها أصعب؛ فقد تختبئ في عناقيد نجمية أو مجرات صغيرة أو بيئات لا تحتوي على غاز كافٍ لإنتاج ضوء قوي.

أحد السيناريوهات هو أن ثقبًا نجمية تندمج عدة مرات في بيئة كثيفة. تخيل مدينة مزدحمة جدًا، لكن بدل السيارات نجوم، وبدل الشوارع مدارات. كلما زاد الازدحام زادت فرص التفاعلات.

وهناك سيناريوهات أخرى لانهايار أجسام ضخمة أو تشكل بذور في الكون المبكر. لذلك لا يوجد حتى الآن طريق واحد محسوم.

ومن أبرز الأمثلة على ذلك، حدث موجات الجاذبية GW190521، الذي رصده LIGO و Virgo في 21 مايو 2019. وكان متوافقًا مع اندماج ثقبين أسودين، كتلتها نحو 85 و 66 كتلة شمسية، لينتج عن ذلك ثقب أسود نهائي كتلته نحو 142 كتلة شمسية، وهو مثال على أن الاندماجات تستطيع دفع الكتلة إلى نطاقات أكبر، ويقع ضمن نطاق الثقوب السوداء متوسطة الكتلة.

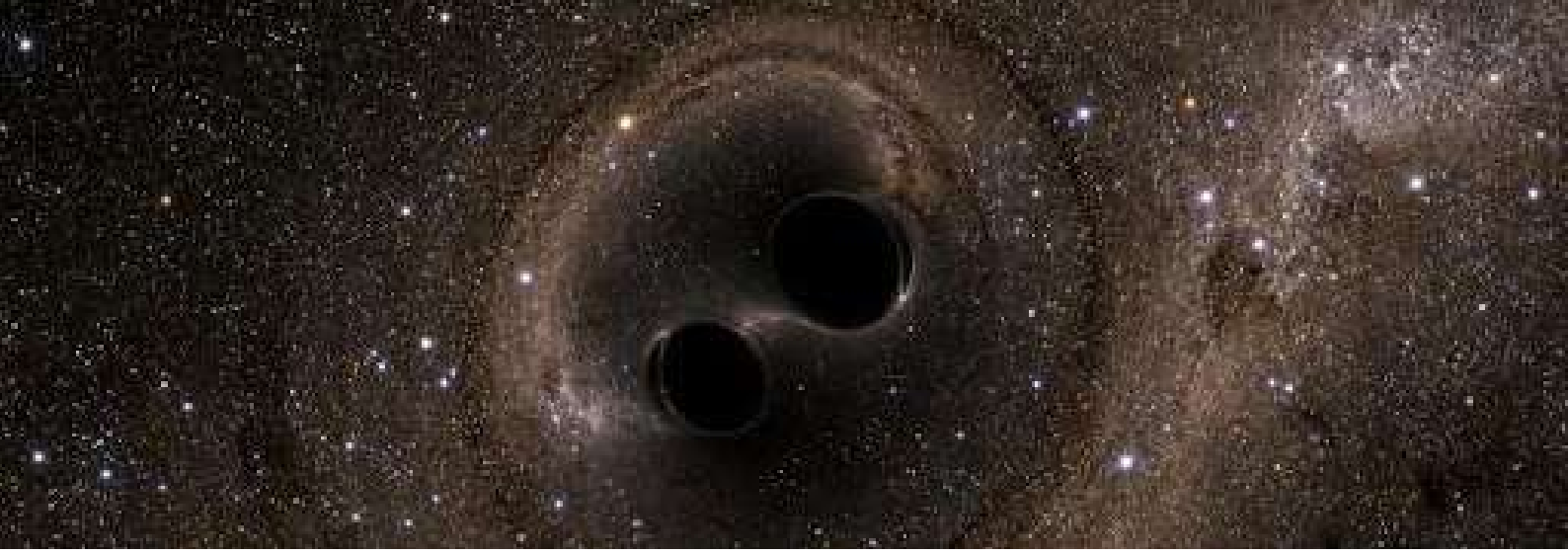
السؤال الذي يقودنا للمحطة الخامسة: إذا كانت الثقوب المتوسطة جسرًا، فكيف تصل إلى ملايين أو مليارات الكتل الشمسية لتسكن قلب المجرات؟

## الجزء الخامس: الوحوش التي تسكن قلوب المجرات

الآن نصل إلى الثقوب السوداء فائقة الكتلة. يمكن أن تصل كتلتها إلى ملايين أو مليارات أضعاف كتلة الشمس، وتوجد هذه الثقوب في مراكز معظم المجرات الكبيرة.

فكر في المجرة كمدينة هائلة من النجوم. المركز منطقة شديدة الكثافة والتعقيد. لكن لا تتخيل الثقب الأسود ككرة سوداء في المنتصف تسحب المجرة كلها؛ فمعظم النجوم بعيدة جدًا، وتتأثر بجاذبية الكتلة الكلية للمجرة. السؤال الأصعب هو: ما أصل هذه الوحوش؟ والإجابة التي معنا حاليًا هي أنه ربما تبدأ بعض الحالات ببذور صغيرة ناتجة من نجوم مبكرة ثم تنمو بالغاز والاندماجات. وربما بدأت حالات أخرى ببذور أثقل من انهيار مباشر لسحب غاز ضخمة في الكون المبكر.

تخيل بناء جبل من الرمل بحبة واحدة كل ثانية. سيكبر، لكنك تحتاج وقتًا. المشكلة أن بعض الثقوب العملاقة ظهرت عندما كان الكون صغير السن نسبيًا، ولذلك يدرس العلماء كيف يمكن أن تكون قد بدأت ببذور كبيرة منذ البداية. السؤال الذي يقودنا للمحطة السادسة: كيف يستطيع هذا الوحش أن يكبر إلى هذا الحد؟



## الجزء السادس: كيف يكبر الثقب الأسود؟

علينا أن ننسى صورة المكنسة الكهربائية. الثقب الأسود لا يسحب كل شيء حوله بلا حدود. المادة تحمل زخمًا زاويًا، ولذلك تدور قبل أن تقترب من الداخل.

تخيل كرة تدور في حوض. لن تتجه إلى المركز فورًا؛ ولكي تصل إليه، يجب أن تفقد جزءًا من زخمها الزاوي. الغاز حول الثقب أكثر تعقيدًا، لكن الفكرة قريبة.

يتشكل قرص التراكم، وتحدث فيه تفاعلات واحتكاكات واضطرابات ومجالات مغناطيسية تجعل المادة شديدة السخونة. ومن هنا يمكن أن يأتي الإشعاع.

وفي بعض الأنظمة تظهر نفاثات من الجسيمات تمتد لمسافات هائلة. هذه النفاثات ترتبط بالبيئة المغناطيسية والمادة حول الثقب الأسود، لا بخروج شيء من داخل أفق الحدث.

والثقب ينمو أيضًا بالاندماج. عندما تتفاعل مجرتان، يمكن أن تقترب الثقوب السوداء المركزية ثم تندمج، مطلقة موجات جاذبية.

السؤال الذي يقودنا للمحطة السابعة: إذا كان الثقب الأسود يكبر داخل المجرة، فلماذا يوجد غالبًا في المركز؟

## الجزء السابع: لماذا قلب المجرة؟

قد يبدو الأمر كأن الثقب الأسود اختار أفضل مقعد وجلس في المنتصف. لكن مركز المجرة مرتبط بتركيز الكتلة وكثافة النجوم والغاز وعمليات ديناميكية استمرت مليارات السنين.

تخيل طبقًا تحرك محتوياته بملعقة نحو المركز. المثال ليس مطابقًا للفيزياء، لكنه يساعد على تصور إعادة توزيع المادة. في المجرات توجد عمليات أعقد، منها تفاعلات الجاذبية والاحتكاك الديناميكي والاندماجات المجرية وحركة الغاز.



ومع الوقت تصبح البيئة المركزية مناسبة لنمو الثقب. ثم تنقلب العلاقة: الثقب الأسود النشط قد يسخن الغاز أو يدفعه بعيدًا بالإشعاع والرياح والنفاثات، فيؤثر في تكوّن النجوم. لهذا يتحدث العلماء عن تطور مشترك بين المجرة وثقبها الأسود المركزي. السؤال الذي يقودنا للمحطة الثامنة: إذا كان في قلب مجرتنا ثقب أسود، فماذا يحدث هناك الآن؟

## الجزء الثامن: القوس A\* – الوحش الهادئ في قلب بيتنا

في مركز درب التبانة يوجد Sagittarius A\*، أو القوس A\*، كتلته تقارب أربعة ملايين كتلة شمسية ويبعد عنا نحو 26 ألف سنة ضوئية.

الغبار يحجب مركز المجرة في الضوء المرئي، لذلك نستخدم أطوالاً موجية أخرى مثل الأشعة تحت الحمراء والراديو والأشعة السينية. ومن أقوى الأدلة حركة النجوم القريبة. نرى نجومًا تدور بسرعات كبيرة حول منطقة صغيرة لا نرى فيها جسمًا مضيئًا يفسر الكتلة. من المدارات يمكن حساب كتلة الجسم المركزي.

تخيل أنك لا ترى طفلًا خلف ستارة، لكنك ترى الستارة تتحرك بسرعة في مسار دائري. لا تحتاج لرؤية الطفل كي تعرف أن شيئًا يحركها. وفي عام 2022 نشر Event Horizon Telescope أول صورة للقوس A\*. الصورة ليست للداخل، بل للبنية المضيئة والظل الذي يظهر بسبب الضوء من الغاز الساخن وتأثير الجاذبية في مسارات الضوء. السؤال الذي يقودنا للمحطة العاشرة: هل يمكن أن تكون هناك ثقوب سوداء أقدم من النجوم نفسها؟

## الجزء التاسع: M87 – الصورة التي جعلت المستحيل مرئيًا

في أبريل 2019 أعلن عن أول صورة لظل ثقب أسود، وهو الثقب فائق الكتلة في مركز المجرة M87.

الصورة ليست لقطة للثقب من الداخل؛ لا يمكن للضوء أن يخرج من داخل أفق الحدث. ما نراه هو الضوء القادم من المادة الساخنة المحيطة، والمنطقة المظلمة التي يصنعها الثقب في هذا الضوء.

لم يستخدم العلماء تلسكوبًا واحدًا بحجم الأرض، بل جمع Event Horizon Telescope بيانات مرصد راديوية حول العالم بتقنيات جعلت المجموعة تعمل مثل تلسكوب افتراضي بقدرة تمييز هائلة.

يمكن تشبيه ذلك بعدة أشخاص يسجلون حدثًا واحدًا من أماكن مختلفة. كل تسجيل بمفرده ناقص، لكن دمج البيانات بدقة يسمح بإعادة بناء الصورة. الثقب في M87 هائل، فتبلغ كتلته مليارات الكتل الشمسية.

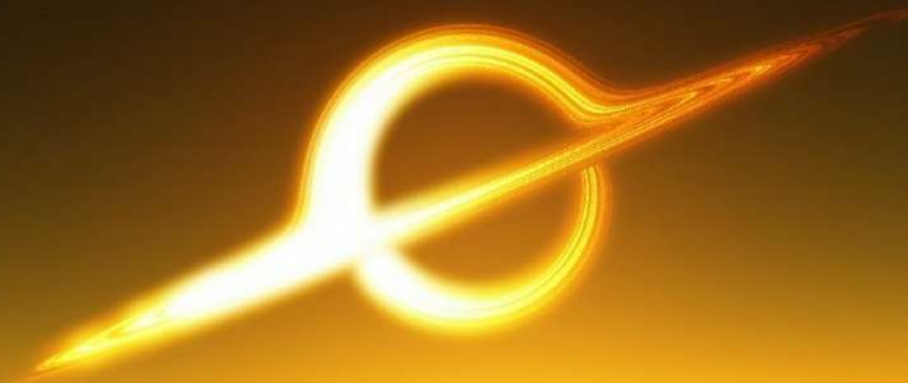
السؤال الذي يقودنا للمحطة العاشرة: هل يمكن أن تكون هناك ثقوب سوداء أقدم من النجوم نفسها؟

## الجزء العاشر: ماذا لو سبقت الثقوب السوداء النجوم؟

هناك فكرة أكثر غرابة: ماذا لو وُلدت بعض الثقوب السوداء قبل النجوم والمجرات؟ هذه هي الثقوب السوداء البدائية.

تقترح بعض النماذج أن مناطق شديدة الكثافة في الكون المبكر ربما انهارت مباشرة إلى ثقوب سوداء. لو حدث ذلك فلن تحتاج هذه الثقوب إلى نجم يموت. تخيل عجينة خبز مليئة بتموجات، وفي موضع واحد يصبح ضغط أو كثافة الموجات أكبر بكثير من بقية الأماكن. التشبيه ليس فيزيائيًا حرفيًا، لكنه يساعد على تصور الفكرة.

كتل هذه الثقوب الافتراضية يمكن أن تختلف كثيرًا. وبعض الثقوب الصغيرة قد تفقد كتلتها عبر إشعاع هوكينغ، ووفق تنبؤ هوكينغ النظري، يمكن للثقوب السوداء أن تفقد كتلتها تدريجيًا عبر إشعاع هوكينغ، ولذلك يُتوقع أن تكون الثقوب البدائية الأقل كتلة قد تبخرت خلال تاريخ الكون، بينما يمكن للأكبر كتلة أن تبقى حتى اليوم.





حتى الآن لا يوجد دليل حاسم يثبت وجود الثقوب السوداء البدائية، لذلك تبقى فرضية بحثية. السؤال الذي يقودنا للمحطة الحادية عشرة: إذا لم نره، فكيف نعرف أي نوع من الثقوب أمامنا؟

## الجزء الحادي عشر: كيف نكتشف شيئاً لا نراه؟

هنا يصبح علم الفلك أشبه بالتحقيق. لا نرى الثقب نفسه، فنبحث عن آثاره. الأثر الأول حركة النجوم. إذا دار نجم حول جسم غير مرئي، يمكن استخدام المدار لحساب كتلته. إذا كانت الكتلة هائلة ومركزة في مساحة صغيرة جداً، يصبح الثقب الأسود تفسيراً قوياً.

الأثر الثاني قرص التراكم. المادة الساخنة حول الثقب يمكن أن تبعث أشعة سينية وأطوالاً موجية أخرى.

الأثر الثالث هو تأثير عدسة الجاذبية؛ فالكتلة تحني الزمكان وتغيّر مسار الضوء القادم من خلفها.

الأثر الرابع موجات الجاذبية: عند اندماج ثقبين أسودين تنتشر تموجات في الزمكان ويمكن لرصدها أن يكشف الاندماج.

ثم تأتي صورة الظل، التي تجمع الضوء والجاذبية والبيئة المحيطة في دليل بصري مذهل. السؤال الذي يقودنا للمحطة الثانية عشرة: بعد كل هذه الإجابات، هل انتهت الحكاية فعلاً؟

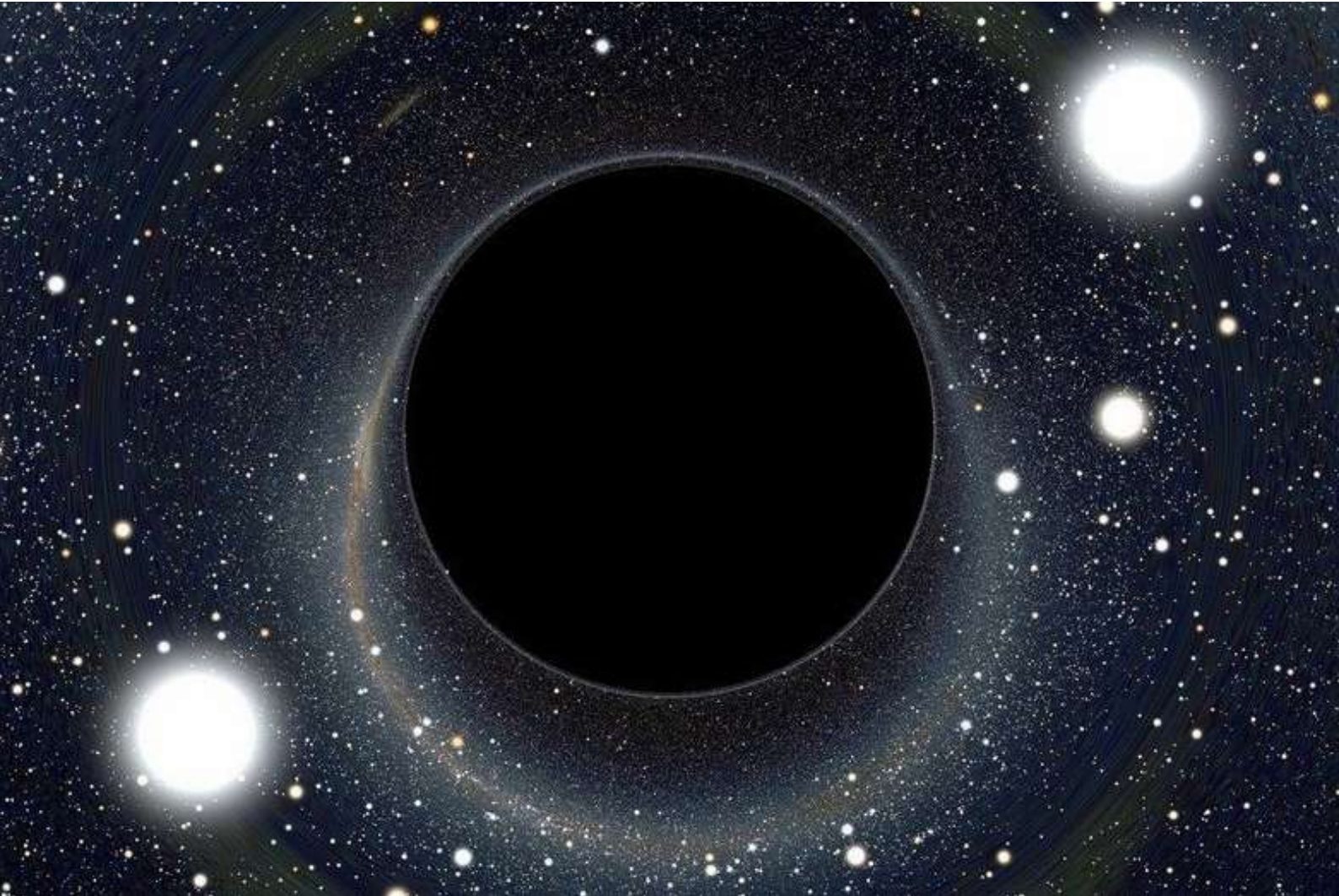
## الخاتمة: لم نصل بعد إلى نهاية الطريق

بدأنا بكلمة صغيرة: «ثقب». ثم اكتشفنا أن الكلمة أصغر بكثير من الشيء الذي تصفه. وراءها تاريخ من الأسئلة عن الضوء والجاذبية، ونجوم تولد وتموت، ومجرات لها مراكز غامضة، وأجسام تنمو بالغاز والاندماجات.

الثقوب النجمية تدكي قصة موت النجوم الضخمة. والثقوب متوسطة الكتلة قد تكون حلقة مهمة في قصة النمو. أما الثقوب فائقة الكتلة فتفتح سؤالاً أكبر عن العلاقة بين الثقب والمجرة.

والأجمل أن العلماء لم يبدأوا بصورة. بدأوا بآثار: نجم يتحرك، وغاز يلمع، وضوء ينحني، وموجة جاذبية تصل بعد رحلة طويلة. ثم، بعد سنوات من العمل، أصبح لدينا صورة لظل شيء لا يستطيع الضوء الخروج منه.

لذلك ربما لم يكن الظلام نهاية الرؤية. كان بداية طريقة جديدة للرؤية. وربما يكون السؤال الأجمل في النهاية ليس «ما هو الثقب الأسود؟»، بل «ماذا سيخبرنا الثقب الأسود عن الكون عندما نفهمه أكثر؟».





# أسرع من الضوء

خالد عبد العزيز المعمرى

عضو في الجمعية العمانية للفلك والفضاء

## مدخل:

عرّف العلماء الضوء بأنه إشعاع كهرومغناطيسي يُظهر ازدواجية الموجة والجسيم؛ فهو يتصرف في بعض الظواهر كموجة كهرومغناطيسية، وفي ظواهر أخرى على هيئة كمّات من الطاقة تُسمّى الفوتونات. وللضوء خصائص وظواهر عديدة، من أبرزها:

| الظواهر الضوئية                                                                                                                                                                                                                        | خصائص الضوء                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>البرق <i>Lightning</i></p> <p>وقوس المطر <i>rainbow</i></p> <p>والشفق القطبي <i>aurora</i></p> <p>وإشعاع الجسم الأسود <i>black-body</i></p> <p>والتأثير الكهروضوئي <i>photoelectric</i></p> <p>والانزياح الأحمر <i>redshift</i></p> | <p>الانعكاس:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>المنتظم</li> <li>والمشتت</li> </ul> <p>الانكسار:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>قانون سنل</li> <li>ومبدأ هويجنز</li> </ul> <p>الانتقال:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>النفاذية</li> </ul> <p>التداخل والحيود:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>شقّ يونغ</li> <li>تجربة الشق الواحد</li> <li>محزوز الحيود</li> </ul> |

## سرعة الضوء:

وفي سياق الحديث عن الضوء، فإنه يستطيع الانتقال عبر الفراغ من دون حاجة إلى وسط ناقل كالأثير. وتبلغ سرعة الضوء في الفراغ 299,792.458 كيلومترًا في الثانية بالضبط، وهي الحد الأعلى لسرعة انتقال المعلومات أو الأجسام المادية محليًا وفق النسبية الخاصة. كما ينتقل الضوء في الأوساط المادية، مثل الهواء والماء والزجاج، بسرعة أقل من سرعته في الفراغ تبعًا لمعامل انكسار الوسط.

| العالم                                                                          | نوع القياس                                  | التجربة/المبدأ المتبع                                     | السنة                      | الاستنتاج/سرعة الضوء                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ابن الهيثم، وأنيو الريحان البيروني، ونقي الدين بن معروف                         | كيفي<br>Qualitative                         | ----                                                      | الفترة من 1021 إلى 1574 م  | أن الضوء سرعة محددة ويتغير بتغير الوسط الناقل له وأن الضوء أسرع من الصوت                                   |
| جاليليو جاليليه                                                                 | كيفي<br>Qualitative                         | استجابة الإنسان لصدى الضوء                                | 1589 إلى 1638 م            | زمن الاستجابة قصيرة وبالتالي فإن سرعة الضوء عالية لأبعد الحدود وأن الضوء أسرع من الصوت بعشر مرات على الأقل |
| أول رومر                                                                        | كيفي وكمي<br>Qualitative & Quantitative     | (دوران أو خسوف) أحد أقمار كوكب المشتري                    | 1676 م                     | قدر سرعة الضوء بين 220 ألف إلى 240 ألف كم/ث وأن الضوء رغم سرعته الكبيرة إلا أن له قيمة محددة               |
| هيبوليت فيزو                                                                    | كمي<br>Quantitative                         | عجلة مسننة قابلة للدوران                                  | 1849 م                     | 315 ألف كم/ث                                                                                               |
| ليون فوكو                                                                       | كمي<br>Quantitative                         | مرآة دوارة ومرآة ثابتة                                    | 1862 م                     | نحو 298 ألف كم/ث                                                                                           |
| ألبرت مايكلسون                                                                  | كمي<br>Quantitative                         | مرآة دوارة متعددة الأوجه ومسار قياس طويل                  | 1926 م                     | نحو 299,796 كم/ث (قياسات تاريخية)                                                                          |
| المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM) / المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) | كيفي وكمي<br>Qualitative & Quantitative     | تعريف المتر اعتمادًا على قيمة ثابتة لسرعة الضوء في الفراغ | 1983 م                     | $c = 299,792.458$ كم/ث بالضبط                                                                              |
| صبري النمرdash وعبد الدائم الكحيل ومحمد دويج ومنصور محمد حسب النبي              | استقرائي، استنباطي<br>Inductive & Deductive | طرح تفسيري/استنباطي؛ وليس طريقة قياس تجريبية لسرعة الضوء  | الفترة بين 1990 إلى 2012 م | لا يعد قياسًا علميًا مستقلًا لسرعة الضوء                                                                   |

## نسبية سرعة الضوء:

تؤكد النسبية الخاصة أن سرعة الضوء في الفراغ  $c$  ثابتة لجميع المراقبين العطاليين، وتساوي 299,792.458 كيلومترًا في الثانية. ومع ذلك، طُرحت في الفيزياء النظرية نماذج وافتراضات تبحث إمكان تغيير بعض الثوابت الفيزيائية أو اختلاف سرعة انتشار الضوء في ظروف كونية مبكرة. وتظل هذه النماذج موضوعًا نظريًا يحتاج إلى أدلة رصدية، ولا تعني أن أجسامًا مادية يمكنها محليًا تجاوز سرعة الضوء في الفراغ.

1. البريطاني بول ديراك Paul Dirac (1902-1984م)، الذي طرح «فرضية الأعداد الكبيرة» واقترح إمكان تغيير بعض الثوابت الفيزيائية مع الزمن الكوني.
2. البرتغالي جواو ماجويجو João Magueijo (مواليد 1967م)، وهو من الباحثين الذين طوّروا نماذج «سرعة الضوء المتغيرة» Varying Speed of Light (VSL) في سياقات كونية نظرية.

## أسرع من سرعة الضوء:

وهنا يطرح السؤال المحوري نفسه: هل تسمح الفيزياء لجسم object أو جسيم particle بأن ينتقل محليًا عبر الفراغ بسرعة تتجاوز سرعة الضوء، أي بحركة أسرع من الضوء Superluminal motion؟ وفق النسبية الخاصة، لا يمكن لجسم ذي كتلة ساكنة أن يُسرَّع حتى سرعة الضوء أو يتجاوزها.

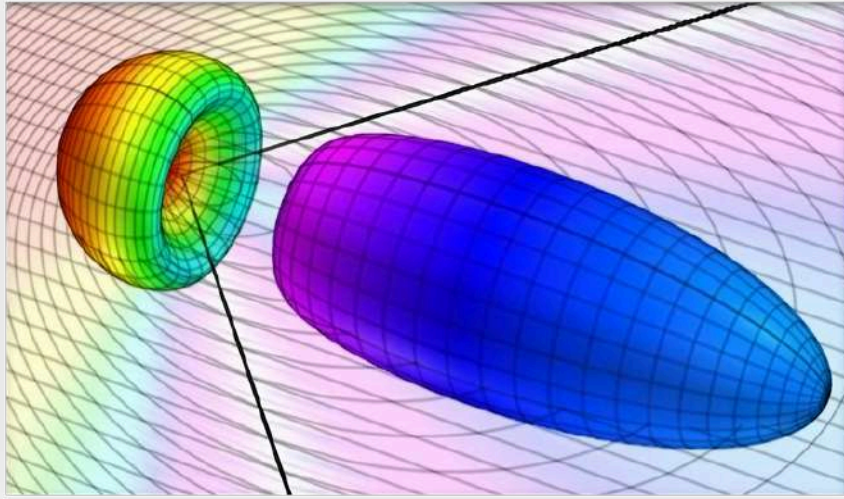
أما مصطلح «أسرع من الضوء» Faster Than Light (F.T.L) فهو أقدم من عام 2003م ومتداول في الفيزياء والخيال العلمي منذ عقود. وفي عام 2003م نشر الفيزيائي جواو ماجويجو كتابًا علميًا موجَّهًا إلى الجمهور بعنوان Faster Than the Speed of Light: The Story of a Scientific Speculation، عرض فيه أفكارًا حول نماذج سرعة الضوء المتغيرة؛ والكتاب ليس رواية خيال علمي.

وبالعودة إلى السؤال المحوري، يمكن تناول المسألة على مستويين: الأول يتعلق بالجسيمات والفيزياء الكمومية، والثاني يتعلق ببنية الزمكان والتمدد الكوني. ومن المهم التمييز بين حركة جسم محليًا عبر الفضاء وبين ازدياد المسافة بين مناطق متباعدة من الكون بسبب تمدد الفضاء نفسه.



## أولاً: على مستوى الجسيمات والفيزياء الكمومية quantum<sup>1</sup>:

- تتحرك الجسيمات عديمة الكتلة، ومنها الفوتونات في الفراغ، بسرعة الضوء  $c$ . أما الجسيمات ذات الكتلة الساكنة فتتحرك بسرعات أقل من  $c$  وفق النسبية الخاصة.
- في عام 1967م ناقش الفيزيائي الأمريكي جيرالد فاينبرغ Gerald Feinberg مفهوم جسيمات افتراضية سُميت لاحقاً «التاكيونات» tachyons، وهي جسيمات يُفترض نظرياً أنها تتحرك دائماً أسرع من الضوء. ولم يُثبت وجود التاكيونات تجريبياً حتى الآن.



- النيوترينو neutrino جسيم أولي متعادل كهربائياً، وتنتج أنواع منه في تفاعلات الاندماج النووي في الشمس وفي عمليات فيزيائية أخرى. وقد أثبتت ظاهرة تذبذب النيوترينوات أن لها كتلاً غير صفرية، وإن كانت صغيرة جداً. ولا توجد أدلة موثوقة على أن النيوترينوات جسيمات تاكيونية أو أنها تتحرك أسرع من الضوء؛ فالقياسات اللاحقة لتجربة OPERA عام 2012 كانت متوافقة مع سرعة الضوء، وتبين أن الإشارة السابقة إلى سرعة فوق ضوئية نتجت من خلل في نظام.

## ثانياً: على المستوى الكوني والزمكان spacetime:

- في النسبية العامة، الزمكان بنية ديناميكية يمكن أن تتأثر بالمادة والطاقة، ويُوصف هندسياً بالانحناء. وعلى المقاييس الكونية يتمدد الكون، أي إن المسافات بين المجرات البعيدة غير المرتبطة جاذبياً تزداد مع الزمن.
- تشير القياسات الكونية الحديثة إلى أن المادة العادية تمثل نحو 5% من محتوى الكون، بينما تمثل المادة المظلمة والطاقة المظلمة معاً نحو 95% تقريباً. ترتبط المادة المظلمة بالتأثيرات الجاذبية في المجرات والبنى الكونية، في حين ترتبط الطاقة المظلمة بالتسارع المرصود في تمدد الكون.

- وبسبب تمدد الكون يمكن أن تزداد المسافة بين منطقتين بعيدتين بمعدل يتجاوز  $c$ ، من دون أن يعني ذلك أن جسمًا محليًا تحرك عبر الفضاء أسرع من الضوء أو أن النسبية الخاصة قد انتهكت. لذلك لا يصح إسناد «سرعة لحظية للزمكان» بوحدة سنة ضوئية في الثانية على النحو الوارد سابقًا من دون تحديد نموذج كوني ومسافة مرجعية.
- ويُعبّر عن معدل التمدد الكوني بعلاقة هابل، حيث يُقاس ثابت هابل  $H_0$  بوحدة كيلومتر في الثانية لكل ميغابارسك (km/s/Mpc)، وليس بوحدة تسارع. كما أن قيمته ليست 73 رقمًا ثابتًا نهائيًا؛ إذ تختلف التقديرات باختلاف طريقة القياس، وهو ما يُعرف بتوتر هابل. أما «تسارع تمدد الكون» فهو مفهوم مختلف عن قيمة ثابت هابل نفسها.

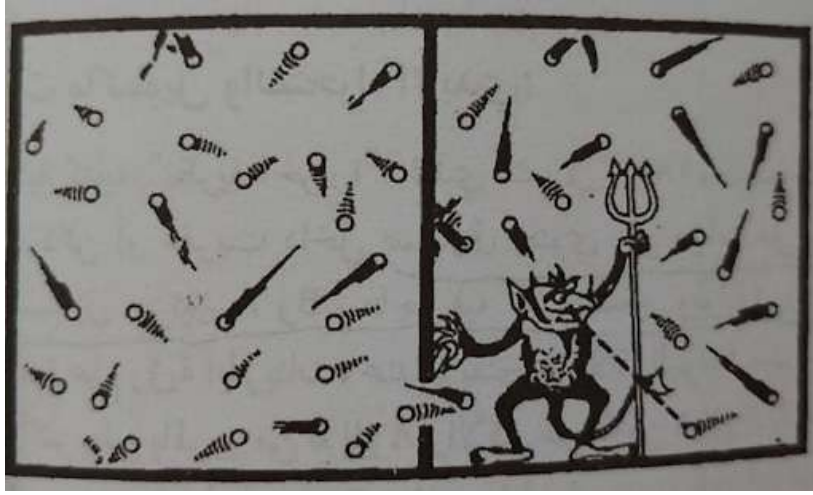
## الخاتمة:

وفي ختام رحلتنا يبقى السؤال: «هل يمكننا كسر حاجز الضوء؟». وفق الفيزياء المثبتة حاليًا، تمثل سرعة الضوء في الفراغ حدًا أساسيًا للحركة المحلية وانتقال المعلومات. وقد تتيح بعض الحلول والنماذج النظرية في النسبية العامة أو الفيزياء النظرية أوصافًا تبدو فوق ضوئية، مثل تمدد الفضاء على مسافات كونية، لكنها لا تمثل حتى الآن وسيلة مثبتة لنقل مادة أو معلومات محليًا أسرع من الضوء. ويبقى فهم هذه الحدود من المسائل التي تحفز البحث العلمي وتوسّع معرفتنا بالكون.

# عفريت ماكسويل والمتحرك الأبدي

مع نهاية كتابه " نظرية الحرارة " الذي نشر في 1871 ، كتب ماكسويل أنه لو كان هناك كائن أو عفريت داخل صندوق يحتوي على هواء ( على سبيل المثال ، صندوق منقسم إلى جزئين A و B بحاجز فيه ثقب صغير و بوابة ) ، وإذا كان لدى العفريت القدرة على رؤية الجزيئات ، عندئذ بفتح وإغلاق البوابة يمكن له أن يسمح للجزيئات الأكثر بطئا بالمرور من B إلى A و الأكثر سرعة من A إلى B وكما في الشكل التالي.

الأستاذ مهند قاسم محمد



عفريت ماكسويل

قد يرفع ذلك من درجة الحرارة في B ويخفضها في A ، بدون بذل أي شغل ، وهو ما يتناقض مع القانون الثاني للديناميكا الحرارية .

هذه هي متناقضة عفريت ماكسويل ، الذي يعتبر نظاما ميكانيكيا أو الكترونيا ، قادرا على إحداث زيادة محددة في النظام بالاختيار من بين خيارات ممكنة متعددة قائمة على بعض المعلومات السابقة التي تم الحصول عليها ، وقد جذب اهتمام العديد من أجيال علماء الفيزياء و الرياضيات ، ويجب ان نشير ان من بينهم بشكل خاص أسماء

( ماريان سمولاشوفسكي 1872-1917 ، ليو سزلارد -1964  
1898 ، نوربرت فينر 1894-1964 جون كلارك ستلاتر -1900  
1976 ، و ليون برليون 1889-1969 )

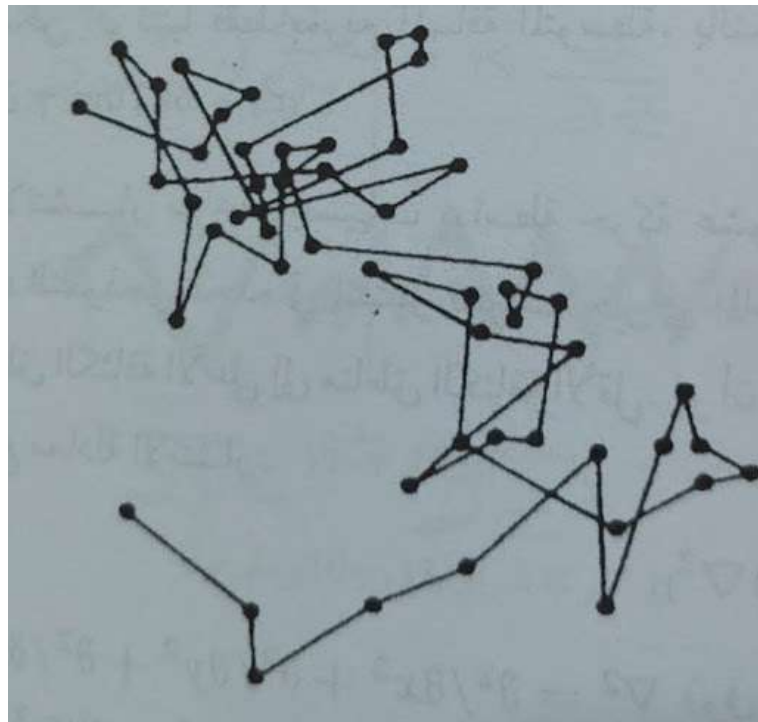
وأعطى الأخير الحل التالي للمتناقضة : حيث أن النظام يعتبر في حالة توازن ، يوجد داخل الغاز اشعاع جسم أسود ، وذلك يجعل من المستحيل تمييز أي شيء موزع بشكل موحد الخواص داخل الصندوق ، عندئذ لكي تكون هناك قدرة على رؤية جزئ ، يحتاج العفريت لإضاءته باشعاع عند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغاز. تصل للعفريت معلومات حول سرعة الجزئ ويفتح أو يغلق البوابة تبعا لذلك : في العملية ، هناك انخفاض في أنتروبيا الغاز، لكن الاشعاع عند درجة حرارة أعلى ، بعد أن يكون قد تم امتصاصه بواسطة عين العفريت ( كشاف ضوئي ) ، عند درجة حرارة اقل ، يرفع أنتروبيا . لا تكون النتيجة النهائية انخفاضا بل زيادة في أنتروبيا النظام في مجمله ( الغاز + الاشعاع + العفريت )

تري أن عفريت ماكسويل لا يمكنه إنجاز هدفه في إيجاد اختلاف في درجتي الحرارة بين نصفي الصندوق، قد تسمح بتشغيل محرك حراري، ابتداءً من نظام في حالة توازن. لكن من الممكن استيعاب نظم أخرى لا تعمل بالضبط على مستوى جزيئي، تنتفع من التذبذب. كما رأينا هذه الذبذبات نتيجة للحركة الحرارية للجزيئات.

على سبيل المثال، لو لاحظنا حبوب لقاح معلقة في الماء بميكروسكوب قوي نراها تتحرك على مسارات عشوائية. يطلق على ذلك الحركة البراونية على اسم مكتشفها عالم النبات روبرت براون وهي تعود إلى تصادمات جزيئات الماء بالجسيمات المعلقة.

الجسيم البراوني أكبر من الجزيئات . وبذلك عند كل زمن  $t$  ، يعاني من عدد كبير من التصادمات العشوائية ، مما يؤدي إلى سرعة متوسطة ما ، لكنه يتحرك في اتجاه عشوائي . لو أن الجسيم تم وصفها بالشكل التالي  $\vec{r} = v$  حيث ان  $\vec{r}$  يمثل متجه الموقع بالنسبة لنظام احداثيات ما ، نحصل على الوصف الديناميكي لحركته بما يسمى معادلة لانجفن وتكتب بالعلاقة الرياضية التالية :

$$\dot{\vec{v}} = -\gamma \vec{v} + A(t) \rightarrow (1)$$



حيث الحد الأول على اليمين يمثل قوة الاحتكاك لكل وحدة كتلة  $\gamma$  . ثابت الكمية ،  $A(t)$  يمثل قوة عشوائية ( أيضا لكل وحدة الكتلة ) يكون متوسطها في القيمة والاتجاه تساوي صفر ، والمعادلة (1) هي معادلة تصادفية

بالتناقض مع النظم الديناميكية والتي كان لها مسارات محددة جيداً، هنا تؤدي الطبيعة العشوائية للقوة المؤثرة على كتلة ما مقدارها  $m$  إلى حركة عشوائية (المتغيرات العشوائية يتم استخدامها لوصف عمليات تصادفية). على سبيل المثال، يمكن تتبعاً فقط بمربع المسافة المتوسطة بالنسبة للفترة الزمنية الطويلة، نجد أن المقدار التالي:

$$\langle r^2 \rangle = \frac{6kTe}{m}$$

يصف الانتشار سرعة الجسيمات بواسطة حركة عشوائية (مثل الحركة البراونية). المثال النموذجي نجده في انتشار قطرات حبر في الماء. تتحرك الجسيمات تصادفياً من مناطق الكثافة الأعلى إلى مناطق الكثافة الأقل. لو أن كثافة الجسيمات هي  $n(r,t)$ ، وبذلك نحصل على معادلة الانتشار:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = D \nabla^2 n \rightarrow (2)$$

حيث  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$  وفي بعد واحد يمكن اعتبارها ببساطة

$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2}$  و  $D$  يمثل معامل الانتشار. وأن حل المعادلة (2) هو:

$$n(r,t) = \frac{1}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-\frac{r^2}{4Dt}} \rightarrow (3)$$

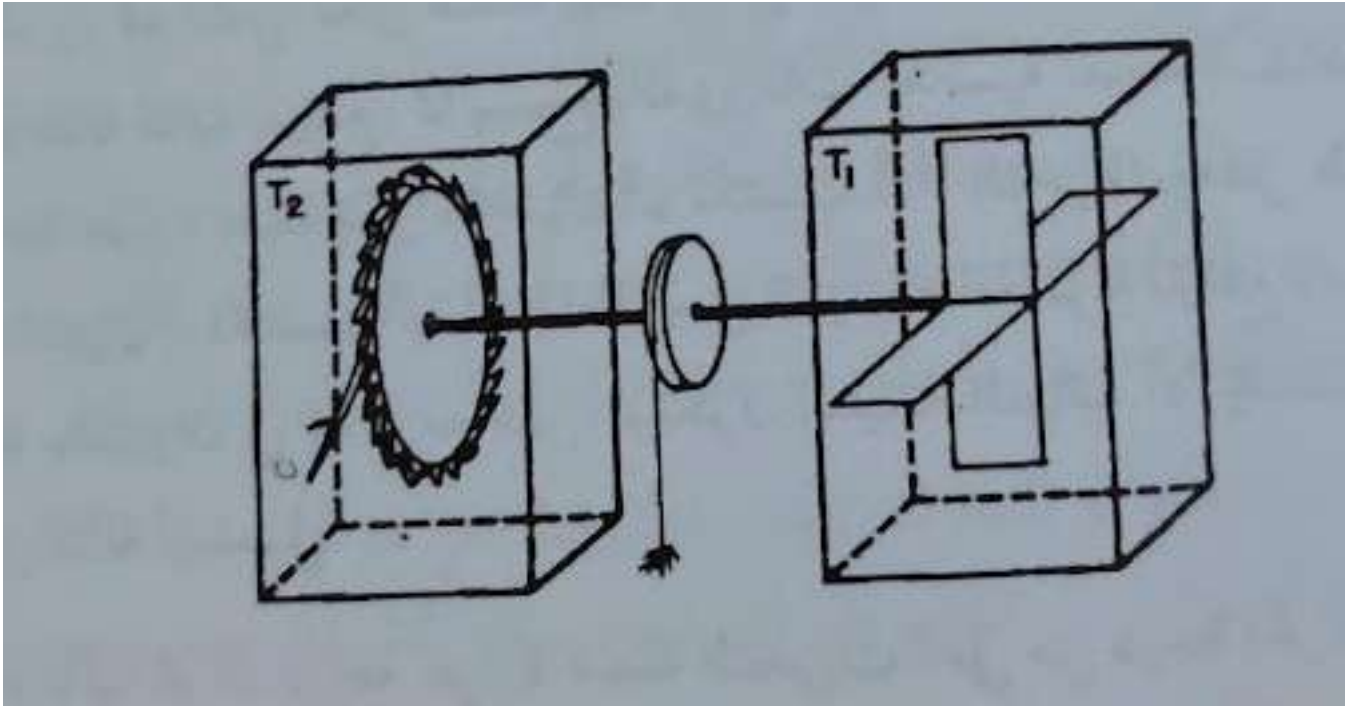
وهو وصف غاوس لانتشار الجسيمات في المكان مع مرور الزمن، بهذا الوصف نجد أن متوسط مربع المسافة هو:

$$\langle r^2 \rangle = \int r^2 n(r,t) dx = 6Dt \rightarrow (4)$$

## المقوم الميكانيكي ومنحنى المميز (شدة - الفولت)

انظر الآن إلى المقوم الميكانيكي الموضح في الشكل أدناه. كما اقترحه ماريان سمولوكوفسكي ورتشارد فينمان.

يتكون من عمود إدارة بعجلة تحريك عند إحدى نهايتيه وترس سقاطة عند الطرف الثاني. وتسمح له السقاطة بأن يدور في اتجاه واحد فقط. تم لف حبل حول محور بثقل صغير، على سبيل المثال، نملة، معلق به. نفترض أن أداة التحريك وعجلات السقاطة عند نفس درجة الحرارة. بسبب الذبذبات، نتوقع أن عجلة التحريك تستطيع اكتساب طاقة كافية لدوران عجلة السقاطة، وترفع الثقل. لكن عندئذ أيضًا بنفس التردد، بسبب الذبذبات، تكتسب آلية السقاطة طاقة كافية لترتفع، مما يسمح بالدورات العكسية لعجلة السقاطة. حيث أنه عند درجة حرارة معينة يكون احتمال أن تكتسب أداة التحريك بعض طاقة الدوران يساوي احتمال أن تكتسب آلية السقاطة نفس كمية الطاقة المرنة لترتفع وتسمح لعجلة السقاطة بالدوران في اتجاه معاكس، وتكون النتيجة النهائية ألا يحدث أي دوران. لا يمكن للآلة أن تعمل. والآن، لو أن درجة حرارة عجلة التحريك أعلى من درجة الحرارة عند عجلة السقاطة، يكون احتمال أن تكتسب عجلة التحريك الطاقة الكافية لتحريك ورفع السقاطة تبعاً للإحصائية)، أعلى من احتمال أن ترتفع آلية السقاطة تلقائياً للسماح بالحركة الحرة. والنتيجة النهائية أن هناك حركة معدلة، أي دوران تعمل الآلة، ولكن الآن عملها مسموح به تبعاً للقانون الثاني للديناميكا الحرارية.



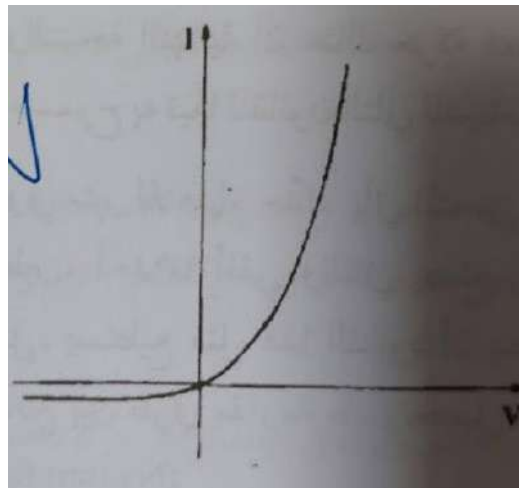
هناك تشابه إلكتروني مثير للاهتمام جداً. يأتي المنحنى المميز للشدة - الفولت لدايود مثالي بنصفي خطين، أحدهما أفقي والثاني يصنع زاوية ما مع العمودي ويتقابلان في نقطة الأصل. يستطيع مثل هذا الدايود أن ينقي الضوء الحرارية أو الفولت المتذبذب الناتج بين طرفي مقاومة ما، ونحصل على متوسط مربع تغيره ، بصيغة نيكويست :

$$V_R^2 = 4RkT\Delta f \rightarrow 5$$

وهنا  $R$  يمثل المقاومة ، و  $k$  يمثل ثابت بولتزمان ، و  $T$  درجة الحرارة المطلقة ، و  $\Delta f$  عرض النطاق الترددي الذي يلاحظ عليه الفولت المتذبذب . والكمية  $V_R^2$  تعطي مقياسا لسعة التذبذب ، وتزداد بوضوح مع درجة الحرارة ..

لكن المنحنى المميز السابق الإشارة إليه لا يناظر أي دايود شبه موصل حقيقي. ويمكن فقط استخدام المنحنى لدايود حقيقي لتقويم الفولت فوق عتبة محددة. وتحت هذه العتبة، يوجد تيار في كلا الاتجاهين الفولت الحراري المقاومة عند نفس درجة الحرارة مثل ما يمكن لدايود إعطاءه في المتوسط هو تيار صفر، وهو ما يماثل مقوم ميكانيكي الذي ينتج في المتوسط دوران صفر، تبعا للحركة البراونية لأداة التحريك. ومرة أخرى يفشل المحرك الأبدي

لكن لو سخن مصدر الضوضاء الحرارية، قد تتخطى سعة الذبذبات في الفلصية العتبة الديناميكية الحرارية للدايود، ويتم تحويل الضوضاء، لكن هذه المرة بدرجتي حرارة مختلفتين، وهو ما يتفق مع القانون الثاني للديناميكا الحرارية. المحركات الدائمة أو المتحرك الأبدي المفترضة التي تم النظر فيها سابقا تنطلق من شروط في حالة توازن في النظم غير المتوازنة، يمكن لمثل هذه المحركات العمل مثلاً، باستخدام مصدرين حراريين عند درجتي حرارة مختلفتين. ويمكن مع ذلك فهم نظم أخرى. يكون فيها عدم الاتزان أقل وضوحا، كما في حالة سائل وبخاره. والشكل ادناه يمثل (المنحنى المميز لدايود شبه موصل تناظر صورة مماثلة مقوم ميكانيكي سمولشفسكي - فينمان بتسجيل التردد الزاوي كدالة للعزم المستعمل) .



لو كان لدينا سائل في وجود بخار، يكون هناك جزيئات بخار تتصادم باستمرار مع طور السائل، ويبقى بعضها فيه. وفي نفس الوقت، تصل بعض الجزيئات داخل السائل، إلى طاقات مرتفعة بما فيه الكفاية لكي تغادره،

وتتحول إلى طور البخار يستقر التوازن في المتوسط، عندما يكون عدد الجزيئات المكثفة هو نفسه عدد الجزيئات التي تتبخر. وإلا لن يكون هناك توازن. لو كان هناك جزيئات متبخرة أكثر من المتكثفة، يكون لدينا موقف مثير للاهتمام. لو تم وضع بعض من السائل على سطح جاف، فإنه يبدأ بسرعة في التبخر، وفي العملية يبرد السائل. يحدث ذلك لأن الجزيئات تقتطع طاقة عند التبخر، بكمية أكبر من الطاقة المتوسطة للسائل الذي يظل بدون تبخر .

## الاستنتاج النهائي:

نجد أن جميع المحركات الأبدية المفترضة تفشل في إنتاج شغل أو دوران مثالي وذلك بسبب أنها تعمل في حالة توازن حراري وعند درجة حرارة واحدة ، يعود هذا الفشل إلى أن احتمال كسب النظام للطاقة في الاتجاه أمامي يعادل احتمال كسبها في الاتجاه المعاكس بفعل التذبذبات العشوائية . وفي النهاية ان هذه الأنظمة يمكنها أن تعمل في ظروف عدم توازن حراري ( يعني باستخدام مصدرين حراريين بدرجتى حرارة مختلفتين ) وهذا ما يؤدي الى خرق قانون حفظ الطاقة ( قانون الأول للديناميكا الحرارية ) وسبب الفشل أنه يحتاج الى طاقة ادخال مستمرة أي أن المحرك الابدي هنا يحاول انتاج طاقة من " لاشيء " وهو أمر مستحيل ، وكذلك خرق قانون الثاني للديناميكا الحرارية (الإنتروبيا والاحتكاك) وسببه أن الأجزاء المتحركة في أي آلة تتعرض للاحتكاك مع الهواء ومع بعضها البعض. هذا الاحتكاك يستهلك طاقة الحركة ويحولها إلى حرارة ضائعة، مما يؤدي في النهاية إلى تباطؤ الآلة وتوقفها تماماً ما لم يتم تزويدها بطاقة خارجية.

## فقرة ختامية ( الدرس المستفاد )

تكمن الفائدة الأساسية من هذا الموضوع في اثبات حتمية و شمولية القانون الثاني للديناميكا الحرارية ، واستحالة بناء آلة حركة ابدية ( المتحرك الأبدي ) ، وأن التذبذبات الحرارية العشوائية على المستوى الجزيئي أو الالكتروني لا يمكن استغلالها لانتاج شغل مفيد دون وجود فرق في درجات الحرارة ( حالة عدم توازن حراري ) وهذت يخالف مبدأ حفظ الطاقة وقانون الثاني للديناميكا ( الانتروبيا و الاحتكاك )

# جار الأرض

---



تصوير - معتز كردي

## الأدوات المستخدمة :

• تليسكوب 16" Meade • كاميرا CCD عالية الدقة • فلتر ألوان RGB

## القمر (The Moon)

**النوع:** تابع صخري لكوكب الأرض.

**نبذة تعريفية:** أقرب الأجرام السماوية إلى كوكبنا

**البعد عن الأرض:** 384,400 كم. تقريباً

**الحجم:** القطر الاستوائي حوالي 3,474 كم (يعادل قرابة ربع قطر الأرض، وحجمه نحو 2% من حجم الأرض).

**درجة الحرارة:** ترتفع نهاراً إلى نحو  $120^{\circ}$  مئوية، وليلاً إلى نحو  $-130^{\circ}$  مئوية (وتكون في قيعان الفوهات القطبية  $-246^{\circ}$  مئوية).





QAMAR  
Qamar Astronomical Magazine