

## الكوازرات.. والطاقة المظلمة.. وعدسات الجاذبية

الكوازرات «أشباه النجوم» Quasars ، هي بعض من أكثر الأجرام الفضائية تألقاً وأشدّها طاقة في الكون المرئي.. وبعد أن ظلت سرّاً غامضاً لعشرات السنين، فإن أكثر الفلكيين يعتقدون في الوقت الحاضر أن الكوازرات هي المراكز اللامعة للمجرات ذات الثقوب السوداء Black Holes الهائلة الكتلة، التي تغذيها بنشاط، وقد تمكّن فريق من العلماء من اكتشاف دليل على احتمال وجود ظاهرة كونية في قلب تلك المجرات، ويتسبب في تكوين الكوازرات.

وبدلاً من ثقوب سوداء تسحب أي مادة إلى داخلها، من الممكن وجود أجسام ذات مجالات مغناطيسية مروّعة، تعمل كالمراوح الكونية الجبارة، بحيث «تخضّ» أو «ترجّ» Churning المادة بقوة وتعيدها إلى المجرة.

## النافورتان.. الكونيتان

في الكون البعيد تلمع الكوازرات بضياء، لا مثيل له في أي جرم فضائي موجود في كوننا. وعلى الرغم من أن

الكوازرات تبدو من خلال التلسكوبات الأرضية والفضائية، كنجوم عادية، إلا أنها في حقيقة الأمر المراكز المتألقة للمجرات التي تبعد عن كوكب الأرض بآلاف الملايين «بلايين» السنوات الضوئية.

والتصور الحديث للكوازر، أو بتعبير آخر القلب الفائق المضطرب للكوازر، أنه يتكون من قرص ملتحم Accretion Disk آخذ في النمو، من غاز ساخن يتحرك حلزونياً داخل الثقب الأسود فائق الكتلة والكثافة، وبعض هذا الغاز الكوني يندفع بقوة إلى الخارج، في نافورتين متضادتين بسرعة الضوء تقريباً.

ويعكف الفيزيائيون النظريون حالياً على محاولة فهم فيزياء تنامي القرص الملتحم ونافورتى الغاز الكونى، بينما يكافح المراقبون والراصدون للنفاذ إلى قلب الكوازر وسبر غوره. والواقع أنه من الصعوبة دراسة «القلب النابض» المركزى الذى يتحكم فى النافورتين، وذلك لأن تلك المنطقة مدججة للغاية ولا يمكن معرفة تفاصيلها الدقيقة.



درس الفلكيون الكوازر المعروف باسم Q0957+561 الذى يربض على مسافة تسعة بلايين سنة ضوئية تقريباً من كوكب الأرض، باتجاه كوكبة «الدب الأكبر» Ursa Major . ولهذا الكوازر قلب مركزى مدمج ذو كتلة تبلغ حوالى ٣-٤ بلايين مرة قدر كتلة الشمس. ويعتقد الكثير من الفلكيين أن هذا الجسم المركزى «ثقب أسود»، غير أن الأبحاث الفلكية الحديثة توحى بغير ذلك.

وعلى حد قول أحد علماء الفلك «نحن لا نسمى هذا الجسم ثقباً أسود، لأننا وجدنا دليلاً على أنه يحتوى على مجال مغنطيسى ثابت بداخله، وينفذ من سطح الجسم المركزى المتقوّض Collapsed، ويتفاعل مع المادة المحيطة بالكوازر».

### سر.. الجسم المركزى المدمج

وقد اختار الباحثون الكوازر Q0957+561 لارتباطه بعدسة كونية Cosmic Lens طبيعية، حيث تحنى الفضاء جاذبية مجرة قريبة، مما يؤدي إلى وجود صورتين للكوازر

البعيد مع تضخيم الضوء الصادر منه، كما أن النجوم الموجودة بتلك المجرة القريبة، تؤثر على ضوء الكوازر وتحدث تذبذبات ضئيلة في لمعانه، وهذه العملية تسمى «التعدس بالغ الصغر» Microlensing، عندما تتحرك النجوم بحيث تصبح على خط البصر بين كوكب الأرض والكوازر. ويؤدي هذا إلى استخلاص تفاصيل عن الكوازر.

ومن خلال الأرصاد الفلكية الدقيقة، حصل العلماء على معلومات تفصيلية عن قلب الكوازر، وتمكنوا من تحديد مكان تكون النافورتين. إذ وجدوا أن النافورتين تخرجان من منطقتين حجمهما ١٠٠٠ وحدة فلكية فوق قطبي الجسم المركزي المدمج «الوحدة الفلكية هي متوسط المسافة بين كوكب الأرض والشمس، أي حوالي ١٥٠ مليون كيلومتر».

كما اتضح للعلماء أن النافورتين تستمدان طاقتها من خطوط المجال المغنطيسي التي تحيط بالجسم المدمج الدوار هائل الكتلة، والموجود داخل الكوازر. إذ من خلال التفاعل مع القرص الملتحم، يمكن لمثل خطوط المجال المغنطيسي

الدوارة هذه، أن تلتف حول نفسها، ثم تتقارب وتتضاغط  
أكثر فأكثر، حتى تتحطم وتنفجر بشكل مروّع، مطلقة كميات  
جبارة من الطاقة تغذي النافورتين.



وفي ضوء الملاحظات والأرصاء السابقة، فقد اقترح باحثو الفيزياء الفلكية، نظرية مثيرة للجدل مفادها أن المجال المغنطيسي جوهرى بالنسبة للجسم المدمج المركزى فائق الكتلة للكوازر، وليس مجرد جزء من القرض الملتحم، كما يعتقد معظم الباحثين. وإذا ثبت صحة ذلك، فإن تلك النظرية الحديثة، سوف تغير فكرتنا عن تركيب الكوازرات بشكل ثورى.



ويوحى هذا البحث بأن الجسم المدمج المركزي للكوازر، بالإضافة إلى كتلته وتدويمه، فإنه قد يتسم بخصائص فزيائية، أقرب إلى الجسم الدوار ذي القطبين المغنطيسيين المزاح نحو الجزء الأحمر من الطيف «تأثير دوبلر» منه إلى الثقب الأسود.

ولهذا السبب فإن أكثر المادة المقتربة من الكوازر لا تختفى إلى الأبد، وإنما تتأثر بدلاً من ذلك بالمجالات المغنطيسية الدوارة التي تشبه المحرك الكونى. ونتيجة لذلك فإنها تندفع إلى الخارج في شكل لولبى.



وطبقًا لتلك النظرية، فإن الجسم المدمج المركزي ذا الخطوط الجبارة للمجال المغنطيسي، ليس له أفق حدوث Event Horizon، أى أنه ليس ثقبًا أسود. ومعنى ذلك أن أى مادة تقترب من هذا المجال المغنطيسى الدوّار، سوف تقل سرعتها تدريجيًا حتى تقف عند سطح الجسم المدمج المركزي ثم تطلقها خطوط المجال المغنطيسى إلى الخارج.

### الطاقة المظلمة .. وعدسات الجاذبية

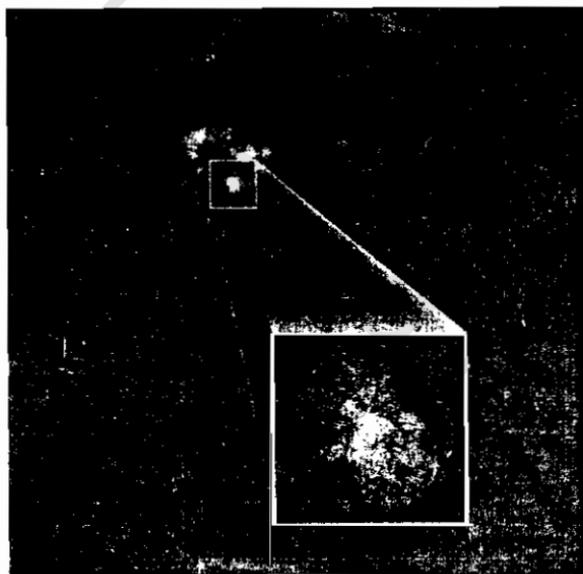
أدت أرصاد الكوازرات التى تربض عند حافة الكون، إلى ثبوت دليل جديد على أن الكون يشتمل أساسًا على طاقة مظلمة Dark Energy . وتشير الأبحاث إلى أن حوالى ثلثى الكون، عبارة عن طاقة مظلمة غير مرئية، وهى عبارة عن قوة «مضادة للجاذبية» Anti-gravity ، تؤثر على الأجرام الفضائية البعيدة عنا. وتتسق تلك النتيجة مع نتائج الدراسات السابقة، مثل تلك التى أجريت على المستعرات العظمى «السوبر نوفات» Supernovae التى تبعد بملايين السنوات الضوئية عنا.

ويدل ذلك على أن الكون يتمدد بمعدل متزايد، لأن المستعرات العظمى المتفجرة فائقة الضياء، تبدو أقل وضوحاً عما هو متوقع لها، لو كان الكون خالياً من الطاقة المظلمة.

كما وجد الباحثون أن بعض الكوازارات تشوه صورته، بسبب وجود أجسام هائلة الكتلة غير مرئية، تعترض طريق الضوء الصادر منها، وتعمل كعدسة جاذبية Gravitational Lens. أى أن الابتعانات الراديوية Radio Emissions من تلك الكوازارات «تنحني» حول تلك الأجسام هائلة الكتلة، بسبب جاذبيتها المروعة، ويترتب على ذلك وجود صورتين أو أكثر للكوازر، بتأثير تلك الأجسام التي تكون في مجموعها «طاقة الكون المظلمة».

ثم حسب الباحثون عدد الكوازارات المتأثرة بعدسات الجاذبية، واتضح أنها تبلغ تقريباً ضعف العدد المتوقع لها، لو لم تكن هناك طاقة مظلمة خفية في الكون على الإطلاق.

ويؤكد هؤلاء الباحثون أنه لا بد أن تشغل هذه الطاقة المظلمة، حوالي ثلثي الكون، لكي يمكن تفسير العدد من الكوازرات المتأثرة بعدسات الجاذبية والتي تم رصده حديثاً. ولكن الأمر يحتاج إلى المزيد من الدراسات الفلكية بواسطة التلسكوبات الأرضية والفضائية الموجودة حالياً، وكذلك المستقبلية.



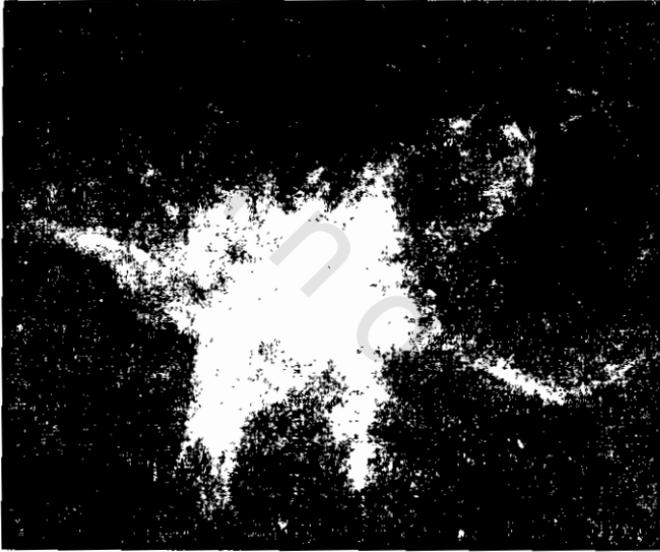
## النش الكونى.. الأبيض

تتعدد النظريات التى تبحث فى «ميلاد» النجوم، فالبعض منها يقول بأن النجم ينشأ نتيجة دوامات فى السحابة الكونية الأولى فى جيوب ذات كثافة عالية، تبدأ فى التقلص حول واحد أو أكثر من مراكز جاذبيتها. وعندما يتقلص نجم فى دور التكوين فإنه يكتسب دوراناً محسوساً، وترتفع درجة حرارته بتولد طاقة الجاذبية، وتنشأ هذه الحرارة كنتيجة لتصادم الذرات الهاوية نحو مركز الجذب، بعضها ببعض. ولا تكون عملية الالتحام النووى للذرات المنفردة فى بادئ الأمر كثيرة الحدوث، ومن ثم فإن الطاقة التى تطلقها تكون قليلة، ولكن استمرار النجم فى الانكماش تحت ثقل طبقاته الخارجية المتراكمة، يجعل ذرات «القلب» تنضغط فى بعضها بعضاً فتلتحم أكثر فأكثر، أما المادة التى لم تندمج فى النجم فتظل خارجة عنه، على شكل سحابة رقيقة على بعد معين منه وتستعين نظرية حديثة عن ميلاد النجوم، بما يسمى تأثير

القوى المغنطيسية، داخل السحابة الكونية الأولى. ويتم تأثير خطوط هذه القوى المغنطيسية، بفعل الأشعة الكونية، التي هي عبارة عن جسيمات عالية الطاقة، وتسير بسرعة تقارب سرعة الضوء، ولذلك فهي تستمد من كتلتها وسرعتها الهائلة قوة دفع هائلة. وتتمكن الأعداد الكبيرة من جسيمات الأشعة الكونية السابحة في الفضاء، من التأثير في خطوط القوى المغنطيسية الموجودة في مادة ما بين النجوم، بحيث تأخذ هذه القوى شكل «أودية» عميقة، ومن ثم يحدث تخزين للجسيمات الذرية الأولى، التي تسبح على طول الخطوط المغنطيسية في الأودية، وسيأتي الوقت الذي تتجمع فيه جسيمات بأعداد هائلة في الوادي، وتكون قريبة من بعضها البعض، لدرجة تمكنها من بداية الانكماش الذي يؤدي إلى بداية ميلاد نجم أولى.

إن معظم الغار الذي يدخل في تكوين النجوم هو «الهيدروجين» مخلوطاً بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الأكثر ثقلاً، ويتخلل الغاز في بعض الغبار

الكوني، والمكوّن من تجمعات دقيقة من الكربون والنشادر (أمونيا) والميثان في درجة التجمد. ويستمر النجم الناشئ في التقلص وازدياد الضغط داخله، حتى تبلغ درجة حرارته الداخلية حوالي نصف مليون درجة مئوية، وهنا يبدأ تفاعل «الدوتيريوم» Deuterium.

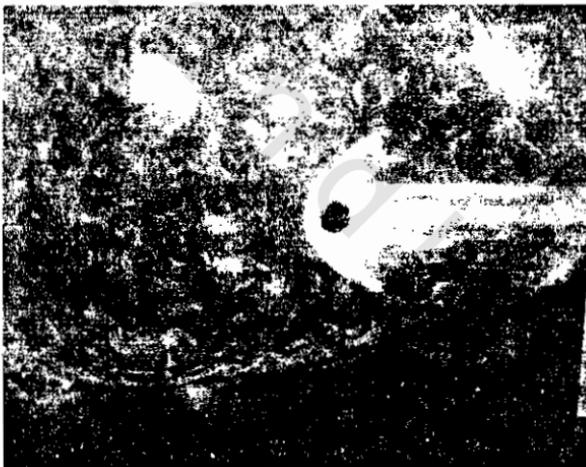


و«الدوتيريوم» أحد نظائر غاز الهيدروجين، فبينما تتكون ذرة الهيدروجين من إلكترون واحد وبروتون واحد فقط، تتكون ذرة الدوتيريوم من إلكترون واحد وبروتون ونيوترون. فإذا ما احتوى الغاز الذى دخل فى تكوين النجم الناشئ على كمية كافية من الدوتيريوم، فإنه يمكن لذراته أن تبدأ فى اجتذاب جسيمات ذرية أخرى، ويعمل هذا التفاعل على تحرير بعض الطاقة، ومن ثم إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية للنجم الناشئ حتى تصل إلى حوالى عشرة ملايين درجة مئوية. وهنا يبدأ تفاعل البروتون - بروتون (تمامًا كما يحدث داخل شمسنا). ويحدث ذلك التفاعل النووى، يكون الناشئ قد أصبح «بالغًا» ويبدأ فى الاستقرار ويتحرك إلى خط «التتابع الرئيسى» ويظل عند هذا الخط معظم حياته.

### العملاق الأحمر.. الجبار

ويستمر هذا الاستقرار النسبى، حتى يتم استهلاك حوالى عشرة فى المائة من الهيدروجين الموجود بداخل النجم

البالغ، وهنا يمكن القول بأن النجم قد استهلك جزءًا حرجًا من كتلته في الاندماج النووي الحرارى. عند هذا الحد يبدأ القلب في الانكماش، حيث لا يوجد أى مصدر للطاقة نتيجة تراكم رماد الهليوم - ناتج التفاعل النووي الحرارى - عند القلب. ونتيجة لهذا الانكماش، تتحرر طاقة جديدة تدفع المناطق الخارجية للنجم، وتضطرها إلى التمرد تحت تأثير الإشعاع المتزايد من الداخل، وبانطلاق الطاقة التى سببها الانكماش، يزداد قلب النجم حرارة بينما تبرد مناطق السطح.



وكتييجة لهذا يصبح النجم أكبر حجماً وأكثر برودة في الخارج، ويأخذ لونه في الإحمرار، وفي هذه الحالة يكون قد وصل إلى مرحلة في تطور النجوم، يطلق عليها «العمالقة الحمراء» Red Giants.

وفي مرحلة العمالقة الحمراء، تنخفض درجة حرارة سطح النجم إلى أقل من النصف الذي كانت عليه، عندما كان النجم في خط التتابع الرئيسي. ويبدأ النجم في «الانتفاخ» إلى مئات أمثال حجمه الذي كان عليه في مرحلة التتابع الرئيسي. ويحاول دائماً العملاق الأحمر، أن يعيد التوازن إلى كتلته ومن ثم يتقلص قلبه، فتزداد درجة حرارته إلى حد كبير، مما يؤدي إلى حدوث تفاعل نووي آخر، حيث يتحول رماد الهليوم إلى كربون، ويزداد درجة الحرارة تحدث تفاعلات نووية أخرى، وتنشأ عناصر أكثر ثقلًا.

وبسبب عدم الاستقرار في التركيب الداخلي للجسم، يأخذ النجم في التقلص والخفوت، ثم يبدأ في فقد كتلته. ولو

أن درجة الحرارة ارتفعت في قلب النجم إلى حد معين، فإنه من الممكن أن يفقد كتلة أكبر، خلال ما يعتره من انفجارات صغيرة نسبياً «نوبا» أو ربما يفقد النجم كمية كبيرة جداً من كتلته خلال انفجار هائل واحد «سوبر نوبا» Supernova ، فيضئ مثل مجرة بأسرها!



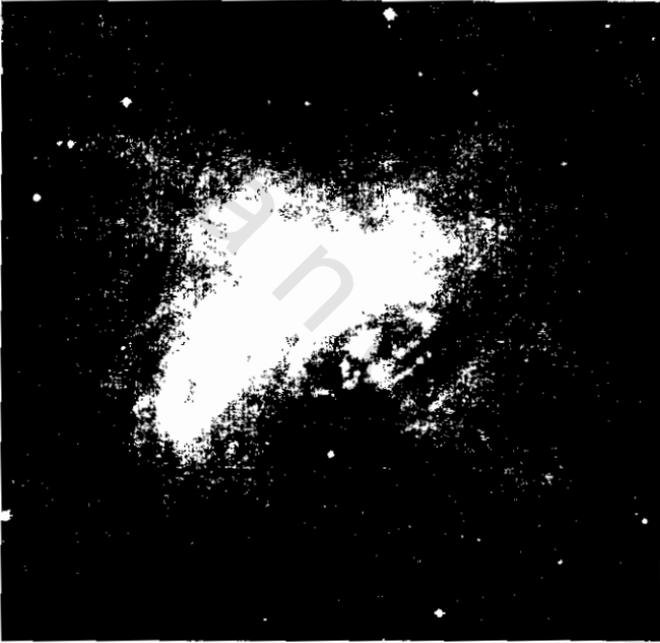
وقد تتساءل: كيف يتطور النجم في نهاية مرحلة العملاقة الحمراء؟ تسألني فأجيبك. إن الجاذبية تؤثر في قلب النجم فيتقلص، وقد يتأجل التقلص مؤقتاً إذا كان التفاعل النووي داخل النجم قادراً على إمداد مركز النجم بالطاقة، بحيث يبقيه متأججاً بدرجة كافية للإبقاء على ثقل الغلاف الخاص بالنجم. وعلى الرغم من هذا فبمجرد انتهاء «الوقود» الذي ينتج الطاقة، يبدأ مركز النجم في التقلص ويستمر تطور النجم إلى نهايته المحتومة.. حيث يدفن داخل «نعش أبيض».

### القزم الأبيض.. والأسود

إن النجوم - بعد حياة دامت لملايين وربما لبلالين السنين - تبدأ الدخول في مرحلة الشيخوخة، ثم الاحتضار فمرحلة الموت، وقد تختار لها نعشاً أبيض فتموت فيما يعرف بالأقزام البيضاء White Dwarfs.

لقد تركنا العملاق الأحمر وقلبه مايزال يتأثر بالجاذبية، فيزداد التقلص فيه ولكنه يتوقف من وقت لآخر، ليسمح بحدوث تفاعل نووي في مركزه. ولكن هل يستمر أثر

الجاذبية منتجًا التقلص، هكذا بشكل دائم وبلا نهاية؟ إن قصة حياة النجم كلها تتلخص في صراع بين الجاذبية - التي تعمل على تقليصه - وبين القوة النووية، التي هي عامل على تمدده، وعندما يصل النجم إلى نهاية حياته، بعد مرحلة العملاقة الحمراء فإن القوى الحرارية تخسر المعركة في نهاية الأمر مع الجاذبية.



أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد فُقدت في الفضاء، بينما كان النجم متأججًا في فترة «شبابه». وبمجرد انتهاء الوقود، فإن قلب النجم يبرد إلى الحد الذي تحتفى فيه أهمية الضغط الحرارى. وتصبح الغلبة شيئًا فشيئًا للجاذبية، فيقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريبًا. وهكذا لم يعد هناك مجال لأى تفاعل نووى، بعد أن أصبح النجم نعتًا أبيض، للعناصر الثقيلة التى كونها النجم فى مركزه. عندما انتهى رصيد الهيدروجين، والذى كان يكوّن معظم مادته منذ اللحظات الأولى لميلاده. وعندما يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض يتوقف عن توليد الطاقة، ذلك أنه لم يعد يحتوى على «وقود» كاف. ويبدأ النجم - الذى دخل مرحلة «الشيخوخة» - فى عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتفتير شديد فى الفضاء.

إن التركيب الذرى المألوف يتحطم فى القزم الأبيض، فالإلكترونات قد أرغمت على الخروج من مستويات طاقتها

العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت إلكتروناتها من نواتها. وانعصر فراغ الذرة، وتكدست الجسيمات الذرية الأولية في حيز ضيق كثيف. مثل هذه الذرات تسمى «مادة محايدة» Neutral حيث انضغطت فيها النوى والإلكترونات بالقرب من بعضها البعض، لدرجة أنها فقدت كثيرًا من حرية حركتها، ولم تعد للمادة خصائص الغاز، ويصبح القزم الأبيض متطرفًا في كبر كثافته.

ولكن ما الذى يمنع القزم الأبيض، من مزيد من التقلص؟ تسألنى فأجيبك: إن قلب القزم الأبيض يمارس ضغطًا - ليس له علاقة بالطاقة الحرارية - يطلق عليه «الضغط التحللي» Degeneracy Pressure وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التى تصيب الإلكترونات، عندما تكون المادة في حالة كثافة شديدة، وهى لا تنشأ عن الطاقة الحرارية، ولكن فقط بسبب تلك الكثافة الهائلة التى تحدث للمادة.

إن الضغط التحللي إذن هو الذى يمنع القزم الأبيض من مزيد من التقلص، وهو الذى يحافظ على القزم الأبيض، وذلك بتمكين مادته من مقاومة أى انكماش بتأثير الجاذبية. وحيث أن الضغط التحللي مستقل تمامًا عن الطاقة الحرارية، فإن القزم الأبيض - إذا انخفضت درجة حرارته - سيظل محتفظًا بنفس حجمه. وفي نهاية الأمر سيتحول إلى قزم أسود Black Dwarf، مجرد جسم خامد فى الفضاء أو «جثة نجم». إن القزم الأبيض أو «النعرش الأبيض.. الكونى»، سوف يكون فى بؤرة الأبحاث الفلكية المستقبلية، للتعرف على تلك المرحلة من «شيخوخة» النجوم، بشكل أكثر دقة.



## الاصطدام.. مع ثقب أسود

إذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة عندما تكون بعيدة جدًا عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم كل شيء يدنو منها. حقا أن الثقوب السوداء رفات نجوم مكدسة منهارة، ولكنها أصبحت - حتى بعد الموت - مصيدة في الفضاء لرفات نجوم أخرى. إن الثقب الأسود الهائل الذى فى مركز مجرتنا «الطريق اللبنى» يقيم وليمة يلتهم فيها النجوم التى تتكاثف فى قلب المجرة.

### وحش.. فى الفضاء

إن احتمال تعرض الشمس، وحتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال بالغ الضآلة ذلك أن تعرضنا لمثل هذا المصير - بالوقوف مباشرة فى طريق ثقب أسود فى الكون - هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا. ومع هذا يرى بعض علماء الفلك

أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء قد تحدث،  
وعندها لا بد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل مثل  
الزلازل المدمرة والانفجارات المروعة وتصدع الأرض وهذه  
هى التى تنذرنا بقرب هذا الخطر الكونى الداهم.



وقد تكون حولنا - في مجرتنا «الطريق اللبنى» - ثقب سوداء أكثر مما ندرك. إن البشرية لم تحفل بهذا الخطر من قبل ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث في عام ١٩٠٨م في «تانجوسكا» بسبيريا «روسيا». حيث يرى بعض علماء الفلك أنه في ذلك التاريخ اخترق ثقب أسود دقيق جداً الكرة الأرضية في ذلك الموضع محدثاً انفجاراً مروعا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى، فما الذى حدث في «تانجوسكا»؟



إن العلماء حتى الآن مازالوا حائرين أمام ما حدث في «تانجوسكا» Tunguska بالمستنقعات المنعزلة في شمال سيبيريا الساعة السابعة والنصف من صباح يوم ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨. ففي هذا اليوم سمع الأهالي - في نطاق مساحة يبلغ قطرها حوالي ١٢٨٠ كيلو مترًا - صوت انفجار مروع اقتلع الأشجار وحوّلها إلى فحم، وأزال الغابات من مناطق شاسعة وقضى على حيوانات الأيائل في تلك المساحة. وقد قدرت قوة هذا الانفجار الجبار بحوالي عشرين قنبلة هيدروجينية!

وقال الأهالي بأنهم شاهدوا شيئًا لامعًا أزرق اللون يتحرك فوق رؤوسهم من الجنوب الشرقي وكان يتساقط منه الشرر ويخلف وراءه ذيلًا من الدخان.

وعرف الجميع أن حادثًا ما قد وقع في الشمال، ولكن أحدًا من الناس لم يستطع اختراق المستنقعات الوعرة ليعرف حقيقة ما حدث. وبعد تسعة عشر عامًا ذهبت أول بعثة علمية لمحاولة التعرف على أسباب هذا الانفجار الذي روع المنطقة كلها. وقد تعجب علماء البعثة عندما لم يجدوا فوهة كبيرة

مكان الانفجار إذن فسبب التدمير لم يكن نيزكا Meteorite كما كان يُعتقد من قبل!

وقد وجدت هذه البعثة عددًا كبيرًا من الحفر الصغيرة المملأى بالماء في منطقة الانفجار كلها، ولكن الدراسة الممعنة في الدقة دلت على أنها لم تكن فوهات نيزكية، وإنما تشكيلات طبيعية نشأت عن تحركات الجليد الدائم تحت السطح، ولا أثر لأية بقايا من النيزك. وثارَت المناقشات طويلاً بين علماء الفلك حول ما حدث في «تانجوسكا» وكان هناك رأى يقول إن السبب يرجع إلى اصطدام نيزك هائل بالأرض أحدث كل هذا الدمار وسبب الانفجار.

### ثقب أسود.. يخرق كوكب الأرض

إن آخر نظرية تحاول تفسير ما حدث في «تانجوسكا» هو ما كتبه العالمان الفلكيان الأمريكيان «جاسون» و«ريان» من جامعة تكساس بالولايات المتحدة في مقال بمجلة «نيتشر» في شهر سبتمبر عام ١٩٧٣.

فقد أوضح العالمان أن سبب الانفجار المروع هو اصطدام الأرض بثقب أسود غاية في الصغر قدرا نصف قطره بحوالى واحد من مليون من السنتيمتر، وله قوة جاذبية هائلة التأثير، وعندما اقترب من الكرة الأرضية بسرعة أكبر من سرعة الإفلات منها «Escape Velocity أى السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض» اصطدم بها ثم اخترقها واختفى مرة أخرى في الفضاء.

وقد تسبب مرور هذا الثقب الأسود الدقيق في جو كوكب الأرض، إلى حدوث هذا الانفجار وظهور اللون الأزرق المتألق أثناء اندفاعه من الفضاء إلى الأرض. وعاد العالمان ليؤكدوا بأن الثقب الأسود قد عاد مرة أخرى منطلقا من أسفل شمال المحيط الأطلنطى عند خط عرض ٤٠-٥٠ شمالا وخط طول ٣٠-٤٠ غربا، وفي هذه المنطقة لا بد أنه قد حدثت هزات أرضية واضطرابات شديدة في المحيط.

وعلى الرغم من أن احتمال اصطدام كوكب الأرض

بثقب أسود هو احتمال يكاد أن يكون مستحيلًا، إلا أن تفسير حادث «تانجوسكا» بتأثير ثقب أسود صغير جدًا يبدو أمرًا مثيرًا ولنفرض جدلا أن هذا هو ما حدث فعلاً فما الذى كان يمكن أن يحدث لو كان الثقب الأسود قد اندفع إلى الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات؟ تسألنى فأجيبك: حدوث كارثة مروعة، فبعد اصطدام الثقب الأسود بسطح الكرة الأرضية لن يخترقها إلى الفضاء مرة أخرى، بل سوف يستقر فى باطنها ويأخذ فى التهام المواد من حوله مستخدماً جاذبيته الجبارة على الرغم من ضآلة حجمه.

وسيتّم التهام كوكب الأرض فى وقت طويل، وذلك لصغر حجم الثقب الأسود، ولكن قوته فى الابتلاع ستزداد كلما كبر حجمه. أى أنه إذا استقر ثقب أسود فى مركز كرتنا الأرضية، فاختفاء كوكبنا أمر لا يمكن تلافيه مهما حدث من تقدم علمى وتكنولوجى فى المستقبل.



### تحول مجرة إلى ثقب أسود

يقول بعض علماء الفلك بأنه لو لم تكن مجرتنا «الطريق اللبني» تدور، لتحولت منذ زمن بعيد إلى ثقب أسود هائل. ولم ينقذنا من هذا المصير، إلا مدارات النجوم في المجرة مما

يوازن قوة الجاذبية مع مركزها ولكن احتمال تكوّن ثقب  
سوداء من مجرات كاملة منهاره، هو احتمال وارد ومن ناحية  
أخرى تنبأ عالم شهير «ستيفن هوكنج» من جامعة كامبردج  
بإمكان وجود ثقب أسود صغير جدّ، وأوضح أيضًا بأن كلا  
من الكثافة وتيارات الجاذبية تزداد مع صغر حجم الثقب  
الأسود.



وناقش العلماء أيضًا الرأي القائل بأن هناك ثقبًا أسود  
هائلًا في مركز مجرتنا، تبلغ كتلته بين عشرة آلاف ومائة مليون  
مثل كتلة الشمس. إذ اتضح وجود مصدر للطاقة في هذه  
المنطقة على شكل نبضات راديوية وأشعة تحت الحمراء  
. Infrared Radiation



إن علماء الفلك يعتمدون على النبضات الراديوية والأشعة تحت الحمراء، لإعطائهم فكرة عما يوجد في مركز مجرتنا. وقد قال بعض العلماء بأن الموجات تحت الحمراء «الموجات الحرارية»، تصدر من سحابة هائلة من الغبار الكوني ولكن هذا لا يعد مصدرًا للطاقة. إذ لا بد من عامل يرفع درجة الحرارة في هذا الغبار الكوني، حتى يكون قادرًا على إصدار الموجات تحت الحمراء ويرجح العلماء بأن هناك ثقبًا أسود هائلًا في مركز مجرتنا.

وقد يبدو انهيار مجرات بأكملها داخل ثقوب سوداء مجرد خيال جامح، ولكن هناك دلائل على وجود مواد بكميات هائلة غير مرئية في عنقيد المجرات Clusters of Galaxies. ويتخلل حشود المجرات هذه مادة خفية تكوّن معظم الكون، عبارة عن غازات وغبار كوني ومواد أخرى مجهولة وهى التى يطلق عليها «المادة المظلمة» Dark Matter. وهناك احتمال أن تكون هذه المادة المظلمة مكونة من ثقوب سوداء كبيرة وصغيرة ومنها تتشكل النسبة الكبرى في هذا الكون.

إن البحث عن الثقوب السوداء ليس كاملاً بأي حال من الأحوال، بل هناك حاجة ماسة إلى أبحاث فلكية كثيرة تقوم على المشاهدات والرصد والأبحاث الرياضية والفيزيائية الكونية النظرية، لكي تتضح معالم هذا اللغز الكوني الغامض.

## النجم النيوترونى.. لغز كونى!

اكتشف علماء الفلك مصادر قوية لإشعاعات جاما فى أعماق الكون، أطلقوا عليها «متدفقات» بسبب كثافة إشعاعات جاما التى تنطلق منها. وتوالت الاكتشافات المثيرة إذ اتضح أن هذه المتدفقات لإشعاعات جاما هى نجوم نيوترونية Neutron Stars أى نجوم نابضة Pulsars فما هى النجوم النيوترونية والنجوم النابضة، وكيف تصدر عنها إشعاعات جاما؟

### حجم ضئيل.. وكثافة مروعة

فى الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعادل الشحنة) إلى بروتون (موجب الشحنة) وإلكترون (سالب الشحنة)، ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية المروعة التى تعترى النجم فى مرحلة «السوبر نوبا»، فإن تقلص المادة الشديد فى حجم غاية فى الصغر النسبى الذى يقرب ما بين الذرات، واندفاع الكتل الهائلة إلى قلب النجم بسرعة جنونية

لتسحق مادتها، يؤدي هذا إلى أن الإلكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها، ثم تتولد لها طاقة إضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة تتيح لها التفاعل مع البروتونات المكونة للنواة.



كما يؤدي الالتحام مع البروتونات (التي تسكن النواة) إلى تعادل شحنة الإلكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات. وبهذا تتحول إلى نيوترونات متعادلة الشحنة، أى أن هذا التفاعل أدى إلى تخليق النيوترون واختفاء الإلكترون. ينتج عن هذا التحول نقص مفاجئ في التركيب الذرى (حيث كان يتكون من قبل من بروتون وإلكترون) وبهذا الانخفاض تعمل الجاذبية على تقليص المادة أكثر وهكذا ينشأ النجم النيوترونى، مكونا كله تقريبا من نيوترونات. وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية، يتقلص حجم النجم الهائل إلى أن يبلغ قطره حوالى عشرة كيلو مترات فقط، ومع هذا يحتوى على مادة هائلة، وهكذا يزن الستيمتر المكعب من مادة النجم النيوترونى حوالى مائة مليون طن!

### سجن.. فوتونات الضوء

بزيادة جاذبية النجم النيوترونى لا تستطيع حتى فوتونات الضوء الإفلات من قبضة الجاذبية، بالرغم من أن

فوتونات الضوء تتأثر عادة قليلاً بالجاذبية، لكن زيادة الجاذبية الجبارة في نجم نيوتروني يمنع الفوتونات من الإفلات. وهكذا تنحني الفوتونات في مدارات حول النجم النيوتروني في شكل طبقة سحابية خافتة. والنجم النيوتروني الميت - رغم كثافته وقلبه الهائلين - ليس إلا حالة من الحالات العديدة التي تنتهي بها حياة النجوم، بعد حياة حافلة بالنشاط امتدت لملايين السنين. من الناحية النظرية يمكن أن ينتج نجم نيوتروني من إنهار كتلة النجم الذي يفوق كتلة الشمس بكثير. وينشأ النجم النيوتروني عندما تقلص قوى الجاذبية المادة في حجم صغير للغاية، لدرجة أن الإلكترونات تستطيع أن تدور ملاصقة لنواتها دون أن يفصلها فراغ، وذلك للتقارب الشديد بين الذرات.

وتوضح نظرية حديثة، أن الإلكترونات تحصل في مثل هذا التقارب، على طاقة إضافية وأن طاقتها تصبح عند نقطة معينة عالية جداً، بدرجة تجعلها تتفاعل مع البروتونات في

النواة، مكونة النيوترونات التي تكوّن معظم النجم  
النيوتروني، ومنها اشتق اسمه.



## دوران سريع.. مذهل

والنجم النيوترونى فى حالة دوران سريع حول نفسه، بشكل مذهل، إذ يعتقد علماء الفلك أن معدل دورانه يبلغ حوالى مائتى مرة فى الثانية الواحدة وربما أكثر، دون أن يتفتت فى الفضاء.

ومعدل الدوران الهائل هذا، والكثافة المروعة التى لا يمكن تصورها والمجالات المغنطيسية الجبارة التى تحيط بالنجم النيوترونى بسبب هذه الكثافة، والطبقات «الجوية» الغريبة التى تغلفه، كلها تجعل من الصعب على علماء الفلك تخيل شكل النجم النيوترونى!

منذ عدة سنوات، يحاول علماء الفيزياء الفلكية كشف أسرار النجوم النيوترونية، ومحاولة تصور تركيبها، ويعتقد العلماء أن النجم النيوترونى مكون من طبقتين، أولاهما سطحية عمقها عدة أمتار تتكون من مادة فى صلابة المعدن، أما الطبقة الثانية - والتى يبلغ سمكها عدة كيلو مترات -

فدرجة كثافتها لا يمكن تصورها، وتظهر الدراسات الفلكية الحديثة، بأنها أشد صلابة من أى معدن معروف لنا بـ ١٠<sup>١٧</sup> (أى رقم عشرة وبجانبه سبعة عشر صفراً!) ويمكن النظر إلى النجم النيوترونى، كأنه نواة ضخمة للذرة. والفرق الوحيد بينهما أن النجم النيوترونى يتماسك بفعل الجاذبية الشديدة، أما الذرة فتتماسك بالقوة النووية، كما أن النجم النيوترونى قد اندمجت إلكتروناته مع بروتوناته، وأنتجت نيوترونات. ويعتقد علماء الفلك أن ذلك النجم الخافت الذى يتوسط سديم السرطان هو نجم نيوترونى، وقد تخلف عن الانفجار الجبار (السوبر نوفا)، ذلك الانفجار الذى شاهده فلكيو الصين القدماء فى هذه المنطقة فى عام ١٠٥٤ ميلادية، ولكن الذى يحير علماء الفلك أكثر تلك النبضات الراديوية المنتظمة التى تنبعث من النجوم النيوترونية.

### منارات فضائية

اكتشفت النجوم النابضة فى عام ١٩٦٧ بواسطة تلسكوب راديوى قوى وما وجد فى حقيقة الأمر كان عبارة

عن مساحة في الكون مستمرة في إرسال نبضات راديوية بانتظام دقيق، ثم تعاقب بعد ذلك الاكتشافات السريعة التي أوضحت أن معدل نبض هذه النجوم المختلفة متغير، على الرغم من أن المعدل ظل في جميعها قصيرًا والانبعاث دقيقًا (حوالي ٣, ٠ من الثانية) لقد كان توقيت النبضات منتظمًا إلى الحد الذي يمكن منه الاستدلال، عما إذا كانت الأرض أثناء دورانها في مدارها متجهة نحو الشمس، أو مبتعدة عنها.

وكان أهم نجم نابض قد اكتشف في نفس مكان النجم النيوتروني، في وسط سديم السرطان الذي بقي كأثر للسوبرنوفا، والذي كان ينبض بمعدل ثلاثين مرة في الثانية الواحدة! ومن هنا وجدت العلاقة بين النجم النيوتروني والنجم النابض واتضح أنها شيء واحد.

وتنشأ نبضة النجم النيوتروني نتيجة لدورانه، فكل مرة يدور حول نفسه، تصدر منه نبضة فيلتقطها التلسكوب الراديوي فوق الأرض. ويمكن أن تشبه هذه الحالة، بما يفعله الفئار الذي يهدى السفن: فكلما صدر منه شعاع في اتجاه معين يمكن رؤيته من هذا الاتجاه، ثم يتجه الشعاع إلى جهة أخرى

فلا يمكن رؤيته، ويعود مرة أخرى إلى الاتجاه الأول، وهكذا بسرعة منتظمة وفي أوقات محددة. لكن ما الذى يجعل النبض (أى النجم النيوترونى) ينبض؟ تقول نظرية فلكية حديثة، فى تفسيرها لسبب هذا النبض المنتظم من النجم النيوترونى، بأن النبض ينقل بواسطة موجة الضغط إلى الغلاف «الجوى» الغربى والكثيف جدًا الذى يحيط بالنجم النيوترونى النباض، والذى يرتبط معه المحور المغنطيسى وخطوط المجال المغنطيسى الهائل.

وتتحول موجة الضغط فى الغلاف «الجوى» إلى موجة اصطدامية، تعمل أثناء اندفاعها إلى الخارج على تعجيل الإلكترونات، إلى سرعات خيالية. هذه الإلكترونات سريعة الحركة تولد أثناء اندفاعها خلال الغلاف «الجوى» العلوى المتأين Ionized (أى يحتوى على أيونات، وهى عبارة عن مجموعة متماسكة من الذرات لها شحنة موجبة أو سالبة) تلك الموجة الراديوية أو النبضات التى تصدر عن النجوم النيوترونية، وتلتقطها التلسكوبات الراديوية.



## متدفقات إشعاعات جاما

ولكن كيف تصدر إشعاعات جاما (إشعاعات كهرمغناطيسية عالية التردد «قصيرة الموجة») من النجوم النيوترونية النابضة؟ يمكن النظر إلى النجوم النيوترونية وكأنها مغنطيسات جبارة تدور بسرعة هائلة، حيث تتم تعجيل الجسيمات دون الذرية إلى طاقات مروعة في المناطق التي تسودها المجالات المغناطيسية الجبارة. وهذه الجسيمات دون الذرية هي المسئولة عن إصدار إشعاعات جاما، وهناك نحو ستائة نجم نابض، تم رصدها حتى الآن في مناطق مختلفة من أعماق الكون. كما في المجموعة النجمية «الشراع»، ولكن سبعا فقط منها هي التي تصدر عنها إشعاعات جاما بشكل بالغ الكثافة. وهذه النجوم النابضة هي التي تتركز عليها الدراسات الفلكية لأنها في مرحلة «الشباب»، كما أنها قريبة نسبيا ويمكن رصدها بسهولة بواسطة التلسكوبات المخصصة لرصد إشعاعات جاما.

أُتضح أن المجال المغنطيسى للنجوم النيوترونية النابضة يزيد بمقدار تريليون مرة (مليون مليون)، عن المجال المغنطيسى لكوكب الأرض. وتنبض هذه النجوم بسبب الإلكترونات التى يتم تعجيلها بالقرب من القطبين المغنطيسيين، والتى لا تتوازى مع محور الدوران للنجم النيوترونى النابض.

وتنطلق الإلكترونات من النجم النيوترونى النابض إلى الخارج، حتى تصل إلى سرعة الضوء - ولكنها ماتزال تدور مع النجم - وهنا تتوقف الإلكترونات وتطلق بعضاً من الطاقة التى اكتسبتها، فى شكل إشعاعات جاما واكس، وتأتى هذه الإشعاعات بنفس معدل دوران النجم النيوترونى النابض ومن ثم تبدو متكررة فى فترات منتظمة.

يأمل العلماء بأنه بتطوير أجهزة التقاط إشعاعات جاما، يمكن فى المستقبل التعرف بتفصيل أكثر عن هذه الأجسام الفضائية المثيرة.. النجوم النيوترونية النابضة.

## الجسيم.. الشبح

في كل ثانية، تحترق جسمك آلاف الملايين من الجسيمات دون الذرية، دون أن تلاحظ وجودها، ثم تتجه إلى باطن الأرض بسرعة الضوء التي تبلغ ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر في الثانية الواحدة. ويطلق على هذا الجسيم الدقيق «النيوترينو» Neutrino.

وينتج النيوترينو في قلب الشمس، والنجوم الأخرى، بكميات هائلة نتيجة التفاعلات النووية الجبارة، فعندما يصطدم بروتونان ببعضهما البعض، وكل بروتون في الواقع عبارة عن نواة ذرة هيدروجين منزوعًا منها إلكترونها الوحيد. وبالتحام مثل هذين البروتونين تحدث أشياء كثيرة، إذ يكونان معًا نواة النظير الثقيل للهيدروجين، أي الديوتيريم Deuterium، وكناتج جانبي للإصطدام ينشأ من فائض طاقة الحركة والشحنة، إنتاج شيئين آخرين: نيوترينو وبوزيترون Positron (الإلكترون المضاد الموجب الشحنة) ، ويسير هذا

في الإطار الذي تتناقله كتب الفيزياء من أن كلا من الكتلة والطاقة، لا تفنى ولا تخلق من العدم.

### علم الفلك.. النيوتريونى

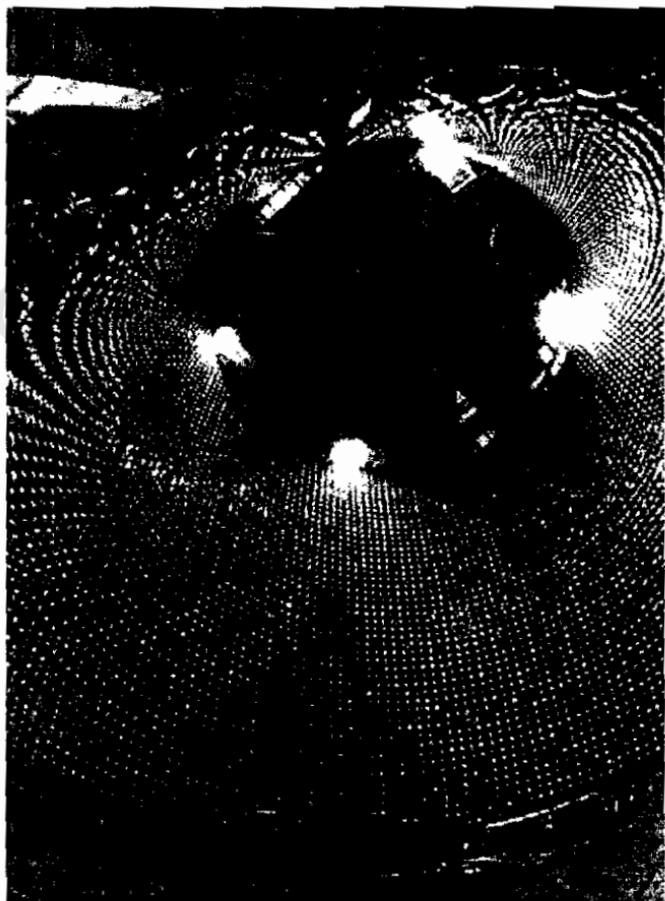
ظهر مؤخرًا ما يطلق عليه «علم الفلك النيوتريونى»، والذي يبحث في محاولة كشف أسرار جسيمات «النيوترينو» ودراستها تمهيدًا للتعرف على بعض الظواهر الكونية التي تنشأ عنها هذه الجسيمات المراوغة.

أن النيوتريونو الذى يمتلك إمكانيات عظيمة للنفوذ في المادة، يمر خلال كل طبقة من المادة الشمسية، دون أى إعاقة ويصل إلى كوكب الأرض. ولو تمكن العلماء من التوصل إلى فهم طبيعة النيوتريونو الشمسى، لتعرفوا بشكل دقيق عما يحدث في مركز الشمس ومن ثم في باقى نجوم الكون.

ووفقًا لنظرية التفاعلات الحرارية النووية، يمر خلال كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض أكثر من خمسين ألف مليون نيوتريونو شمسى في الثانية الواحدة! ولو وضعنا في طريق هذا

التيار النيوتريونى المتدفق، صهريجاً فيه مادة تحتوى مادة يمكن أن يتفاعل معها النيوتريونو - مثل «البركلور الإثيلينى» Ethylene Prochlor - وهو سائل يستعمل على نطاق واسع فى التنظيف الكيمايى للملابس. وتم وضع صهريج ضخمة فى منجم مهجور بولاية داكوتا الجنوبية فى الولايات المتحدة، على عمق كبير وملء بهذا السائل الكيمايى.

وكان معروفاً أن جسيمات النيوتريونو، إذا تفاعلت مع سائل «البركلور الإثيلينى» فإنه يتحول إلى مادة أخرى هى «الأرجون» Argon، وهى ذات نشاط إشعاعى يمكن قياسه بواسطة أجهزة القياس الحساسة، والتي وضعت داخل الصهريج. ولكن لم تثبت مثل هذه التجارب نجاحاً كبيراً فى التعرف بدقة على هذا الجسيم اللغز، والذي يطلق عليه «الجسيم الشبح» نظراً لطبيعته الغريبة وغير المرئية. ومن أحدث هذه «التلسكوبات النيوتريونية» ذلك الذى أقيم تحت أحد جبال اليابان وأطلق عليه «كميو كاند الفائق».



ويجربى العلماء فى الوقت الحاضر تجارب على النيوتريـنو. للتعرف عما إذا كان لهذا الجسيم دون الذرى.. كتلة. فقد ساد الاعتقاد طويلاً بأن النيوتريـنو ليس له شحنة أو كتلة، ولكن هناك دلائل لم تتأكد بعد أن للنيوتريـنو كتلة ضئيلة للغاية، ومعنى هذا أن يعيد علماء الفيزياء صياغة نظرياتهم، وفقاً لهذا الاكتشاف المثير الجديد. ولكن ما أهمية الوصول إلى معرفة عما إذا كان لجسيم النيوتريـنو كتلة أم لا؟ الواقع أن هذا يؤثر على النظريات التى تشرح طبيعة الكون. إذ أنه من المعروف أن الكون فى حالة تمدد وأن معظم المجرات - جزر الكون الكبرى - تتباعد عن بعضها البعض. ويتساءل العلماء دائماً: إلى متى يستمر هذا التمدد؟

إذا كانت النيوتريـنات - التى تملأ الكون - بلا كتلة، فإن هذا التمدد سوف يستمر غالباً إلى الأبد، أما إذا كان لهذه الجسيمات كتلة، معنى ذلك أنه سيأتى الوقت، الذى يتوقف

فيه تمدد الكون ليحدث إنكماش أعظم Big Crunsh لينتهي به الكون، الذي بدأ بالانفجار الأعظم Big Bang.

وكذلك إذا كانت لجسيمات النيوترينو كتلة، فربما هذا يؤدي إلى قياس كتلة المادة المظلمة Dark Matter - التي تكون أكثر من ٩٠٪ من مادة الكون - والتي يعتقد بعض العلماء بأنها مكوّنة من النيوتريونات.

### الأشعة الكونية.. والنيوترينو

وهناك ثلاثة أنواع لجسيم النيوترينو، يطلق عليها «نكهات» Flavors ، وهي: نيوترينو الإلكترون ونيوترينو الميون ونيوترينو التاو (وجسيمات «الميون» و«التاو» يمكن اعتبارها إلكترونات ثقيلة).

وعندما تصطدم الأشعة الكونية - وهي إشعاعات قوية من أعماق الكون - بالغلاف الجوي لكوكب الأرض، فإنه ينتج عن هذا نيوتريونات ذات طاقة عالية، ولكن الصخور

في باطن الأرض والتي يبلغ سمكها نحو ١٢٨٠٠ كيلو متر، لا تمثل عائقًا أمام هذه الجسيمات العجيبة. ويعتقد عدد من العلماء أن النيوتريـنو تتغير طبيعته، فقد يتحوّل النيوتريـنو ميون إلى النيوتريـنو تاو أو إلى أي نوع آخر لم يُكتشف بعد.

وتقول نظرية «ميكانيكا الكم» «Quantum Mechanics» أنه إذا حدث هذا التحول بين أنواع النيوتريـنو، فمعنى ذلك - بالنسبة لنوع واحد على الأقل - أن له كتلة ما. ومؤخرًا، أثبتت بعض التجارب في «التلسكوب النيوتريـنوي» بالمختبر «كميو كاند الفائق» في اليابان، حدوث مثل هذه التحولات بين أنواع النيوتريـنو.

ولكن لم يمكن التوصل حتى الآن، إلى مقدار كتلة النيوتريـنو، ولكن الذي أمكن معرفته هو الاختلاف في الكتلة بين نيوتريـنو ميون والنيوتريـنو الذي تحوّل إليه.

وربما يكون أن أنواع النيوتريـنو له كتلة تبلغ نحو واحد من خمسة ملايين من كتلة الإلكترون، بينما تكون الأنواع الأخرى بلا كتلة!

وحتى في هذه الحالة فإن وزن النيوتريـنات سوف يكون نحو عشرة بالمئة من وزن الكون المرئي. ولكن معظم الفيزيائيين يعتقدون في الوقت الحاضر، بأن كل أنواع جسيمات النيوتريـنو، لها كتلة ولكنها ضئيلة جداً.

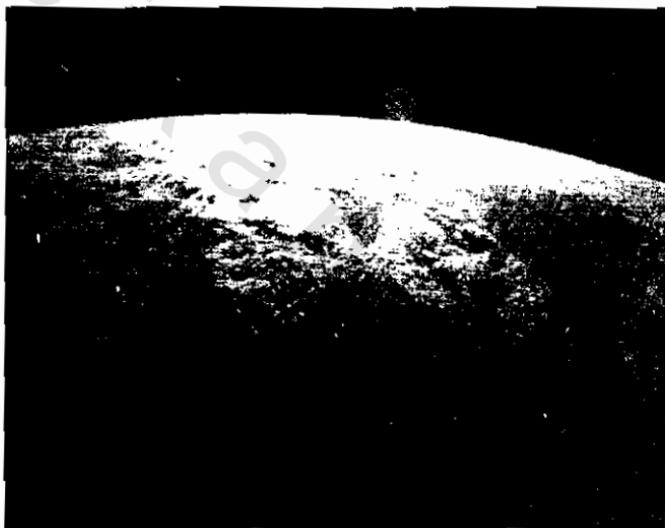
وإذا كان العلماء يتوصلون إلى صياغة معادلاتهم الرياضية، بسهولة أكبر، لو كانت النيوتريـنات بلا كتلة، فإن وجود كتلة لها - ولو كانت بالغة الضآلة - سوف تجعل الكون أكبر وزناً، إذ سوف تمثل جسيمات النيوتريـنو ثقلاً يزيد عن كل المادة الموجودة في الكون. ومعنى هذا، على علماء الفيزياء أن يعيدوا حساباتهم ومعادلاتهم الرياضية - وربما بهذا يقتربون من التوصل إلى «نظرية كل شيء» - ولا شك أن هذا سوف يكون في بؤرة الاهتمام العلمي في القرن الحادى والعشرين.

## كوكب الأرض.. سفينة فضاء

كوكب الأرض هو دنيانا التي نعيش فيها، وهو كوكب صغير إلا أنه غير عادى، ويوجد - مع المجموعة الشمسية - في مجرة «الطريق اللبنى» Milky way حيث تقل كثافة النجوم نسبيًا على بعد ثلثى المسافة من مركز مجرتنا، كما أنه الكوكب الثالث بعدًا من الشمس بعد كوكبى عطارد والزهرة، ويبلغ قطر كوكب الأرض حوالى ١٢٦٠٠ كيلومتر.

ونحن فوق الأرض، أشبه ما نكون بركاب سفينة فضاء سقفاها الغلاف الجوى الذى تتعدد وظائفه وخدماته. وجو دنيانا مكيف بحيث ترسل السفينة وسقفاها إلى الفضاء، نفس الطاقة التى تكتسبها من الشمس، فتظل محتفظة بنفس معدلات درجات الحرارة على مر السنين، وهذا هو السبب فى استمرار الحياة فوق سطحها. ولكن سفينة الفضاء هذه إنها تخدعنا، لأنها تبدو وكأنها تقف ثابتة فى الفضاء، بينما يدور الكون بأسره من حولها، أما حقيقة الأمر، فهو أن أرضنا تلف

وتتأيل وتهتز وتسبح في الفضاء بسرعة تبلغ ثلاثين كيلو مترا  
في الثانية، في طريقها حول الشمس ثم مع الشمس حول مركز  
مجرتنا، ثم مع المجرة التي تتحرك بدورها مع البلايين من  
المجرات، التي يتكون من مجموعها.. الكون.



## سقف الأرض

ويسحب كوكب الأرض في رحلته الكونية، ما يحيط به من أغلفة مرئية (مثل المحيطين اليابس والمائي) أو غير مرئية (مثل المحيط الهوائي أى الغلاف الجوى)، كوحدة لا تتجزأ.



والغلاف الجوى طبقة فسيحة الأرجاء من الغازات يحيط بالكرة الأرضية تمامًا، وهو دائم الحركة يكوّن وحدة لا انفصال فيها. ويؤثر في جميع أرجاء كوكب الأرض، فمراكز العواصف وأماكن الاستقرار الجوى والتيارات المختلفة، وكتل الهواء الباردة والساخنة، لا تعترف بالحدود بين الدول.

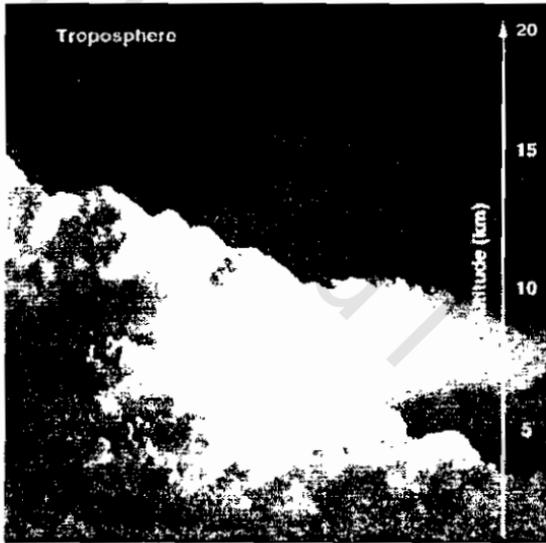
ولكن مم يتكون الغلاف الجوى؟

تسألنى فأجيبك. يقسم العلماء جو الأرض إلى خمس طبقات بعضها فوق بعض:

- طبقة التروبوسفير Troposphere .
- طبقة الستراتوسفير Stratosphere .
- طبقة الأوزونوسفير Ozonosphere .
- طبقة الأيونوسفير Ionosphere .
- طبقة الإكسوسفير Exosphere .

## التروبوسفير (المحيط المتغير)

هي الطبقة التي نعيش في جزئها الأسفل الملاصق لسطح الأرض، ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة في المتوسط نحو ١٢ كيلو مترا فوق سطح البحر، وهي طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية، حيث تنشأ السحب وتتولد العواصف المختلفة.



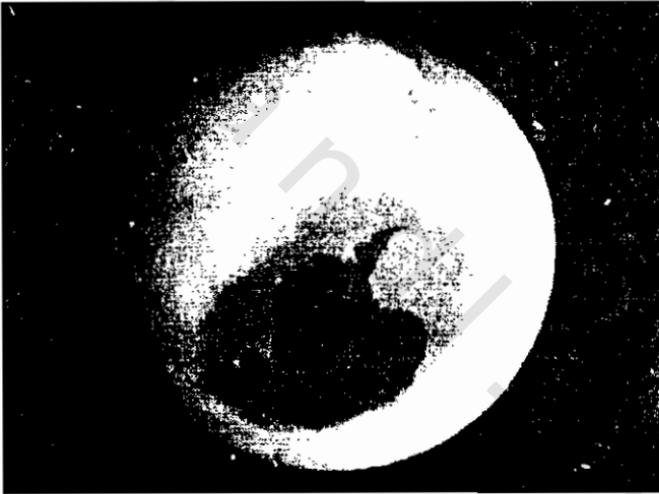
## الستراتوسفير (المحيط ذو الطبقات)

يبلغ سمكها حوالي ٣٠ كيلو مترا، وهي طبقة من الهواء الرقيق وتعلو طبقة التروبوسفير، وتمتد إليها الرياح العاتية. إذ ينساب في قاعدتها نهران من التيارات الهوائية، يجريان حول معظم الكرة الأرضية، ويعرفان باسم «تيارات الرياح المتدفقة» Jet-Streams.



## الأوزونوسفير (منطقة تجمع الأوزون)

يتحول في هذه الطبقة، جزء من غاز الأكسجين إلى غاز الأوزون (غاز أزرق ذو رائحة حادة) بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس، وتؤثر في هذا الجزء من الغلاف الجوى، نظرًا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته.



ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا، ذلك أنها تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القوية بتركيز كبير إلينا، حيث إن الكميات التي تنفذ من ثقب طبقة الأوزون بسيطة نسبيًا. إذ لو أدركتنا هذه الأشعة فوق البنفسجية (أشعة كهرمغناطيسية غير مرئية، تمتاز بقدرتها العالية على تأيين الغازات)، لتأثرت الحياة فوق سطح الكرة الأرضية.

### الأيونوسفير (الطبقة المتأينة)

تتميز بأرجائها الغامضة العجيبة، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ (إذ لا يوجد ما يطلق عليه «فراغ» Vacuum في الكون كله). بل هي مناطق تنشأ فيها نوع غريب من الجسيمات تسمى «الجسيمات الافتراضية» Virtual Particles تولد وتموت في أجزاء بالغة الضلالة من الثانية الواحدة.

وتتعرض طبقة الأيونوسفير تمامًا لأشعة الشمس، خاصة الأشعة فوق البنفسجية، التي تعمل على تحطيم ذرات غاز الأكسوجين والنيتروجين بها، فتفقدتها أحد إلكتروناتها فتصبح متأينة Ionized أي مشحونة كهربائيًا. والمعروف أن الذرة متعادلة كهربائيًا في الحالة العادية.

ومن خصائص هذه الطبقة، أنها تمتص وتعكس الموجات اللاسلكية، فيما يسمى الحزام الأيونى. وارتفاع الحزام الأيونى دائب التغير من فصل إلى آخر، بل من يوم لآخر وربما يتغير ارتفاعه عدة مرات فى اليوم الواحد.

وتظهر فى طبقة الأيونوسفير ظاهرة طبيعية غريبة فعندما تنطلق من الشمس جسيمات مشحونة وبخاصة عند ظهور البقع الشمسية sunspots والتأججات الشمسية Flares، تسرع باتجاه كوكب الأرض، وتصطدم هذه الجسيمات المشحونة كهربياً بالغازات التى توجد فى هذه الطبقة - لأنها أول طبقة متأينة تقابلها - فتتوهج وينشأ عن ذلك مشهد، يختلف فى شكله من قوس إلى ستارة إلى نافورة تخرج وهجاً من الضوء الأبيض فى العادة، ولكن قد يصدر عنها أحياناً أضواء ذات ألوان خضراء وصفراء وحمراء وبنفسجية، ويطلق على هذه الظاهرة الشفق القطبى Aurora Borealis .

### الإكسوسفير «الطبقة الخارجية»

تمتد هذه الطبقة الخامسة والأخيرة من طبقات الغلاف الجوى إلى ارتفاع قد يصل إلى ١٣٠٠ كيلو متر، ويحتمل أن

يوجد بها بعض ذرات متفرقة من الأوكسوجين والنيتروجين،  
ويزداد التفرق بين هذه الذرات كلما اتجهنا إلى حد يصبح  
التلاقى بينهما منعدماً تقريباً.

### أضف معلوماتك

● توجد الأشعة الكونية Cosmic Rays الفتاكة وأشعة  
أكس وكذلك الشهب التي تبدأ بالاحتراق في الأقسام السفلى  
من الأيونوسفير، وكل ذلك خطر على حياة الإنسان وكذلك  
للمركبات الفضائية.

● الطبقات المشحونة كهربائياً، هي عبارة عن مرايا  
عاكسة، تنعكس عليها الموجات الراديوية الصادرة من  
محطات الإذاعة لترتد ثانية إلى الأرض.

● تحتوي طبقة التروبوسفير على أكثر من ٧٥٪ من  
غازات الغلاف الجوى بأسره، كما أنها تعد بمثابة قاع للمحيط  
الهوائى، وأشدّه كثافة.

## .. عندما تغنى البراكين!

تشابه الأفيال والحيتان.. والبراكين، في أنها تصدر أصواتًا منخفضة التردد Low-Frequency Sounds تحمل في طياتها رسالة ما. ومن بين حوالي ١٥٠٠ بركان نشط على كوكب الأرض نجد أن ما بين ٥٠ إلى ٧٠ منها يشور في وقت من الأوقات وعلى مستوى العالم يعيش حوالي ٥٠٠ مليون شخص في مناطق البراكين بالدمار ويعمل خبراء البراكين على مساعدة هؤلاء البشر لكي لا يلاقوا مصير سكان مدينتي «أرميرو» الكولومبية و«سانت بيير» بجزيرة «مارتينيك» في البحر الكاريبي اللتين دمرتا بركانين ثائرين.

### زلازل.. وموجات تحت سمعية

يدررس الباحثون الموجات تحت السمعية Infrasonic (موجات دون مدى السمع) التي تصدر عن البراكين بغية التوصل إلى فهم أفضل لكيفية ثورانها ومن ثم التنبؤ بطريقة

دقيقة إلى حد ما بهذه الثورات. وبخلاف الزلازل التي تعطى علامات تحذير أقل قبل حدوثها، فإن البراكين ترسل إشارات صوتية، أو إذا شئت «أغاني»، يمكنها أن تحذر أى شخص يصغى إليها بقرب حدوث الانفجار البركانى.



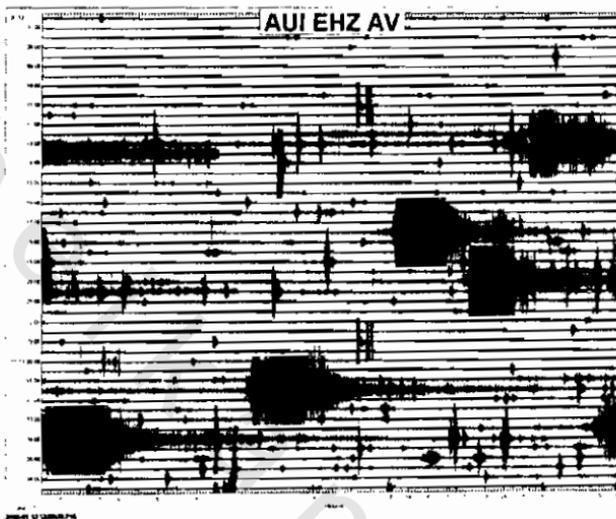
وهذه الموجات الصوتية منخفضة الترددات مصدر غير مستغل لمراقبة البراكين، ومن ثم يقدم الباحثون تقاريرهم التي تنشر في المجلات العلمية المحكمة، لنشر الوعي بهذا المصدر بين الناس. والحقيقة أن أجهزة المراقبة هذه رخيصة التكاليف نسبيًا في تركيبها، ولذلك بدأ المسئولون يلتفتون إلى هذا العلم الجديد والمستقبلي. وقد تمكّن خبراء البراكين أخيرًا من تركيب سماعات دائمة مكبرة للصوت تلتقط الموجات تحت السمعية عند بركان «دى كوليا» De Colima ، الذي يعتقد بأنه أكثر براكين وسط المكسيك التسعة نشاطًا وتدميرًا.

ومثلما تنتقل الموجات الزلزالية في طبقات الأرض، فإن الموجات الصوتية تحت السمعية تنتقل في الهواء عندما يضطرب الجو. وطبقًا للتعريف فإن الصوت تحت السمعي ذو ترددات منخفضة للغاية (أقل من ٢٠ هرتز «وحدة تردد تساوي دورة واحدة لكل ثانية») لدرجة أن أذن الإنسان لا تستطيع سماعها. ويمكن للأفيال والحيتان إرسال واستقبال الأصوات تحت السمعية، وكذلك الاتصال ببعضها البعض

بتلك الأصوات عبر مسافات شاسعة. كما أن الانفجارات النووية تنتج أصواتا تحت سمعية، وهذا هو السبب في أن القوى العالمية العظمية تتنصت عليها لمراقبة الخطر المفروض على إجراء التجارب النووية. وكذلك هناك مصادر أخرى للأصوات تحت السمعية مثل الانهيارات الجليدية وسقوط النيازك والبرق والشلالات.

### التأليف الموسيقي.. البركاني

وقد أمكن في الوقت الحاضر تحويل «الدمدمات» Rumblings منخفضة التردد الصادرة من البراكين، إلى ألحان ومقطوعات موسيقية رقيقة، في محاولة للتنبؤ بوقت الثوران البركاني. فقد نجح باحثون من إيطاليا في تأليف لحن موسيقي (كونشرتو) Concerto، من التحركات الحادثة في باطن الأرض بجبل «إتنا» Etna بجزيرة صقلية، ثم قاموا بوضع قطعة موسيقية أخرى من بركان «تونجويراهو» في الأكوادور (أمريكا الجنوبية) الذي ثار مؤخرًا.



ومن خلال الربط بين النغمات الموسيقية والمراحل الدقيقة للنشاط البركاني - لكل البراكين - يأمل هذا الفريق العلمي، من معرفة تلك النغمات التي تؤذن بقرب حدوث الثوران البركاني. فإذا أمكن تحديد الأنماط الموسيقية التي تحذر من حدوث الثوران، بات من السهل اتخاذ التدابير

الوقائية المدنية اللازمة قبل حدوث الكارثة بعدة أيام أو ساعات. وهكذا تضيف طريقة الموسيقى المعروفة باسم «تصويت البيانات» Data Sonification أداة حديثة وفاعلة إلى صندوق أدوات خبير البراكين، وتعمل طريقة تصويت البيانات على تحويل البيانات المعقدة إلى أصوات مسموعة.

ويعتمد برنامج تصويت البيانات الذي استخدم في بركان «إتنا» على تحويل الموجات الزلزالية، غير المسموعة للإنسان التي تنتقل خلال طبقات الأرض، إلى موسيقى. كما استمع الباحثون في «هاواي» إلى المؤشرات الصوتية الصادرة من أحد البراكين هناك، قبل ثورانه باستخدام صوت منخفض التردد لا تسمعه أذن الإنسان، ولكن تسجله الأجهزة الدقيقة.

ولإنشاء موسيقى البركان يستخدم الفريق رسمًا بيانيًا للهزات الأرضية، وهو عبارة عن تسجيل لتوقيت حدوثها وشدة الموجات الزلزالية، لتتبع أقصاها (قممها) Peaks وأدناها (قيعانها) Troughs على فواصل موسيقية فارغة، ثم

يغطون الأشكال بنغمات موسيقية. وبعد ذلك يمكن لجهاز  
التلحين الإلكتروني الرقمي Digital Synthesiser عزف  
تلك الألحان أو المقطوعات الموسيقية.



ويشبه ذلك عزف أى موسيقى على البيانو، ولا يمكن للمرء أن يتصور أن الذى يعزف تلك الموسيقى بركان! ولكى يبحث الفريق العلمى عن أى مؤشرات تحذيرية، فإنهم يستخدمون برنامجا لتمييز النماذج الموسيقية. وبسبب وجود كمية هائلة من المعلومات المطلوب استيعابها، يقوم الفريق بتوزيع البيانات على شبكة معلومات أو كمبيوترات مترابطة Grid Network. وتستخدم شبكة الكمبيوترات المترابطة أسلوب توزيع بيانات مشكلة واحدة على مئات الكمبيوترات، بهدف التوصل إلى حل لها. ومن خلال دمج قدرة معالجة كل تلك الكمبيوترات - وفي كيان واحد - يمكن اختصار الوقت اللازم للوصول إلى نتيجة نهائية وحاسمة ومن الممكن إرسال البيانات إلى الدول التى تعانى من الثورات البركانية فى كل أنحاء العالم ثم تجميع كل النتائج فى كيان واحد، وعلى ذلك فىمكن الاستفادة من قدرة الكمبيوترات الموجودة فى كل مكان. وعلى الرغم من أن البراكين تختلف تمامًا عن بعضها البعض إلا أن هذا الفريق

العلمى يعتقد، من خلال هذه المنطلق الموسيقى الذى ابتكره،  
أنه بمقدوره التوصل إلى بعض الجوانب المتماثلة بين البراكين  
جميعاً.

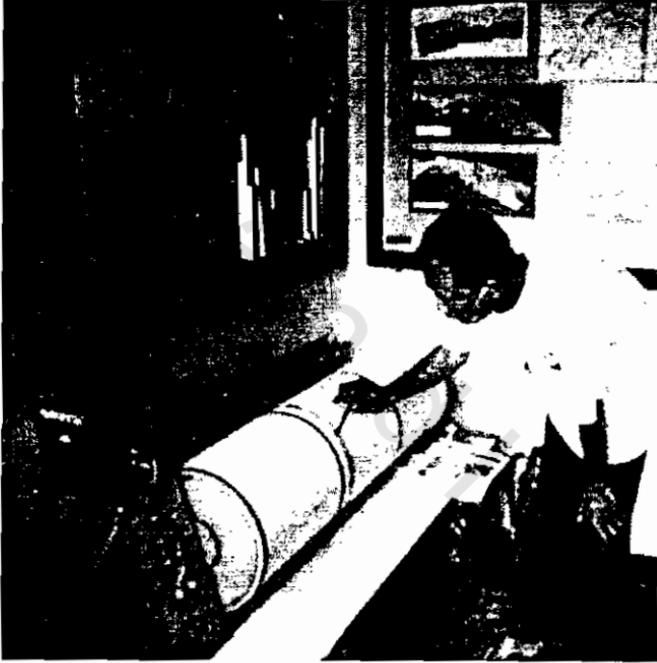


وعموماً يأمل العلماء في أن يؤدي استخدام كمبيوترات هائلة القدرة إلى تحويل قراءات الزلازل، إلى دمدات أو هدير أو طنين أو نغمات موسيقية، مثل تلك التي تصدر من البيانو، مما يساعد الناس على اكتشاف أنماط معقدة من الأحداث. وقد توصلت الأبحاث إلى أنه أسهل على الناس التعرف على الأحداث سمعياً، أفضل من بصرياً خاصة باستخدام مكبرات صوت.

فبينما يسهل تشويش وإرباك العين بسرعة بأي أنماط بصرية من بيانات معقدة، فإن الأذن ممتازة في فرز وتصنيف أنماط البيانات من وسط ضوضاء عشوائية. فأذن الإنسان أكثر حساسية بكثير من عينه، بمعنى أن الإنسان يمكنه إدراك أو اكتشاف أشياء لا يستطيع إدراكها بأي حاسة أخرى لديه.

وعند ضم تسجيلات الموسيقى البركانية تحت السمعية إلى التسجيلات الزلزالية، تمكن خبراء البراكين من مراقبة ورصد تردد وشدة وطبيعة الثورات البركانية وهذه المعلومات

بالغة الأهمية للتنبؤ بالكوارث البركانية التي تهدد حياة البشر  
أو الرماد البركاني المتصاعد، الذي يمثل تلوثًا خطيرًا للبيئة.  
وعموماً فهناك الكثير من المعلومات الغنية في تلك الموسيقى  
البركانية.



## الليزر.. أشعة الغد

الليزر.. أشعة عجيبة تتألق في الأفق العلمى للتكنولوجيا الحديثة.. والمستقبلية.. إنها أشعة الموت والحياة.. فلها قوة تدميرية مروعة للأهداف المعادية في الفضاء.. كما أن لها القدرة على الإشفاء من السرطان.

### ما هو الليزر؟

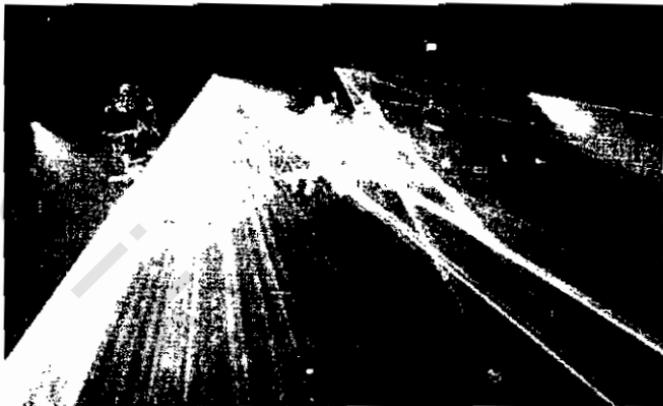
شهد صيف عام ١٩٦٠ أول عرض لمصدر جديد للضوء ذى خصائص فريدة، منها أنه مركز جدًا، ومن ثم فطاقته مروعة، إلى حد أنه يتمكن من إطلاق طاقة تعادل طاقة الشمس. ومن ناحية أخرى يمكن التحكم فى قوة هذا الضوء الجديد، حتى أن الجراحين يستخدمونه فى إجراء العمليات الجراحية الدقيقة فى العين البشرية.

كما يمكن لأشعة هذا الضوء العجيب أن تحدث ثقوبا فى ألواح الصلب السميك، وكذلك إشعال الكربون، ولأنها تمر فى حزم متوازية ضيقة فيمكن إرسالها من كوكب الأرض إلى

القمر، أى حوالى ٤٠٠,٠٠٠ كيلو متر، فلا تضىء إلا مساحة يبلغ قطرها حوالى ثلاثة كيلو متر فقط.

وتتميز هذه الأشعة بأنها نقية جدًا ذلك أن كل الضوء الذى بها له نفس الطول الموجى، وهى أيضًا متماسكة أى أن كل الموجات الضوئية بها متماثلة تمامًا، وهذه الخواص لها استخدامات عديدة فى الحياة العملية.

وأطلق العلماء على هذه الأشعة الفريدة «الليزر Laser» وهذه الكلمة مكونة من الحروف الأولى من عبارة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation أى «تضخيم الضوء بواسطة القذف المثار للإشعاع». وتعتبر أشعة الليزر من أهم المنجزات التى تحققت فى العصر الحديث، إذ أنها أصبحت تستخدم بكفاءة عالية فى مجالات مختلفة، وخصوصًا فى الصناعة والفضاء والطب والحرب، والاتصالات والمعلومات وفن التصوير المجسم (المولوجرافيا). ولتوضيح طبيعة أشعة الليزر، يجب أن نتعرف على بعض المفاهيم الأساسية والمصطلحات المستخدمة.



## الذرة

تتكوّن المواد - بأشكالها الصلبة والسائلة والغازية - من مجموعة منتظمة من الذرات، التي هي أصغر جزء من المادة. وتتكون الذرة من نواة مركزية تتضمن بروتونات «ذات شحنات كهربية موجبة» ونيوترونات «ذات شحنات متعادلة». كما أن هناك «كواركات» داخل البروتونات والنيوترونات وحول نواة الذرة هناك إلكترونات «ذات شحنات كهربية سالبة» تدور في مدارات مختلفة البعد عن النواة. وتأخذ المادة الشكل الصلب عندما تكون الذرات متقاربة جدًا، أما في الشكل السائل فيكون لدى الذرات بعض الحرية في الحركة، وتتباعذ الذرات جدًا عن بعضها في الشكل الغازي.

تنتج الأشعة الكهرومغناطيسية، من تفاعل الذرات المختلفة مع مجالات مغناطيسية وكهربية في الفضاء، وهي تشمل موجات الراديو والأشعة تحت الحمراء، والأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية «أشعة اكس» وأشعة جاما والأشعة الكونية.

إن الضوء العادى هو شكل من أشكال الطاقة وجزء من الأشعة الكهرمغناطيسية، ويطلق على أصغر وحدات الضوء «الفوتون» وكل منها يحتوى على نبضة طاقة، وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، ويسير الضوء بسرعة تبلغ حوالى ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة.

### الضوء العادى.. والليزر

يتكون الضوء العادى من موجات ضوئية مختلفة الطول والتردد واللون، وهى مختلطة ببعضها دون انتظام. ويمكن أن نتبين هذا إذا قمنا بإمرار الضوء العادى «ضوء الشمس مثلاً» خلال منشور زجاجى، فنجد أنه يتحلل إلى ألوان عديدة نطلق عليها ألوان الطيف، وتتكون من الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والنيلى والبنفسجى، وكل لون له طول موجى معين، وطول هذه الموجة الضوئية هو الذى يحدد لونها.

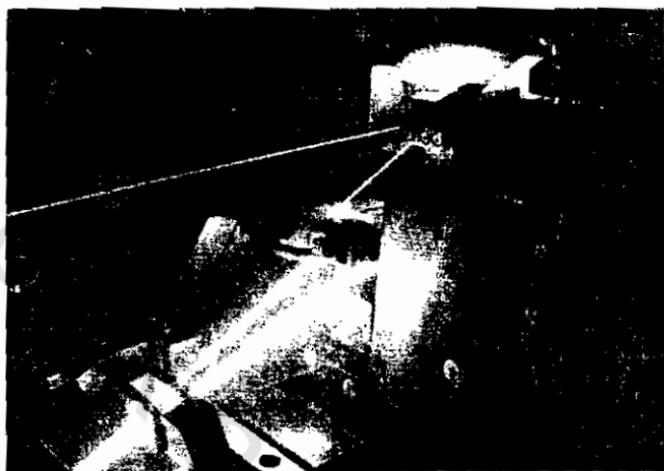
ويطلق على أعلى جزء من موجة الضوء «قمة الموجة» أما

أدنى جزء فيطلق عليه «قرار الموجة». وطول الموجة هو المسافة بين قمتين متتاليتين. أما تردد الضوء فيقصد به عدد الموجات التي تمر في نقطة معينة في الثانية الواحدة. وبمقارنة الضوء العادي بأشعة الليزر يتضح لنا ما يلي:

١- أشعة الليزر ذات اتجاه واحد ثابت، وهي تختلف عن الضوء العادي الذي ينتشر في جميع الاتجاهات، ومن ثم فأشعة الليزر تركز الطاقة عند نقطة محددة تمامًا.

٢- أشعة الليزر متماسكة، أي أن جميع الطاقة المنبعثة لها نفس طول الموجة وترددها، أما الضوء العادي فهو يحتوي على العديد من الموجات المتباينة الطول والتردد.

٣- أشعة الليزر ذات لون واحد نقي «أو على الأرجح هي حزمة ضيقة جدًا من الأشعة»، بينما يتكوّن الضوء العادي من العديد من ألوان كثيرة مختلفة «ألوان الطيف».



## كيف يعمل الليزر؟

يتكون جهاز الليزر من ثلاثة أجزاء رئيسية: مادة يطلق عليها «الوسط الفعال» التي تنتج أشعة الليزر، ومصدر للطاقة لاثار ذرات الوسط الفعال، ووحدة يطلق عليها «وحدة تضخيم الضوء» وهى غالباً في شكل مرآتين إحداهما عاكسة تماماً؛ والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

وقد يكون الوسط الفعال في أجهزة الليزر مادة صلبة «مثل الياقوت الصناعى» أو مادة سائلة «مثل مادة النيوديموم المذابة في أكسيد كلوريد الصوديوم» أو مادة غازية «مثل الهيليوم وثانى أكسيد الكربون».

وهذا الوسط الفعال من خواصه أنه يقذف بضوء شديد التركيز والتماسك، إذا وجهت إليه طاقة مثل التيار الكهربائى أو الإشعاع الضوئى، ذلك أنه تبعاً للنظرية الكميّة فإن الذرّة - عند إثارتها بمصدر للطاقة - تصبح قادرة على امتصاص هذه الطاقة، ويؤدى هذا إلى انتقال إلكتروناتها من مدارها

الطبيعى إلى مستوى أعلى. ولكن سرعان ما تعود إلى مستواها الطبيعى مرة أخرى، متخلية عن الطاقة التى امتصتها من قبل، فى شكل فوتون ضوئى بنفس الطول الموجى، ولكن بشد أكبر بكثير، بحيث أن كل فوتون وارد يسبب انفلات فوتون.

وبتطبيق مبادئ النظرية الكمية أمكن التفكير فى اختراع جهاز الليزر، وهنا يثار سؤال: كيف يعمل جهاز الليزر باستخدام النظرية الكمية؟ حتى يمكن الإجابة على هذا السؤال، نقوم بشرح لكيفية عمل أول جهاز لليزر، والذى كان يطلق عليه «جهاز ليزر الياقوت». كان يتكون من أنبوبة ضوئية لولبية، تلتف حول قضيب سميك من الياقوت الصناعى أسطوانى الشكل - وهو نوع من أكسيد الألمنيوم - مع كمية من الكروم مذابة فيه» وعلى طرفى أسطوانة الياقوت الصناعى مرآتين، إحداها عاكسة تمامًا والأخرى شبه عاكسة، تعكس حوالى ٩٥٪ من الضوء الساقط عليها.

وتستخدم الأنبوبة الضوئية اللولبية في إصدار ضوء شديد الكثافة، يقوم بامتصاصه قضيب الياقوت الصناعي في زمن قصير جدًا - حوالى عدة أجزاء من ألف من الثانية الواحدة - ثم يعيد إطلاقه بشدة أكبر وبشكل مواز لمحوره، وينعكس عند اصطدامه بالمرآتين عند طرفي القضيب، ومن ثم فهو يمر عدة مرات خلال قضيب الياقوت الصناعي، وهذا ينتج عنه تضخيم لأشعة هذا الضوء، ذلك أنها تكتسب طاقة أكبر من قضيب الياقوت الصناعي، بمرورها عليه عدة مرات جيئةً وذهاباً. وتزداد هذه الأشعة إلى الحد الذي يسمح لها بالانطلاق عبر المرآة شبه العاكسة. وهكذا تصدر أشعة الليزر، بخواصها الفريدة بأى لون من ألوان الطيف، وقد تصدر في شكل أشعة غير مرئية «الأشعة تحت الحمراء مثلاً».

### أنواع الليزر

هناك العديد من أشعة الليزر تنتج عن أجهزة متباينة الأشكال، والتي تستخدم في أغراض مختلفة. ويمكن أن

نصنفها تبعاً للوسط الفعال الذى يوضع بالجهاز «مواد صلبة - سائلة - غازية»، ذلك أن الوسط الفعال هو الذى يحدد طول موجة أشعة الليزر، لأن طول الموجة ينتج عن التغير فى مستويات الطاقة بهذه المواد.

### ومن أهم أنواع الليزر:

● ليزر الغاز: يتألف هذا النوع من الليزر من أنبوب زجاجى، يحتوى على مزيج من غازى الهيليوم (٩٠٪) والنيون (١٠٪) ويتصل بقطبين كهربيين لإمرار التيار الكهربائى، وفى طرفى الأنبوب مرآتان أحدهما عاكسة تماماً، والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

ويعمل ليزر الغاز عندما تثار ذرات الهيليوم أولاً بالتيار الكهربائى، فتنتقل طاقتها إلى ذرات النيون التى تصدر أشعة الليزر من خلال المرآة نصف الشفافة. وتعتبر أشعة الليزر الصادرة من أجهزة الليزر الغازى أفضل بكثير من تلك التى تصدر عن الأجهزة التى تستخدم المواد الصلبة أو السائلة،

وذلك لشدة تماسك ضوئها، سواء فوق الأرض أو في الفضاء، وأيضًا لمداها الكبير وطاقتها العالية.

وتستخدم أشعة الليزر الغازى فى البحوث العلمية مثل تلك التى تُجرى فى الفضاء، كذلك فى إرسال الأحاديث والموسيقى على صور التلفاز (التلفزيون). ومن أجهزة ليزر الغاز أيضًا تلك الأجهزة التى تعمل بواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون، ويصدر عنها أشعة ليزر غير مرئية «أشعة تحت الحمراء» وتعتبر ذات قوة عالية وتستخدم فى الأغراض الصناعية.

● ليزر السوائل: يتكون الوسط الفعال فى هذا النوع من أجهزة الليزر، من سائل خاص، يُحضّر من إذابة مادة النيوديوم بأكسيد كلوريد الصوديوم. ويتميز ليزر السوائل بسهولة تحضيره فى المختبرات، كما أن المواد المستخدمة فيه اقتصادية لدرجة كبيرة، بالمقارنة بأجهزة الليزر الأخرى، بالإضافة إلى إمكانية تغيير السائل المستخدم بسهولة، للحصول على أشعة ليزر ذات موجات ومواصفات جديدة دون تغيير جهاز الليزر.

● ليزر المواد الصلبة: يصنع جهاز ليزر المواد الصلبة من أشباه الموصلات، مثل الترانزستور، وهى ببساطة وحدات دقيقة تسمح بمرور التيار الكهربائي في اتجاه واحد فقط، وتمنعه من المرور في الاتجاه المعاكس.

ويمكن استخدام هذا النوع من أجهزة الليزر في الأقمار الصناعية، أو نقل المعلومات في الحاسوب «الكمبيوتر»، وحتى كمصدر ضوء يمكن توجيهه إلى الأجهزة الأخرى من الليزر لتشغيلها، وتنتج أجهزة ليزر المواد الصلبة أشعة بأطوال موجات مختلفة، تتراوح من الأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة الحمراء.

