شادي عبد الحافظ

كتاب الكون

النجوم والمجرات والسدم
وكيف يعرف العلماء ذلك كله؟

مكتبة عصير الكتب

سجل في مكتبة
اضغط الصفحة
SCAN QR

كتاب الكون

عصير الكتب

للنشر والتوزيع

إدارة التوزيع

00201150636428

لمراسلة الدار:

email:P.bookjuice@yahoo.com

Web-site: www.aseeralkotb.com

العنوان: كتاب للكون

الطبعة الأولى: يناير 2025م

رقم الإيداع: 26188/2024م

الترقيم الدولي: 978-977-992-442-7

المؤلف: شادي عبد الحافظ

تدقيق لغوي: أحمد عطية

تنسيق داخلي: معتز حسنين علي

مكتبة

t.me/soramnqraa

شادي عبد الحافظ

كتاب الكون

النجوم والمجرات والسدم
وكيف يعرف العلماء ذلك كله؟

عصير الكتب

شكر

أتوجَّه بالشكر إلى توشيمي تاكي، وهو هاوي فلك ومهندس ياباني، ساعدني في ضبط خرائط الكتاب عبر الاستعانة بأحد أطالسه التي سمح لي باستخدامها عن طيب خاطر، والسيد كلاد دلبيس وهو هاوي فلك فرنسي، وقد سمح كذلك باستخدام المادة الرئيسية لأطلس النجوم الخاص به، ما ساعدني بشكل كبير في إتمام هذا الكتاب.

كذلك أتوجه بالشكر إلى دار نشر «عصير الكتب»، فعلى مدى قرابة خمس سنوات، انفتح فريق الإدارة هناك على مقترحاتي لإثراء عالم هواة وعشاق علم الفلك في كل أنحاء العالم العربي من الكبار والأطفال، ليس فقط بالكتب، بل بالكثير من الملحقات مثل اللوحات السماوية والخرائط والأطالس والألعاب اللوحية، وهو أمر غير معتاد في عالم نشر الكتب. فتح ذلك الباب للكثير من القراء دخول هذا العالم الجميل، وحصل بعضهم أخيرًا على أدوات مفيدة وممتعة لدعم حبهم للسماء ليلًا، وأجرامها.

مكتبة
t.me/soramnqraa

مقدمة

مكتبة
t.me/soramnqraa

إنه مساء بارد آخر، نحن الآن في الأسبوع الأخير من شهر يناير 2014، كان هُواة الفلك حول العالم يتراقصون فرحًا على وسائل التواصل الاجتماعي بعد انفجار أحد النجوم في مجرة السيجار على مسافة 120 مليون ترليون كيلومتر، وهي مجرة لامعة بالنسبة إلى تلسكوب متوسط كالذي أمتلكه. لم أصدق نفسي، فأنا لم أر مستعرًا أعظم في حياتي إلا في الصور، لذلك ألغيت كل خططي هذا المساء وقررت تأمُّل هذه المجرة.

ساعات قليلة فقط وكنت أعلى سطح منزلي، وجهت التلسكوب إلى منطقة أعرفها في سماء الليل إلى جوار مجموعة من النجوم تسمى «الدب الأكبر»، وإذا بي أراها. لقد سميت مجرة السيجار بهذا الاسم لسبب وجيه، وهو أنها تظهر كأنها سيجار كوبي ضخم في السماء، على أحد جانبي هذا السيجار الضخم رأيت نقطة كبيرة لامعة تنير المجرة كلها، كان هذا هو «إس إن 2014 جي»، المستعر الأعظم الذي شهدته المجرة.

فقط تخيَّل الأمر؛ نجم واحد من بين مئات المليارات من النجوم ينفجر فتراه كل المجرة، بل والمجرات المجاورة، هذا أشبه ما يكون بأن تتمكن من مشاهدة أحدهم وهو يشعل سيجارة على شواطئ إحدى القرى المكسيكية مثلًا من على القمر!

ولأن الصعود بالتلسكوب إلى سطح المنزل هو مهمة مرهقة، قررت أن أضع خطة لعملية رصد كاملة تبدأ من التاسعة مساءً وتنتهي قبيل الفجر، يبدأ الأمر بتحديد أهدافك من ليلة الرصد، تضعها في صورة قائمة على ورقة بسيطة، تكتب فيها الأجرام السماوية التي تود رصدها؛ بعضًا من المجرات مثلًا، وهي تلك الهياكل الكونية العملاقة التي تحوي الواحدة منها مليارات النجوم، وربما تلون المساء بقليل من السدم، وهي تلك السحب البديعة التي تمثل مناطق ميلاد النجوم (وموتها كذلك)، وغيرها من الأجرام الممتعة.

إن تأمل السماء ليلًا هو فعل بسيط قديم تعوَّد البشر على فعله لآلاف السنين، في الظلام الليلي الدامس كانت سماء الليل هي الخريطة والساعة، وبالتالي تعلموا النجوم كما نتعلم القراءة منذ نعومة أظفارنا، وقد فعلوا ذلك مع كل شيء في محيطهم من مكونات الطبيعة؛ الرمل والثلج والحيوانات والنباتات، نعرف الآن أن قبائل التشيماني في الأمازون على سبيل المثال لا يتعاملون مع الأشجار في بيئتهم، أو الطيور التي تعيش فوقها، كمصادر للطعام فقط، بل كرفاق في الرحلة، كأشياء لا تنفصل عنهم.

قارن ذلك بنمط حياتنا، يعيش معظمنا في مدن أسمنتية مكدسة، منفصلة عن الطبيعة، فعل التأمل نمارسه فقط في أثناء رحلة للأقارب في قرية على مسافة عدة عشرات من الكيلومترات، وكل ما تمثله الطبيعة بالنسبة إلينا هو سلعة، سواء كانت تلك السلعة طعامًا أو مشهدًا أمام المنزل الجديد، يرفع سعره مليوني جنيه مقارنة بمنزل آخر داخل المدينة. في هذا السياق يقول فيلسوف البيئة الشهير هينرك سكوليموفسكي في كتابه «فلسفة البيئة»: «إن معاناة الإنسان الحالية ربما نشأت بسبب انفصالنا عن الطبيعة، وعيشنا ضمن مدن ملوثة لا تُساعد رؤية أنفسنا كما يجب، لأننا ببساطة جزء من هذه الطبيعة، وهنا يصور العودة إلى الطبيعة وكأنها عودة الإنسان إلى نفسه».

من هنا تأتي إحدى مزايا تعلم علم الفلك، كهواية على الأقل، فهو يفتح لنا الباب لعقد صداقة جديدة مع هذا العالم الواسع بالأعلى، بعد زمن طويل من فتور علاقتنا به، فقدنا خلاله جزءًا أظنه مهمًّا من هويتنا ومعنى حياتنا، وقد دفعنا العلم إلى أن نرى ما هو أعمق من مجرد النظر إلى أجرام السماء، فحينما تتأمل تلك المجرة وتعرف عن عدد النجوم بها أو تطرق البصر إلى هذا النجم وتتعلم عن عمره أو تدرس هذا السديم وتتعرف إلى مساحته وتركيبه، فإنك تضيف على ذلك ما تعرف عن تلك الأجرام فيزيدها ذلك عمقًا، ويضعك في كون هائل الاتساع ثلاثي البعد، ما يثري تلك التجربة الكثير من الحكمة والاستمتاع.

كان ذلك هو الهدف من كتابي الفلكي السابق «كتاب السما»، الذي مثل مقدمة مبسطة من الصفر في علم الفلك للمبتدئين، لاقى هذا الكتاب الكثير من الاهتمام الذي أسعد قلبي حقًّا، خاصة أنه حقق ما تمنيته، فبجانب التعلم عن هذا العالم الشاسع بالأعلى، كان الكتاب قدر الإمكان ممتعًا لقرَّائه.

لكن هل يقف الأمر عند خطوة واحدة مع علم الفلك؟ ألا تريد أن تتقدم خطوة إلى الأمام؟

منذ عام 2019 وأنا أفكر في تلك النقطة، أعرف أن الخطوة الأولى في تعلُّم شيءٍ ما تكون دائمًا بسيطة، ولذا فهي ممتعة ومشوِّقة، لكننا عادةً ما نقف عندها، إلا أن علم الفلك أوسع من ذلك، وأجمل، ويحتاج إلى خطوة إضافية. كان الحذر صاحبي في أثناء كل ذلك التفكير، فأنا

أدرك جيدًا أن المزيد من التعمق يعني المزيد من الصعوبة، لكن نجاح ما سبق من الكتب، والخبرة التي حصلت عليها من ممارسة الكتابة كهواية ومهنة على مدى أربع عشرة سنة، أعطاني فرصة للثقة بالقارئ، وقدرته على تحمل الجديد، وهضمه، بل وطلب المزيد.

هذا الكتاب

كان هذا الكتاب الجديد (كتاب للكون) نتيجة ما سبق من تساؤلات، وهو يمثل درجة السلم الثانية بعد كتاب السما، لكنه رغم ذلك كتاب منفصل تمامًا، ووضعت فيه بعض المقدمات المبسطة لو كنت ممن لم يقرؤوا كتاب السما أو يتلقوا معارف فلكية في السابق، وبالتالي يمكن لك أن تخوض فيه مباشرة.

في هذا الكتاب، نبدأ في توسيع معارفنا بهذا العالم العلوي السحيق، ونتمكن من أدواتنا في تأمله، ولكن ما الذي يحتاج القارئ إلى تعلمه كخطوة ثانية بعد التعرف على الأساسات الأولى لسماء الليل؟ جاءت الإجابة على هذا السؤال من تساؤلات الأصدقاء والمتابعين المهتمين بعلم الفلك على تدوينات على وسائل التواصل، والندوات والمحاضرات التي تشرفت بتقديمها في محافظات مصرية عدة، حيث كان السؤال الأهم بالنسبة إلى الكثيرين منهم دائمًا هو «كيف يعرف العلماء ذلك كله؟».

تقول لنا إن هذه المجرة تبتعد ملايين التريليونات من الكيلومترات، وتقول إن هذا النجم عملاق، لو كان بحجم ثمرة بطيخ لكانت الشمس بحجم حبة عنب، وتقول إن هذا السديم غني بالأكسجين والنيتروجين والهيدروجين، وإن هذا الكوكب عليه من الماء والهواء ما يسمح بوجود الحياة، فكيف لك أن تقول هذا الكلام وكل تلك الأجرام بعيدة عنا مسافات شاسعة لا يمكن حتى للعقل البشري تخيلها؟ يأتي هذا السؤال عادة في سياقين؛ الأول جاد، حيث يريد الشخص أن يتعلم حقًّا، والثاني ساخر، يتمثل في تعليق شهير يقول «قل ما شئت، لن يعدَّ وراءك أحد».

يتكون هذا الكتاب من 16 فصلًا، وهي تتنقل بين النظري والعملي، في جدلية تشبه الطريقة التي يتعلم بها العلماء عن هذا الكون، بين بناء النظريات والمراقبة بالتلسكوبات. الفصول الثمانية الفردية تعمل على إجابة ما سبق من أسئلة، وهي أقرب إلى الفيزياء الفلكية، هذا النطاق المدهش حقًّا.

الفصل الأول يسأل: كيف نعرف المسافات إلى أبعد المجرات والنجوم؟ في هذا الفصل نتعرف إلى «سلم المسافات الكونية» الذي يستخدمه متخصصو الفيزياء الفلكية، أما الفصل الثالث والخامس فيسألان: كيف نعرف تركيب أبعد النجوم ودرجة حرارتها؟ وفيهما نتعرف

على الضوء؟ وكيف أن كل شعاع منه يأتينا من تلك الأجرام البعيدة. هو كتاب، بل قل مرجع ضخم مكدس بالبيانات. نستمر على نفس الوتيرة في الفصل السابع، لنتعرف كيف يستخدم العلماء البيانات المتاحة من ضوء النجوم والمجرات البعيدة لنتعرف على خصائص أخرى مهمة، مثل كتلتها وحجمها وعمرها.

الفصلان الخامس والسابع تحديدًا يمثلان تحديًا ومغامرة، فهما ثقيلان بعض الشيء ويعتمدان على فهم ما سبق من فصول، ولذلك اخترت أن يكون حجمهما صغيرًا نسبيًّا. لكنك كفلكي هاوٍ يجب أن تتعلم عن شخصيات النجوم وتصنيفاتها، وعليك في مرحلة ما أن تبذل جهدًا في ذلك، لكن في كل الأحوال فما يلي هذا الفصل من فصول، أسهل وليس أصعب منه.

أما في الفصل التاسع، فنترك الضوء المرئي جانبًا لنتعرف على بقية الأوركسترا الكونية، أو ما يسمى «الضوء غير المرئي»، وهل هناك من الضوء ما لا نراه؟ ثم في الفصل الحادي عشر نبدأ في خوض عوالم الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس، كيف نعرف تركيبها وإن كانت صخرية أم غازية؟ كيف نعرف مناخها إن كان حارًّا أم باردًا أم غنيًّا بالسحب؟ وكيف نعرف طول اليوم والسنة عليها؟

الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس هي نطاق بحثي نشط حاليًّا، ومن هنا جاءت أهميتها في هذا الكتاب، فقد حرصت دائمًا على أن يتابع القارئُ الجديدَ في هذا العلم، وكنت طوال مراهقتي وسنوات الجامعة الأولى نهمًا للقراءة في الفيزياء والفلك، لكن الكتب المتاحة وقتها كانت دائمًا قديمة، ترجمت قبل سنوات طويلة وكتبت قبل الترجمة بسنوات أطول، وكنت أقول في نفسي: «ما أبعدنا كقراء عن الوضع المعاصر للعلوم والمعارف التي نحب».

لذلك عملت على حل هذه المشكلة في كتبي بشكل عام، فحدثتها قدر الإمكان بجديد النقاشات العلمية، وساعدني العمل في مهنة التحرير العلمي، وإدارة فِرق تكتب في نطاق الصحافة العلمية، على تطوير زخم معرفي مناسب، وبعض من المهارة في هذا النطاق.

الفصل الثالث عشر له نفس أهمية الفصل سالف الذكر، حيث يناقش نطاقًا يجد الكثير من الاهتمام حاليًّا، وهو فجر الكون. يهتم الناس عادة بالانفجار العظيم، لكن ما تلاه وبعد قرابة نصف مليون سنة وصولًا إلى المليار الأول من السنوات يمتلك أهمية خاصة جدًّا، حيث؛ كيف نشأت النجوم والمجرات الأولى؟ ولمَ توزعت بهذا الشكل؟ ومتى حدث ذلك كله؟ وما العصور الكونية المظلمة؟ وكيف نعرف ذلك كله؟ ما أدوات العلماء ليفترضوا أن الكون كان بهذا الشكل أو ذاك قبل 13 مليار سنة، في زمن يُعد ماضيًا سحيقًا؟

يلي ذلك الفصل الخامس عشر، وفيه نسأل عما لا نعرف في هذا الكون، حيث يشير العلماء إلى أن كوننا يتكون بالأساس من مادة وطاقة مظلمة، و5% فقط من مادتنا العادية، تلك

التي تمثل الشمس والقمر والأرض ومكوناتها من بشر وسيارات ومسلسلًا وصواريخ خارقة للتحصينات، والحب. فكيف يعرف العلماء تلك النسب؟ وما الأدوات التي يستخدمونها لتقييم تلك الأرقام؟ وما هي أصلًا المادة والطاقة المظلمة؟

أما الفصول الزوجية فهي دراسة معمقة في سماء الليل، وفيها نقسم الكرة السماوية إلى ثمانية فصوص، ونتعلم عن كل فصل بهدوء. ببساطة، فالخطوة الثانية بعد أن تتعرف على سماء الليل كفصول (من الصيف إلى الربيع التالي) هي أن تقسم سماء الليل إلى شرائح أوسع كي نتعمق في فهمها بشكل أكبر، وهذا ما أفعله في هذا القسم من الكتاب.

تظل الفصول معرفية بالأساس، وإذا لم تتأمل السماء فما زال بإمكانك قراءتها بسهولة ويسر، والتعلم منها. في هذه الفصول ندرس بدرجة من العمق، والبساطة كذلك، موضوعات متنوعة من عالم الفيزياء الفلكية، بعضها تعلمنا عنه من قبل لكنه احتاج إلى بعض من التعمق، والبعض الآخر جديد تمامًا، وعادة ما تتنوع موضوعات كل فصل منها، لكن يظل لكل فصل موضوع أو عدة موضوعات أساسية يناقشها ويثري معارفك بها، تتنقل الموضوعات في نطاقات عدة مثل تسمية النجوم ونشأتها في الفصل الثاني، والنجوم المتغيرة التي ندرسها بدرجة من العمق في الفصل الرابع، والسحب الجزيئية العملاقة المدهشة التي نتعلم عنها في الفصل السادس، والنجوم الثنائية في الفصل الثامن، وعناقيد النجوم وفيزياء المجرات في الفصل العاشر، والعناقيد الكروية العجيبة في الفصل الثاني عشر، والكوازارات في الفصل الرابع عشر، والسماء الجنوبية وسحابتيها العجيبتين في الفصل السادس عشر، إلى جانب الكثير من الموضوعات الممتعة.

دعمت هذه الفصول بعدة جوانب تتكرر في كل منها، ففي البعض منها تتعرف على أسماء النجوم العربية، كيف نشأت ولمَ تتخذ أكثر من ثلثي نجوم السماء التقليدية المستخدمة في الأطالس المعاصرة اسمًا عربيًّا؟ كما أنني طعمت كل فصل بأجرام من فهرس مسييه، والذي يضم العديد من المجرات والسدم والعناقيد النجمية التي يمكن أن تراها بتلسكوب بسيط، ولمزيد من المتعة أرفقت بالكتاب لوحة مصورة تحوي كل أجرام مسييه، وأضفت بين الفصول بعض التمارين التي تعلمك كيف تدرسها بشكل ذاتي.

أضفت كذلك إلى الكتاب أطلس منفصلًا، فكأن الأطلس الداخلي للكتاب هو الذي ندرسه معًا، بينما يكون الأطلس الخارجي هو خطوتك الثالثة في التعلم عن هذا العالم الشاهق، وقد ميزته بإضافة النجوم العربية الشهيرة حتى تتعلم عنها.

لا أعدك أن تكون خطوة أوسع مع هذا الكون ستكون أسهل، فهناك دائمًا درجات أكبر من التركيز والتعمق، لكنني أعدك بشيئين، الأول أن يضع خوض تلك الخطوة معارفك في مستوى

مختلف، وتصبح السماء بعدها أكثر إشراقًا وتشويقًا، والثاني أن تكون الرحلة ممتعة ومبسطة قدر الإمكان، حيث عملت بدأب على تيسير الاصطلاحات والمفاهيم والنظريات بشكل يسهل على المبتدئين هضمه.

أقول «قدر الإمكان» لأن هناك دائمًا ما لا يمكن بسهولة أن يتحول إلى قصة ممتعة، وخاصة في علم الفلك الذي يعيش كقارب على سطح محيط من البيانات، ولكن في الأخير، فإنني بصفتي كاتبًا في هذا النطاق شغوف بالتحديات الحرجة من هذا النوع، وأدرك جيدًا أن المعلومات والبيانات المجردة المكدسة ليست إلا صرير قلم الكاتب، والذي يجب عليه أن يبذل الكثير من الجهد، إما لتقليلها قدر الإمكان، وإما -وهو الأهم- تقديمها في صورة ميسرة غير خشنة، بزاوية معالجة مختلفة، ووضعها في سياق كتاب يرى فيه القارئُ نفسَه كنقطة في هذا الكون، أو كما قال يحيى حقي ذات مرة: «عليك إذا عزفت على العود ألا تسمع الناس خبطة الريشة، وإذا كتبت ألا تسمع القارئ صرير القلم».

في النهاية، فإن ذلك الجهد الذي تبذله في سبيل ما (أو من) تحب لهو أول دلائل الحب.

كيف يعمل هذا الكتاب؟

اصعد إلى سطح منزلك ليلًا وتأمل السماء ونجومها، يبدو الأمر كأن السماء كلها قبَّة ضخمة مُنطبقة عليك، وهذا غريب حقًّا، لأننا نعرف أن كل النجوم في الفضاء لا تصطف على قبَّة، بل تنتشر على مسافات مختلفة من الأرض ومن بعضها بعضًا، لمَ إذن تظهر السماء على شكل قبة؟

لفهم الأمر دعنا نفترض أنك الآن تقف على طريق سريع ما، لكنه خالٍ من السيارات تمامًا، على مسافة قرابة كيلومترين منك يوجد أحدهم وهو يعبر الطريق نفسه جيئة وذهابًا، تتمكن من رؤية هذا الشخص بالفعل بصعوبة شديدة، لكن ماذا عن حركته بين جانبي الطريق، هل يمكن أن تلاحظها؟

حسنًا، على هذه المسافة من الصعب أن تلاحظ حركة هذا الشخص، فهو بعيد جدًّا. ذلك هو ما يحدث في حالة النجوم، فهي بعيدة للغاية عن كوكب الأرض، وتتحرك بسرعات كبيرة، من مئات إلى آلاف الكيلومترات في الثانية الواحدة، لكن لأنها بعيدة جدًّا عن كوكبنا فإنها تبدو بالنسبة إلينا على الأرض ثابتة لا تتحرك، على مدى آلاف السنوات.

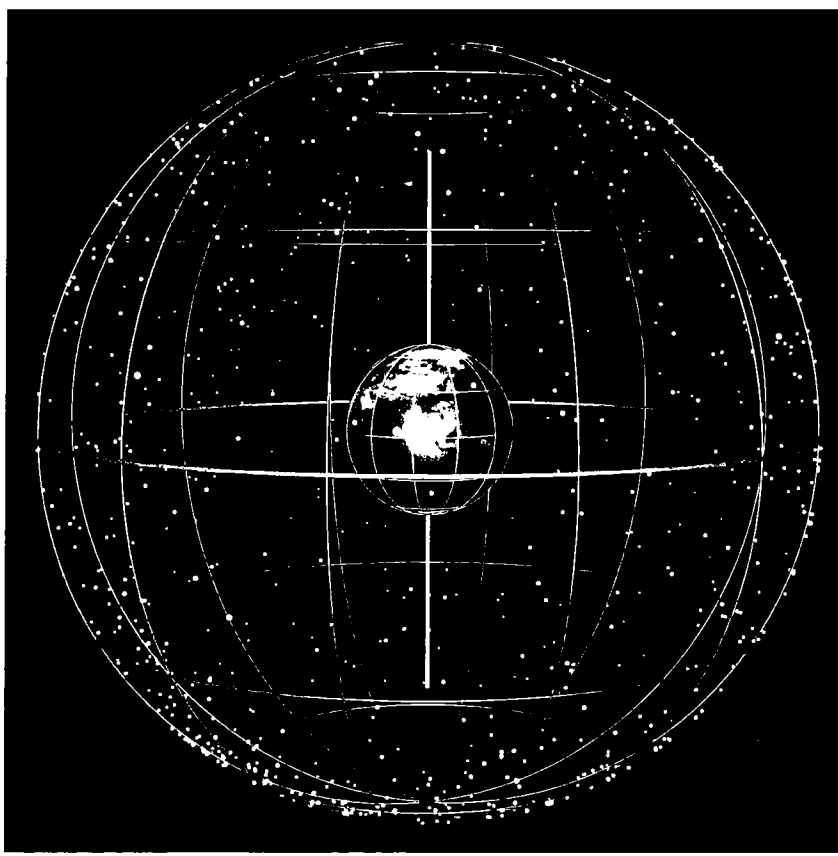
الآن دعنا نرجع إلى اللعبة الفكرية نفسها، أنت في المكان نفسه، وهناك الشخص نفسه على مسافة كيلومترين على طريق سريع خالٍ من السيارات، ويرتدي قميصًا أحمر، لكنَّ هناك شخصًا ثالثًا يقف من صديقنا هذا على مسافة صغيرة، لتكن فقط مئة متر، ويرتدي قميصًا أزرق، ومطلوب منك أن تحدد أيًّا منهما أقرب إليك من الآخر، الأحمر أم الأزرق، هل ستتمكن من ذلك؟

حسنًا، ذلك صعب، سيظهر الأمر وكأنهما يقفان إلى جوار بعضهما بعضًا، وهذا هو ما يحدث في حالة النجوم أيضًا، فهي بعيدة جدًّا عنَّا للدرجة التي تجعلنا نراها متجاورة دائمًا،

كل نجم يقف إلى جوار النجم الآخر، لكن إذا كانت كل النجوم تظهر لك وكأنها تقف إلى جوار بعضها بعضًا فأين تقف أنت؟

بالضبط، في مركز كرة.

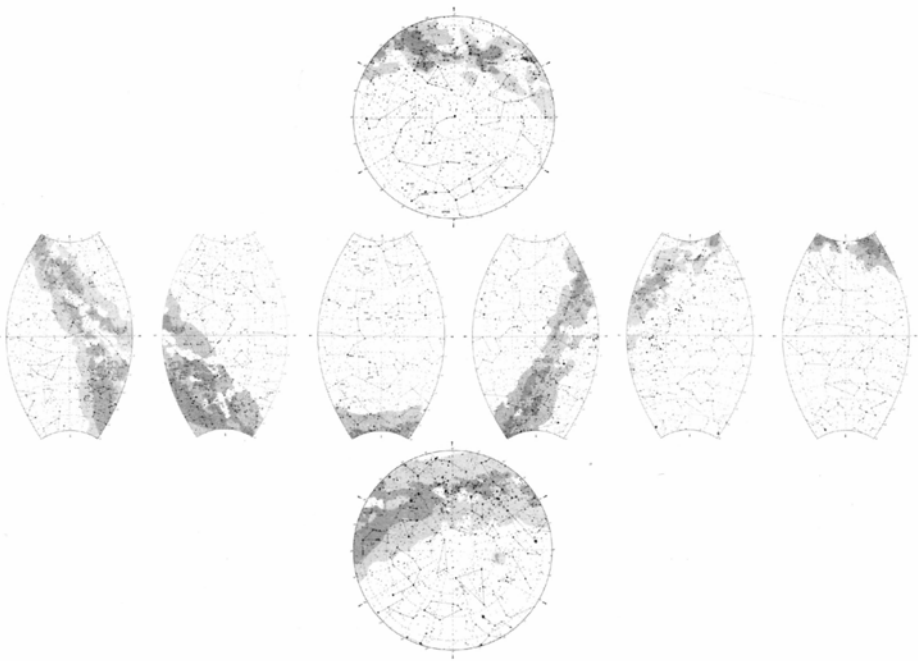
تخيل أنك تقف الآن في قاعة مكعبة ضخمة جدًّا، بطول وعرض وارتفاع مائتي متر مثلًا، وكل شيء في القاعة مظلم، ما عدا مصابيح «ليد» صغيرة تتوزع على الجدران على مسافات عشوائية من بعضها بعضًا، حينما تنظر إلى الأعلى سيبدو الأمر وكأن تلك المصابيح تصنع قبَّة فوقك رغم أنها ليست كذلك لأن القاعة مكعبة، لكن المسافة الكبيرة بينك وبينها تهيئ لك أن كل شيء يقع على المسافة نفسها منك، وهذا ما يجعلك تلاحظ أنها كرة، تقع أنت في مركزها.



سماء الليل تبدو لنا ككرة ضخمة جدًّا مطرزة بالنجوم من الداخل، ويسميها الفلكيون بالفعل «الكرة السماوية»، توجد الأرض في مركز هذه الكرة، لكن ماذا لو أزلنا الأرض من مركز هذه الكرة، ووقفنا أنا وأنت مكان الأرض، لنتأمل الكرة السماوية ونتعرف على أجرامها؟

هذا ما يحدث في هذا الكتاب، الذي يتكون من 16 فصلًا، الفردية منها تختص بالإجابة عن أسئلة الفيزياء الفلكية وهي أشبه بحديث بيني وبينك حينما تسأل عن عمر هذا النجم، والمسافة بيننا وبين تلك المجرة، وسر ذلك الكوكب البعيد على مسافة أربعين سنة ضوئية، أما الفصول الزوجية فهي تجوال في خريطة السماء، ولفهم الأمر بشكل أعمق تخيل أنك في فصل الشتاء، تجلس في المنزل مع العائلة ووالدتك تقشر لك برتقالة، كيف ستقطعها؟

بالضبط، تقطع شريحتين دائريتين من قمة البرتقالة وأسفلها أولًا، ثم بعد ذلك تقسم البرتقالة إلى عدة شرائح كلٌّ منها يمثل قطعة قوسية الشكل من الكرة، وهذا هو ما نفعله في هذا الكتاب، حيث تتحول الكرة السماوية إلى 8 خرائط تتوزع في الفصول الزوجية، الأولى والأخيرة منها تمثلان قمة البرتقالة (الكرة السماوية) العليا والسفلى، والبقية هي الشرائح بينهما.



يأتي مع هذا الكتاب 3 ملحقات:

- أطلس النجوم العربية: ويمثل خطوة إضافية يمكنك أن تخوضها بنفسك للتعرف على سماء الليل بشكل أعمق.
- لوحة فهرس مسييه: وتضم 110 صورة لأجرام سماوية بديعة بين سدم ومجرات وعناقيد نجمية أتحدث عن بعضها داخل الكتاب.

- لوحة كتاب الشمس: وتمثل خلاصة عدد من الفصول المتعلقة بالضوء وخواصه، وحينما تعرف ماذا تعني ستتعامل معها حقًّا على أنها شيء ثمين.

وأخيرًا، يفضل أن تُكمل هذه الرحلة بالترتيب الذي وضعت عليه، لأن الكثير من الفصول تعتمد على السابقة لها. ولكن يمكنك بشكل عام قراءة الفصول الفردية بشكل منفصل، لكن بالترتيب، فكل منها يعتمد على سابقه.

الفصل الأول

مكتبة
t.me/soramnqraa

سَفرٌ بلا سَفر

كان أبو العلاء المعري شاعرًا وفيلسوفًا عميق التأمل، لذا تجد أن علاقته بالسماء ليلًا ونجومها المنيرة كانت معقدة، تحمل دلالات عدة، فكثيرًا ما استخدم النجوم لتصوير القدر والمصير، وفي بعض الأحيان كانت بالنسبة إليه رمزًا لفكرة زوال الزمن وفناء الحياة، وفي أحيان أخرى كانت السماء ليلًا بالنسبة إليه رمزًا للوحدة والعزلة التي عاشها، فتأمل النجوم وكأنها بالأعلى انعكاسٌ لروحه الوحيدة، ومن منا لا يفعل؟

في هذا السياق، كان الرجل فلكيًّا بارعًا بالنسبة إلى المعرفة المتاحة في عصره، فاستخدم النجوم خير استخدام، خاصة حينما أحب بصدق، وفارق بوجع، ومما قال في هذا السياق كان بيتًا غاية في اللطف والحزن جاء فيه:

غادَرْتِني كبَنَاتِ نَعْشٍ ثابتًا وجَعَلْتِ قلبي مِثْلَ قلْبِ العَقْرَبِ

وبنات نعش هي مجموعة من نجوم السماء سنتحدث عنها لاحقًا بالتفصيل، وتتميز بأنها لا تزول من الأفق طوال العام، فكأنها ثابتة في هذا المكان لا تتحرك أبدًا، بمعنى أن تلك الفتاة تركته ثابتًا لا يتحرك، بل يبدو الأمر وكأنه من الصدمة لن يتحرك أبدًا مثل بنات نعش، لا شيء ليقوله أو يفعله، فقط يود لو يظل ساكنًا حتى آخر لحظة في عمر الكون. أما قلب العقرب فهو نجم يلمع في السماء بلون أحمر واضح، ما جعله دليلًا على التوهج، والاحتراق، واللوعة.

قلب العقرب هو عملاق أحمر فائق في نهاية حياته، وهو من الضخامة بحيث يمكن أن نضع داخله مئات الملايين من الشموس، إلا أنه نجم صغير السن نسبيًّا، فقد بلغ للتو 11

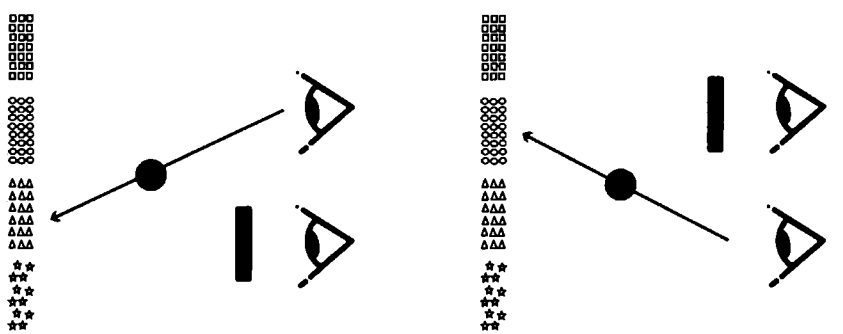
مليون سنة، لكنه لن يعيش طويلًا، حيث يحتمل أن ينفجر في أي لحظة، لينهي حياة قصيرة متوهجة.

بحسب آخر التقديرات، فإن هذا النجم يقع منا على مسافة 550 سنة ضوئية، وهي مسافة من الضخامة بحيث نحتاج، بقدرات محركاتنا الفضائية الحالية، إلى ما يقرب من ثمانمائة ألف إلى مليون سنة لنصل إلى هناك كي نقيس كل تلك المسافة أو نتعرف على أي من خواص النجم الأخرى مثل درجة حرارته أو قطره أو عمره، ما بالك بنجوم أو مجرات تقع على أضعاف وأضعاف تلك المسافة؟ كيف نعرف أنها تبتعد كل تلك المسافات التي تقولها الكتب الفلكية؟ كيف نعرف أعمارها وكيف نقيس كتلتها؟ وهل يُعَد ذلك مجرد ضربٍ من التقدير الذي لا يراجعه أحد أو «يعد وراءه»؟

ملوك التزيُّح

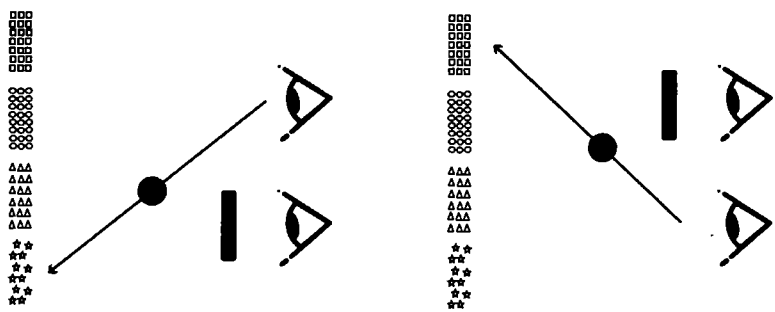
حسنًا، لكي نفهم سر اللعبة، وهي ليست أكثر من لعبة دقيقة غاية في الذكاء، نحتاج إلى تعلُّم بعض الفيزياء البسيطة كالعادة، لكن دعنا نبدأ بإصبع الإبهام الخاص بك، كل ما أطلبه هو أن تمد يديك أمامك على استقامتها وترفع إبهامك بشكل يشبه مؤشر «أعجبني» في فيسبوك، ثم تغلق عينك اليمنى وتنظر إلى إبهامك، الآن افتح عينك اليمنى وأغلق اليسرى، استمر في فتح وغلق العينين بالتبادل، لقد بدا الأمر وكأن إبهامك يتحرك بالنسبة إلى الأشياء الواقعة في الخلفية؛ اللوحات على الجدار مثلًا أو الباب أو مكتبتك، بينما هو في الحقيقة ثابت لا يتحرك، لكن حركة عينيك فقط هي ما تفعل ذلك.

الآن تأمل الشكل المرفق، وهي تجربة لطيفة، سوف يساهم غلق إحدى عينيك خلالها في تحديد موضع كرة صغيرة بالنسبة إلى اللوحة المتعددة الأشكال في خلفية هذه الكرة، لذلك سوف تجدها مرة في خلفية من الدوائر ومرة في خلفية تتكون من مثلثات كلما استمررت في غلق كل عين وفتح الأخرى بالتناوب، إنه نفس ما حدث قبل قليل مع إبهامك.



ما يحدث هنا هو ببساطة ما يسميه العلماء بالتزيُّح أو اختلاف المنظر (Parallex)، وهو التغير الظاهري في موضع شيء ننظر إليه بسبب اختلاف مكان الرؤية الخاص بنا، فالمسافة بين عينيك هي ما تحكم هذا الاختلاف. يختلف متوسط تلك المسافة، ولكنها تتراوح عادةً من 5.4 إلى 7.4 سنتيمتر، حسب السن وطبيعة الوجه.

الآن لنعمق الفكرة قليلًا، ماذا يحدث حينما نقرب الكرة من عينيك؟ هنا ستختلف الخلفيات تمامًا، لأن تقريب الكرة من عينيك دفع التزيُّح ليكون أكبر، ولذلك فإنك في حالة إغماض إحدى عينيك سترى الكرة في خلفية من المربعات، وبإغلاق العين الأخرى ستوجد الكرة في خلفية من أشكال نجوم.

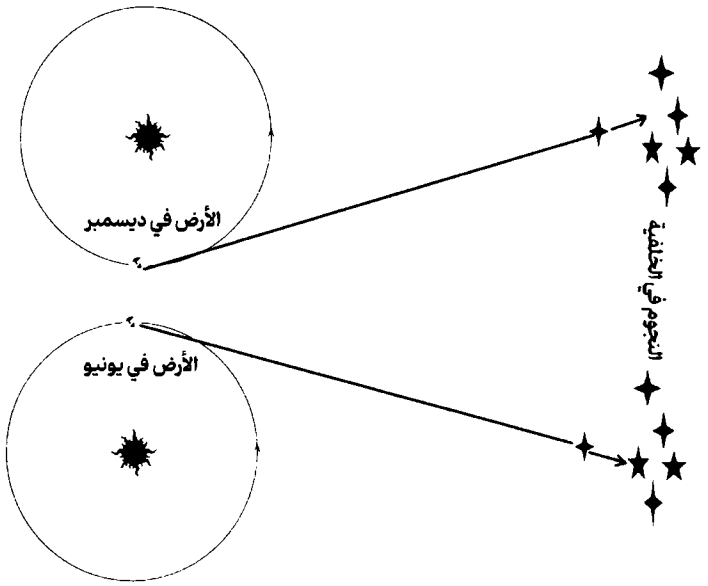


ويمكن هنا أن نستنتج فكرة مهمة، فكلما قربنا الكرة اتسعت المسافة بين الخلفيات، وكلما أبعدنا الكرة صغرت تلك المسافة، ويعني ذلك أن هناك تناسبًا عكسيًّا بين بُعد الكرة عنَّا واتساع حركتها في الخلفية، وهذا بالضبط هو القانون المستخدم لقياس المسافة إلى نجوم مثل قلب العقرب أو غيره، فهناك علاقة عكسية دائمًا بين المسافة إلى شيء ما وقدر تزيُّحه، وبالتالي إذا عرفنا التزيُّح يمكن لنا بحسبة بسيطة أن نعرف المسافة.

دعنا الآن نتأمل نفس اللعبة لكن على مستوى كبير بعض الشيء. لنفترض أن هناك نجمًا ما قريبًا نود أن نتعرف على المسافة بين الأرض وبينه، هنا يمكن لنا ببساطة التقاط صورة له في موضع ما على الأرض ليكن مصر مثلًا، ثم السفر إلى مسافة طويلة، إلى الصين مثلًا، والتقاط صورة أخرى ورصد تغير موقع النجم بالنسبة إلى النجوم الأخرى التي تقع في خلفيته. لكنك قد تقول إن النجوم، حتى الأقرب منها تقع على مسافات شاسعة جدًّا تجعل من المستحيل قياس اختلاف موقعها بالتحرك على الأرض.

يشبه ذلك أن تمارس لعبة الإبهام السابقة لكن لسبب ما أنت ريد ريتشاردز، العالم الذي يعمل كذلك زعيمًا لمجموعة «فانتاستيك فور» والذي يمتلك القدرة على مط جسده، حينما تمد

يديك أمامك تبتعد عنك مئات الأمتار، ولكنك ترفع إبهامك على أي حال، وهنا -حينما تغلق عينًا وتفتح الأخرى بالتبادل- لا يتضح لك التزيُّح لأن الإبهام بعيد جدًّا والتزيُّح ضئيل جدًّا.



لكن رغم ذلك، ما زالت في جعبة الفلكيين حيلة إضافية. نحن نعرف أن الأرض تدور حول الشمس مرة كل 365 يومًا تقريبًا، في دائرة قطرها قرابة 300 مليون كيلومتر، وهذه مسافة كبيرة يمكن أن نستخدمها في لعبتنا، حيث يمكن أن نحاول قياس المسافة بيننا وبين نجم بعيد عن طريق رصده بالنسبة إلى النجوم التي تقع في خلفيته مرة في شهر ديسمبر مثلًا وأخرى في شهر يونيو. بقياس اختلاف مكان النجم المستهدف بالنسبة إلى خلفيته من النجوم بين الشهرين، وهو أمر ممكن بسهولة عن طريق قياس فارق الثواني القوسية بين موقعه في السماء في يونيو وموقعه في ديسمبر بالنسبة إلى الخلفية، يمكن لنا تحديد المسافة بيننا وبين هذا النجم.

لكن ما هي الثواني القوسية؟ يقيس الفلكيون المسافات بين الأجرام في سماء الليل بالدرجات القوسية وليس بالسنتيمترات أو الأمتار، فسماء الليل بالنسبة إلى راصد على الأرض هي كرة كبيرة نقع في مركزها ونقيسها كأننا مركز منقلة هندسية ضخمة، ولفهم الأمر بشكل مقرب قم بمد يديك إلى السماء وارفع إصبعك الخنصر، تغطي هذه الإصبع من السماء درجة قوسية كاملة، تنقسم تلك الدرجة القوسية إلى دقائق ثم إلى ثوانٍ قوسية، وتشبه الثانية القوسية أن ترفع شعرة إلى السماء، فإنها تغطي تقريبًا ما مقداره ثانية قوسية كاملة!

لفهم الأمر أكثر فكر في البيتزا أو الفطيرة، كل منهما دائرة، والدائرة كما تعلمت في المدرسة تساوي 360 درجة، يشبه ذلك أن تقسم البيتزا إلى 360 شريحة متساوية صغيرة، إذن كل واحدة من تلك الشرائح تبلغ درجة.

على سبيل المثال، يتزيَّح نجم الشعرى اليمانية حينما يقوم العلماء برصده عبر التلسكوبات بمقدار 0.38 ثانية قوسية، أشهر صور قانون التزيح تقول: «إن المسافة إلى النجم بالفرسخ الفلكي تساوي 1 مقسومًا على التزيح»، لا يهم كيفية استنتاج هذا القانون الآن، لكن المهم أنك تفهم فكرة العلاقة بين المسافة والتزيُّح. إذا طبقنا ما سبق على الشعرى اليمانية، سيعني ذلك أن المسافة إلى الشعرى اليمانية هي 2.63 فرسخ فلكي.

لاحظ أننا في هذا الفصل فقط سنستخدم لفظة فرسخ فلكي كثيرًا، ويساوي الفرسخ الفلكي الواحد 3.26 سنة ضوئية، والسبب في استخدامه هو أنه يسهل حسابات المسافات بشكل خاص، عادة ما يستخدم هواة علم الفلك السنة الضوئية لكن عشاق الفيزياء الفلكية سيحبون الفراسخ الفلكية، وأنا أحب كليهما.

تاريخ قصير لقياس الكون

كان أول من نجح في قياس المسافة إلى نجم ما باستخدام طريقة التزيح هو عالم الفلك الألماني فريدريش بيسل في عام 1838، حسب بيسل أن النجم المسمى «61 الدجاجة» يقع على مسافة 3 فراسخ فلكية من الأرض.

كان بيسل أحد أعظم علماء الفلك في القرن التاسع عشر، إلا أن هذا الفلكي الكبير كانت بدايته متواضعة جدًّا، حيث وُلد في يوليو عام 1784 في بلدة صغيرة في براندنبورغ (ألمانيا الحالية)، لأب متواضع الدخل مع تسعة إخوة. في وقت فراغه بينما كان طفلًا كان يحلم بالسفر، مما دفعه إلى دراسة مبادئ الملاحة، ومن ثم ظهر علم الفلك، الذي أوقع صديقنا في حبه فورًا خاصة وأنه كان بارعًا في الرياضيات.

حينما أدرك الأب مهارة ابنه في الرياضيات، أرسله إلى شركة تجارية للاستيراد والتصدير في مدينة قريبة متدربًا في سن الخامسة عشرة. وخلال هذا الوقت، حصل بيسل على آلة قياس الزوايا وبدأ في إجراء الأرصاد الفلكية، استمر بيسل كهاوي فلك حتى جاءته المصادفة السعيدة، فعندما قرر ملك بروسيا بناء مرصد جديد في كونيجسبيرج، تم تعيين بيسل مع فريق المقاولات، لتوجيه البناء وتوفير المعدات ودراسة التكاليف، وهنا أمسك صديقنا الشاب بتلك الفرصة ولم يتركها من يديه قط، فأصر على العمل في المرصد واستمر في دراسة علم

الفلك، وبحلول العقد الثاني من القرن التاسع عشر كان بيسل يعمل في منصب مدير مرصد كونيجسبيرج، ومن هنا بدأت حكايته مع قياسات المسافات إلى أبعد النجوم.

تلت قياسات بيسل نجاحات متعددة بالطريقة نفسها، وبحلول أوائل القرن العشرين زادت قائمة النجوم المَقيسة بذات الطريقة إلى بضع مئات. وعلى مدى العقود التالية قام علماء الفلك، بعد تطور تكنولوجيا التلسكوبات، بتطوير فهارس للمسافات النجمية، وفي عام 1924 نشر عالم الفلك الأمريكي فرانك شليزنجر فهرس يحوي تزيح ما يقرب من 2000 نجم، تم توسيع الفهرس ليشمل قرابة 6000 نجم بواسطة لويز فريلاند جنكينز في عام 1952، وإلى أكثر من 8000 نجم بواسطة ويليام فان ألتينا في عام 1995.

لكن التأثير الناجم عن الغلاف الجوي للأرض يتسبب في تشويه أرصاد التلسكوب، الأمر الذي منع علماء الفلك من الوصول إلى تزيح أفضل من قرابة 0.01 ثانية قوسية. دفع ذلك بالعلماء إلى البحث عن طرق أدق، وهنا يظهر مرصد هيبارخوس الفضائي الذي أطلقته وكالة الفضاء الأوروبية في عام 1989، والذي وسعت فهرس قياس التزيح إلى ما يقرب من 120 ألف نجم. دار المرصد حول الأرض لمدة أربع سنوات تقريبًا، وقام بقياس التَّزيح بالطريقة نفسها سالفة الذكر، مما سمح لعلماء الفلك بسبر المنطقة المجاورة للشمس حتى مسافة تقترب من مئة فرسخ فلكي، مع إمكانية تزيح دقيق جدًّا يصل إلى 0.001 ثانية قوسية فقط.

وفي عام 2013، أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية مرصدًا فضائيًّا للغرض نفسه سُمي «جايا» بمرايا أكبر 20 ضعفًا، وبالتالي فهي تجمع الضوء بكفاءة وعمق أكبر بكثير من سابقتها. عمل المرصد الجديد على تحديد تزيُّح وموقع وحركة والمسافة إلى أكثر من مليار نجم، وباستخدام بيانات جايا، تمكن العلماء لأول مرة من فَهم خطوط سير النجوم في مجرتنا، ما مكنهم بالتبعية من تحديد ماضي هذه المجموعات من النجوم ومستقبلها، كذلك مكنتنا تلك القياسات من معرفة أي النجوم تابع لمجرتنا وأيها لا يتبعها.

على سبيل المثال لا الحصر، في عام 2024 تمكن علماء الفلك بقيادة فريق بحثي من معهد ماساتشوستس للتقنية من اكتشاف ثلاثة من أقدم نجوم الكون، تبلغ أعمارها بين 12 إلى 13 مليار سنة، وهي موجودة في هالة مجرتنا، على مسافة 30 ألف سنة ضوئية من مجموعتنا الشمسية. كان هذا الكشف مدهشًا حقًّا، لطالما ظن العلماء أن أقدم نجوم الكون ستكون خارج مجرتنا درب التبانة.

وتبين بحسب الدراسة التي نشرت في «مونثلي نوتيس أوف رويال أسترونوميكال سوسايتي» أن تلك النجوم لا تنتمي أصلًا إلى مجرتنا درب التبانة، فكل نجم كان ينتمي في السابق إلى مجرة بدائية أصغر امتصتها مجرة درب التبانة التي كانت أكبر حجمًا من تلك

المجرات الصغيرة، عرف العلماء ذلك لعدة أسباب منها أن هذه النجوم الثلاثة تدور في الاتجاه الخاطئ مقارنة بأغلبية النجوم في درب التبانة، ولا يمكن أن يحدث ذلك إلا إذا جاءت النجوم من خارج المجرة إلى داخلها في هذا الاتجاه «الخاطئ»، للتوصل إلى تلك النتائج حول حركة النجوم الثلاثة استخدم الباحثون بيانات من مرصد «جايا».

يشبه ذلك أن تكون هناك مجموعة من الناس تدور في دائرة كبيرة في ملعب كرة قدم منذ ساعات، لكن أحدهم وهو ليس من المجموعة قد عبر الملعب من أحد جانبيه إلى الجانب الآخر، الآن لو التقطنا عددًا من الصور من أعلى توضح حركة هذا الشخص الدخيل بين الحشد، والتي ستلاحظ أنها مختلفة عن حركتهم وبالتالي يمكن لك أن تتنبأ أنه قادم من الخارج مارٌّ بالملعب وليس من أبنائه. الأمر كذلك في رصد سرعات النجوم واتجاه حركتها في السماء، فإذا ظهر أن نجمًا ما يتحرك بشكل مخالف لبقية النجوم فهو قادم من مسار آخر[1]. ولكن كيف عرفنا أن هذه النجوم قديمة؟ وكيف عرفنا أنها تتحرك؟ وكيف عرفنا تركيبها؟ أطالبك هنا ببعض من الصبر لنصل إلى قادم الفصول، فأسئلتك تلك هي هدف الكتاب كله.

لُعبة أخرى

طريقة التزيُّح ليست سوى الدرجة الأولى على سلم المسافات الكونية، وهي سلسلة من الأساليب التي يستخدمها علماء الفلك لتقدير المسافات إلى الأجرام في هذا الكون الواسع، وتعتمد على بعضها بعضًا.

جايا دقيق لكنه في النهاية لا يتمكن من قياس تزيُّح النجوم في مسافات أبعد من 10 آلاف فرسخ فلكي. وبالنسبة إلى ما هو أبعد من ذلك من النجوم والمجرات، وما أكثرها، فإن قياس التزيُّح لا يمكن له بسهولة أن يحدد المسافة لأنه على تلك المسافة البعيدة تكون حركة تنقل الجرم بالنسبة إلى الخلفية صغيرة جدًّا بحيث لا يسهل قياسها، هنا تطلب الأمر آلياتٍ جديدة يمكن لنا من خلالها أن نقيس المسافات إلى أجرام أبعد، مما يتطلب بالتالي أن نبدأ في لعبة جديدة.

جميل جدًّا، نقف أنا وأنت جنبًا إلى جنب، وأمسكُ بمصباح مضيء، المصباح كما ترى يسطع بدرجة ما، الآن سوف أبتعد بمصباحي مسافة عشرة أمتار كاملة، هنا طبعًا سوف تلاحظ أن لمعان المصباح قد انخفض، وكلما ابتعدت عنك يخفت ضوء المصباح الخاص حتى يظلم تمامًا على مسافة بعيدة، هناك إذن علاقة بسيطة بين المسافة والخفوت، فكلما ازدادت

(1) بالنسبة إلى النجوم فالأمر أدق بفارق هائل من القصة البسيطة التي ذكرتها لك للتو، هذا فقط مثال للتقريب.

المسافة بينك وبين جسم لامع، قل اللمعان الخاص به، وهو يقل دائمًا بقيمة تربيعية، أي أنه حينما يبتعد المصباح عنك مترين تنخفض إضاءته أربع مرات، وحينما أبتعد أربعة أمتار تنخفض ست عشرة مرة، وهكذا. في الواقع، إذا نظرنا إلى الشمس على مسافة تساوي ضعف المسافة بين الأرض والشمس، فإنها ستبدو أخفت 4 مرات، وإذا نظرنا إليها على مسافة تساوي 5 أضعاف المسافة بينها وبين الأرض فإنها ستكون أخفت بمقدار 25 مرة، هذه هي تقريبًا الحال في المشتري.

يمكنك دائمًا مقارنة لمعان المصباح وهو أمامك بلمعانه وهو بعيد عنك، ومن هذا الفارق يمكن أن تحسب المسافة بسهولة. هذا أمر يمكن تطبيقه في حالة المصباح، وكذلك في حالة النجوم. فكلما ابتعد النجم ازداد خفوتًا، وكلما اقترب ازداد سطوعًا، لكن هناك مشكلة كبيرة في هذا السياق، وهي أننا لا نعرف بالأساس قدر لمعان النجم الأصلي حتى نقدر درجة انخفاض إضاءته ونحسب منها المسافة، فقد يكون النجم لامعًا لأنه قريب منا، لكنه أيضًا قد يكون بعيدًا جدًّا عنا إلا أنه كبير جدًّا، ولذلك فإنك إذا رفعت رأسك إلى السماء ورأيت نجمين باللمعان نفسه إلى جوار بعضهما فإن ذلك لا يعتبر دليلًا على أي شيء، وغالبًا ما يكون أحدهما أقرب إليك من الثاني.

في علم الفلك يستخدم اصطلاح الضيائية للتعبير عما قصدته وأنا أتحدث عن «لمعان النجم الأصلي»[1]، ولفهمه يمكن أن تنظر الآن إلى المصباح الذي ينير حجرتك، هل تعرف قيمة «الوات» الخاصة به؟ ليكن 20 واتًا مثلًا، يعني هذا الرقم قيمة الطاقة التي يصدرها المصباح في صورة إشعاع، وكلما كان أعلى كان لمعان المصباح أكبر أليس كذلك؟ بالنسبة إلى النجوم، فإن كم ذلك الإشعاع هو «الضيائية»، والنجوم من هذا المنظور هي مصابيح لها قيمة وات مثل مصباح حجرتك، ومقارنة بمصباح حجرتك فإن ضيائية نجم الجدي (النجم القطبي) هي تقريبًا نونيليون وات، وهو 1 وأمامه 30 صفرًا![2].

(1) ولو أن الاصطلاحين يختلفان لكن الاستخدام هنا غرضه التبسيط.

(2) فرق دائمًا بين ثلاثة اصطلاحات، مرتبطة لكنها مختلفة، الأول هو اللمعان الظاهري: اللمعان كما يبدو لنا على الأرض، إنه ما نستخدمه في الرصد، والثاني هو اللمعان المطلق: لمعان النجم لو كان على مسافة 10 فرسخ فلكي، وهو اصطلاح مهم في عالم الفيزياء الفلكية، والثالث هو الضيائية: قدر الطاقة الذي يشعه النجم، بالوات.

درجات سلَّم

الأمر إذن أننا نحتاج هنا إلى أن نعرف ضيائية النجم الأصلية، كأننا نقف بجانبه، ثم نقيس قدر خفوت النجم، ومن هنا نحدد المسافة، الآن تدخل الشمعات المعيارية لحل تلك المشكلة.

الشمعة المعيارية هي جرم سماوي نعرف ضيائيته لسبب ما، أي أننا نعرف كيف سيلمع لو كنا نقف بجواره، وبذلك يمكن لنا بسهولة تحديد المسافة بيننا وبينه بالمقارنة مع لمعانه من على الأرض. أحد أشهر الأمثلة على هذه الحالة هو ما يسمى بالمتغيرات القيفاوية، سميت بالمتغيرات لأنها نوع من النجوم التي يتغير لمعانها الظاهر لنا في السماء بشكل دوري، وهذه الفئة من النجوم مهمة وممتعة للهواة وقد أتيت على ذكرها أكثر من مرة في هذا الكتاب، أما جانب «القيفاوية» من الاصطلاح فيتعلق بأن النجم الأول من هذا النوع الذي تم اكتشافه ودراسته بالتفصيل هو «دلتا قيفاوس» من كوكبة قيفاوس أو الملتهب.

في عام 1784، اكتشف جون جودريك، وهو عالم فلك إنجليزي، أن النجم دلتا قيفاوس يتغير بانتظام في لمعانه (فينخفض ومن ثم يرتفع) خلال دورة تبلغ قرابة 5.4 يوم، وقد وجد أن هذا التغير منتظم للغاية، وتبين فيما بعد أن ذلك نهج تلك النوعية من النجوم، والتي يتغير لمعانها في دورة ثابتة تتراوح من بضعة أيام إلى عدة أسابيع، بمعنى أن لمعانها يظل مستقرًّا ثم ينخفض لفترة، ثم يرتفع مرة أخرى. يبدو الأمر وكأن تلك النجوم «تغمز» من السماء، ولذا خاف منها البشر قديمًا.

في هذه النقطة نحتاج إلى أن نتعرف على هنريتا سوان ليفيت والمولودة في يوليو 1868 في الولايات المتحدة الأمريكية. بينما كانت مراهقة، طورت الفتاة الصغيرة اهتمامًا بعلم الفلك رغم أنها كانت مهنة للرجال في هذا الوقت، وتخرجت من كلية رادكليف (التي أصبحت الآن جزءًا من جامعة هارفارد) في عام 1892 وحصلت على شهادة في علم الفلك.

بعد التخرج، انضمت ليفيت إلى مرصد كلية هارفارد كـ «حاسوب»، وهو مصطلح يستخدم للتعبير عن النساء اللاتي قمن بإجراء العمليات الحسابية وتحليل البيانات قبل عصر الحاسوب. وعلى الرغم من تعيينها في البداية كمجرد مساعدة، فإنها سرعان ما أثبتت قدرات استثنائية، لأنها في أثناء دراسة صور للنجوم في سحابة ماجلان الصغرى، وهي مجرة قزمة تابعة لمجرة درب التبانة، سنأتي على ذكرها بالتفصيل في الفصل السادس عشر، اكتشفت مئات النجوم المتغيرة، بما في ذلك المتغيرات القيفاوية، ومع مزيد من التدقيق في البيانات اكتشفت ليفيت سرًّا سيفتح الباب للعلماء كي يصعدوا درجة إضافية في سلم قياس المسافات الكونية.

في عام 1908 نشرت ليفيت ورقة بحثية بارزة أثبتت فيها أن هناك علاقة مباشرة بين معدل تغير لمعان المتغير القيفاوي وضيائيته، وبشكل أوضح تبين أنه إذا كان النجم ذا دورة أطول في تغير اللمعان امتلك ضيائية أعلى، والعكس صحيح.

من تلك الملاحظة الذكية يمكن أن نتعلم شيئًا جديدًا، فكل ما علينا هو ملاحظة متغير قيفاوي في عنقود نجمي أو مجرة أخرى مثلًا ودراسة معدل تغيره، وبالتالي نعرف الضيائية عبر العلاقة التي طورتها ليفيت، ومن ثم نعرف المسافة بالمقارنة بين لمعان هذا النجم وكأننا بجواره، ولمعانه الظاهر بالنسبة إلينا على الأرض. هذه العلاقة، المعروفة الآن باسم «قانون ليفيت»، سمحت لعلماء الفلك باستخدام المتغيرات القيفاوية كـ «شموع قياسية» لقياس المسافات في الفضاء.

خلال حياتها، غالبًا ما واجهت ليفيت عوائق نظامية أمام التقدم الوظيفي والاعتراف بها في العلوم، وغالبًا ما كانت تُعزى اكتشافها إلى مديريها من الذكور، بل ولم يُعترف بها على نطاق واسع لمساهماتها إلا بعد وفاتها، لكنها رغم ذلك تابعت شغفها بعلم الفلك على أي حال، ووضعت ملاحظاتها تلك الأساس لعلم الكونيات الحديث، لماذا؟

لأنه بفضل إنجاز ليفيت، تمكن العلماء من رصد تلك النجوم المتغيرة، وتحديد معدلات انخفاض وارتفاع لمعانها، ثم استخدام ذلك لتحديد المسافة بيننا وبينها، وقد استخدم ادوين هابل تلك الطريقة لقياس المسافة بيننا وبين المتغيرات القيفاوية في مجرة المرأة المسلسلة جارتنا، ثم تفاجأ حينما وجد أنها أكبر بكثير مما يمكن أن نتصور لنجم يقع في مجرتنا، ومن هنا اكتشفنا أن «المرأة المسلسلة» ليست مجرد سديم ملقى به في سماء مجرتنا درب التبانة، لكنها مجرة أخرى منفصلة كمجرتنا، وأن هناك العديد من الجزر التي تشبه جزيرتنا في المحيط الكوني الواسع.

المتغيرات القيفاوية هي درجة السلم الثانية على سلم المسافات الكوني، بدأنا بالتزيُّح، ومن ثم انطلقنا إلى المتغيرات القيفاوية، لكن هنا تحديدًا دعنا نسأل: كيف عرفنا أصلًا المسافة إلى أول مجموعة من المتغيرات القيفاوية وقررنا أن ضيائيتها تتعلق بتغيرها ومن ثم قررنا ربط ذلك بالمسافة؟ الإجابة هي عن طريق درجة السلم السابقة (التزيح)، والتي حددنا منها المسافة إلى بعض المتغيرات القيفاوية، وبالتالي تمكنَّا من تقدير ضيائيتها الحقيقية كما لو كانت تقف أمامنا، وبعد ذلك قارنَّا بين الضيائية والتغير.

ولذا فإن تسمية «سلم المسافات الكوني» دقيقة، فالسُّلَّم يشبه طريقة «البناء التدريجي»، إذ يعتمد كل جزء من السلم على الجزء الموجود أسفله. يبدأ هذا التسلسل بقياس المسافات التي تفصلنا عن الأجسام القريبة ثم يمتد تدريجيًّا للوصول إلى الأجسام السماوية البعيدة جدًّا.

في النهاية، فإن لكل شيء حدودًا، وحدود قدرة تلك النوعية من النجوم على قياس المسافات تقف فقط عند نطاق قرابة 50 مليون فرسخ فلكي، بعد هذه المسافة لا يمكن رصد المتغيرات القيفاوية وبالتبعية لا يمكن معرفة المسافات إلى المجرات الأبعد من ذلك، ولذا احتاج العلماء إلى شيء ألمع من المتغيرات القيفاوية، شيء متفجر لدرجة أنه يلمع بقوة مليارات الشموس!

في الثمانينيات من القرن الفائت، تمكن العلماء من تحديد علاقة جديدة، حيث ظهر أن هناك نوعًا من الانفجارات النجمية التي إن حدثت في أي مكان في الكون فإنها دائمًا ما تنفجر تقريبًا بالطاقة نفسها. نعرف عادة أن المستعر الأعظم هو نجم عملاق فائق ينفجر في نهاية عمره، لكن في بعض الحالات قد ينفجر النجم من فئة القزم الأبيض الصغير في الحجم لدرجة أنه لو كان بحجم كرة تنس أرضي مثلًا لكانت الشمس بحجم كرة قدم، كيف لنجم قزم صغير جدًّا أن ينفجر؟

حينما يكون القزم الأبيض في مدار مع نجم آخر عملاق، أي يدوران حول بعضهما بعضًا متأثرين بالجاذبية بينهما، هنا يقوم القزم الأبيض بسبب جاذبيته الشديدة بسحب مادة الرفيق العملاق بسرعة شديدة، يشبه ذلك «قبلة الديمنتور» في عالم هاري بوتر، حيث تمتص هذه الكائنات الشريرة روح ضحاياها بالكامل، تاركة أجسادها خاويةً من دون أي مشاعر أو وعي. ومع تراكم مادة العملاق الأحمر على رفيقه القزم وارتطامها السريع بسطحه تبدأ تفاعلات نووية سريعة ومفاجئة على القزم الأبيض، وعند مرحلة ما ينفجر النجم محدثًا مستعرًا أعظم، نسميه تحديدًا «مستعر أعظم من النوع 1 إيه» (Type Ia supernova)

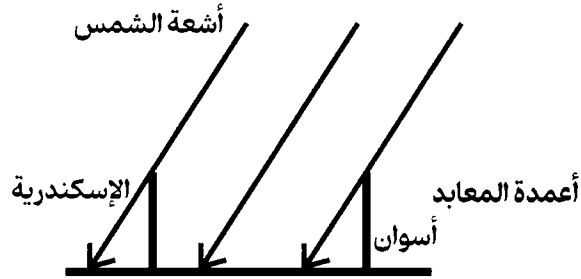
إذا كان هذا النوع من الانفجارات يحدث بالطريقة نفسها تقريبًا في أي مكان من الكون، فبالتبعية يمكن للعلماء حساب لمعانه الحقيقي كأننا بجواره، ومن ثم مقارنة قيمة هذا اللمعان باللمعان الذي نراه من على الأرض، ومن ثم حساب فارق الخفوت الذي يحدد بالتبعية المسافة بيننا وبينه، ولأن هذا الانفجار يكون لامعًا جدًّا (5 مليارات ضعف لمعان الشمس)، بالتالي يمكن أن نراه على مسافات أبعد تصل إلى مليار فرسخ فلكي، ومن ثم نمتلك قدرة أكبر على بناء هيكل ثلاثي الأبعاد للكون نكون في مركزه ونحدد المسافات إلى أبعد المجرات.

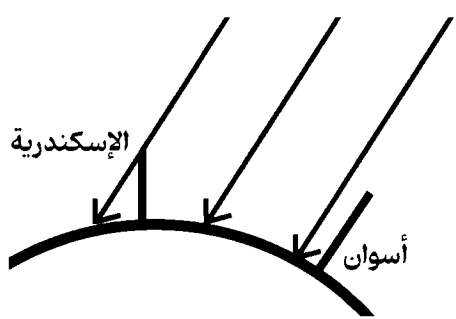
استخدمت هذه الطريقة في أواخر التسعينيات، حينما شرع فريقان بحثيان مستقلان في قياس المعدل من التوسع الكوني من خلال مراقبة رصد المستعرات الأعظمية من هذا النوع، ثم تحديد المسافات إلى عشرات المجرات، ولاحظ كلا الفريقين عشرات المستعرات العظمى من النوع 1 إيه البعيدة وقارنوا لمعانها بتلك الموجودة في المستعرات الأعظمية القريبة، ووصلوا إلى نتيجة حصلت على جائزة نوبل في 2011 سنتطرق لها في فصل آخر من هذا الكتاب، وهي أن كوننا يتوسع بشكل متسارع.

لكن ماذا لو أردنا معرفة المسافة بيننا وبين ما هو أبعد من ذلك؟ ماذا لو أردنا معرفة المسافة إلى مجرات بعيدة جدًّا لدرجة أنها نشأت بعد الانفجار العظيم مباشرة؟ هنا نحتاج إلى أن نتعرف إلى «الانزياح الأحمر المجرِّي» وهو قياس الطيف الصادر من المجرات البعيدة لتحديد سرعتها ثم إضافة السرعة إلى معادلة هابل وإخراج المسافة منها، سنتطرق إلى هذا الموضوع في موضع آخر بهذا الكتاب لأنه يحتاج إلى بعض التأسيس في عالم المطيافية، لكن أريدك الآن أن تعود معي للوراء قليلًا في الزمن، سأحكي لك قصة طويلة بعض الشيء.

شيء غير مباشر

نحن الآن في مصر، قرابة مائة سنة قبل الميلاد، في ليلة ربيعية هادئة قبل عصر التغير المناخي بآلاف السنوات، يجلس الفلكي القوريني إراتوستينس المولود سنة 276 قبل الميلاد قبالة بحر الإسكندرية، ليفكر في شيء يشغله منذ عدة أيام، حيث كان قد قرأ أن الأعمدة بالمعابد الفرعونية في أسوان ظهر يوم 21 يونيو من كل عام لا تترك تحتها ظلًّا، وكان سر تعجبه أن الأعمدة في الإسكندرية تترك تحتها ظلًّا في ظهر نفس اليوم، بعد تفكير توصل إراتوستينس إلى فكرة مدهشة تقول إنه لا بد أن تكون الأرض منحنية أو محدبة وليست مستوية أو مسطحة وإلا لامتلكت كل الأعمدة في كل الأماكن نفس طول الظل.





ثم بعد تفكير، توصل إراتوستينس إلى خاطرة غريبة، حيث فكر أنه يمكننا قياس طول الظل في أسوان، الذي هو صفر، وطوله في الإسكندرية، ثم قياس المسافة بين الإسكندرية وأسوان، والاعتماد على هندسة بسيطة لتحديد محيط الأرض كلها.

تقول الحكاية إنه أرسل رجلًا ليقيس هذه المسافة، وما إن وصل إليه الخبر حتى توصل إراتوستينس إلى أن محيط الكرة الأرضية قرابة 39348 كيلومترًا. انتقل حساب إراتوستينس إلى العرب من ضمن العلوم التي ترجموها. وبحسب كارلو نيلينو في كتابه «علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى»، فقد طلب الخليفة العباسي المأمون (الذي حكم من سنة 813 إلى 833 ميلادية) من فريقين من الفلكيين أن يختبروا تلك الحسابات ويخرجوا بأدق قياس لمحيط الأرض، وقد ضمَّ الفريق الأول سند بن علي وخالد بن عبد الملك، والفريق الثاني ضم علي بن عيسى الأسطرلابي وعلي بن البحتري.

الطريقة التي اعتمدها العرب هي الخروج إلى بادية مستوية تمامًا، ثم الاستناد إلى ميل النجم القطبي في السماء. وقد أدرك القدماء أن موضع النجوم في السماء يتأثر بمكانك على الأرض، فكلما سافرت جنوبًا انخفض النجم القطبي في السماء حتى يختفي تمامًا بعد خط الاستواء، وكلما سافرت شمالًا ارتفع النجم القطبي في السماء حتى أصبح فوق رأسك في القطب الشمالي[1].

ويقاس ارتفاع النجم القطبي (وكل النجوم الأخرى) بالدرجات، ويشبه الأمر أن تضع منقلة أمام عينيك، فيكون الأفق عند صفر، ثم تنظر إلى المنقلة من الجانب لتجد عند أي درجة يقف النجم القطبي، وهذا أمر يمكن لك تنفيذه كما فعل القدماء بالضبط، والآن تتيحه البرمجيات الفلكية بسهولة.

قاس فلكيو المأمون ارتفاع النجم القطبي، ثم تحرك شمالًا مرة وجنوبًا مرة، حتى يتغير مقدار ميل النجم القطبي بمقدار درجة واحدة في كل مرة، وفي أثناء كل تجربة قاسوا المسافات على الأرض، وهذه المسافة المَقيسة يكون مقدارها درجة واحدة من محيط دائرة الأرض، وبها يمكن معرفة بقية محيط الأرض، لأن الأرض كرة، ومثل أي كرة فإن الدوران حولها يتطلب 360 درجة.

خرج الفريق الأول من فلكيي المأمون إلى صحراء سنجار، وهي مدينة صغيرة شمال غربي العراق حاليًّا، والفريق الثاني إلى صحراء تدمر في شرقي سوريا، ونفذوا في الموضعين التجارب ذاتها، ففي صحراء سنجار مثلًا كان ارتفاع النجم القطبي قرابة 35 درجة، فوضعوا

(1) في الفصل الأول من كتاب السما تجد تفصيلًا للعلاقة بين ارتفاع النجم القطبي وموضعك على الأرض.

وتدًا في ذلك الموقع، ثم تحركوا شمالًا وهم يربطون أحبالًا ببعضها بعضًا إلى أن أصبحت زاوية ميل النجم القطبي 36 درجة، ثم كرروا القياس إلى جهة الجنوب من موقع الوتد إلى أن انخفض القياس بمقدار درجة.

وظهر بحسب قياس فلكيي المأمون أن مقياس الدرجة الواحدة كانت قرابة 56 فرسخًا وثلثي فرسخ، والتي حسبها نيلينو -بحسب إدوار كيندي الأستاذ في الجامعة الأمريكية في بيروت في الورقة التي نشرت بموسوعة تاريخ العلوم العربية- على أنها تساوي 111.8 كيلومترًا، وهي القيمة التي استخدمها باحثون لاحقون مثل البيروني والطوسي. وبحساب محيط الأرض في تلك التجربة، ظهر أنه قريب من القياسات الحديثة (40075 كم) بشكل هو الأدق وقتئذ.

وكانت المحاولة الثانية على يدي أبي الريحان البيروني، المولود في 973 ميلادية، واستخدم فيها أفضل وأسهل معادلة لحساب محيط الأرض في عصره. وتقوم طريقة البيروني على حساب المثلثات، حيث يُرصد غروب الشمس من قمة جبل مرتفع مطل على أرض منبسطة إلى الأفق، يقيس الإسطرلاب الزاوية التي تنزلها الشمس بالنسبة إلى الراصد على قمة الجبل حيث يصنع الخط الواصل بين الراصد على قمة الجبل والأفق ساعة غروب الشمس مماسًّا لكوكب الأرض. ومن المعروف أن المماس لدائرة يتعامد على قطرها، ومن ثم يكون لدينا مثلث قائم الزاوية عند الأفق، ويمكننا قياس نصف قطر الأرض بمعرفة ارتفاع الجبل، وهي عملية سهلة من الناحية الحسابية.

وحاليًّا، يمكن أن يطبق الحسابات نفسها طلاب المراحل الثانوية مثلًا، في كل دول العالم العربي، ممن نالوا قدرًا جيدًا من دراسة حساب المثلثات. وفي دراسة نشرت بدورية «إنترناشونال جورنال أوف ساينسيز»، أعاد فريق إيطالي تجربة البيروني، وتوصل إلى أن نتائجه لنصف قطر الأرض تساوي 3928.77 ميلًا إنجليزيًّا، وهو ما يقارن بشكل إيجابي، كونه مختلفًا بنسبة 2%، مع متوسط نصف الأرض المرجعي عند خط عرض القياس، وهو 3847.80 ميلًا.

لا يهم أن تفهم ما سبق بدقة، خاصة وأنه قائم على عمليات حسابية قد لا تتذكر دراستها في المرحلة الثانوية، لكن لديَّ سؤال: هل تلاحظ ذلك؟ إنها نفس اللعبة التي تتكرر في كل مرة، حيث للوهلة الأولى يبدو موضوع قياس المسافة بيننا وبين النجوم البعيدة هو أمر غاية في الصعوبة يحتاج إلى آليات معقدة، لكن الفكرة هنا هي أن العلم يلعب دائمًا بطرق غير مباشرة، حيث يدفعنا المنهج العلمي إلى ابتكار طرق مختلفة تتحايل على ما يبدو مستحيلًا فتنحي جزء الاستحالة جانبًا، وتقتبس بعض الضوء من الممكن، في تجربة «إراتوستينس

السابقة» تمكن صديقنا من استبدال حاجتنا إلى الدوران حول الكرة الأرضية كلها، بزاوية يميل بها الظل في مدينتين، وفي تجربة فلكيي المأمون استخدم ميل النجم القطبي، وفي تجربة البيروني استبدلنا كرة أرضية كاملة لا يمكن لنا الدوران حولها بقواعد حساب المثلثات الأساسية الدقيقة، وفي التزيُّح تمكنَّا من تحديد المسافة بيننا وبين نجم بعيد عبر اختلاف منظره بين الشهور واستخدمنا الأرض نفسها كمقياس.

هذا هو ما سنفعله تقريبًا في كل فصول «كتاب للكون»، ستلاحظ أنه يمكن للعلماء دائمًا إيجاد طريقة ذكية للتعرف على شيء يبدو مستحيلًا للوهلة الأولى، لكن ذلك بات ممكنًا فقط عبر عقل بشري حالم، وصل إلى ما نشهده الآن من غوص حقيقي في غياهب الكون الواسع. فكأن الإنسان، هذا الكائن الضعيف، قد مد يديه فتمكن من تقليب المجرات والسدم والنجوم البعيدة، تلك الكيانات هائلة الضخامة، بين يديه ليتعلم عنها، يا لها من معجزة!

ملحق

مقدمة فلكية مهمة

لو لم تقرأ في علم الفلك من قبل، فإن هذه المقدمة مفيدة جدًّا فيما هو قادم من فصول، وتساوي ما قدمته في الفصل الأول بكتاب السما.

لا بد أنك قد تساءلت يومًا عن ذلك النجم اللامع الذي يقف إلى جوار القمر قبيل غروب الشمس، أو تلك النجوم الثلاثة التي تصطف إلى جوار بعضها في الشتاء، أو هذا النجم الآخر الذي يزين السماء شرقًا ويضيء كمصباح منير تراه قبل أن تنام فجرًا في ليلات الصيف أو الشتاء، إن التعرف على نجوم سماء الليل ليس بالأمر الصعب، كل ما تحتاج إليه فقط هو القواعد الأولية البسيطة، ثم يمكن أن تصعد إلى سطح منزلك أو تخرج إلى البلكون لتبدأ رحلتك الممتعة مع النجوم.

أول شيء يجب أن تعرفه هو أن السماء متغيرة، إذا خرجت مثلًا في الساعة السابعة مساءً ثم نظرت إلى السماء، وخرجت في نفس الليلة لكن في الواحدة بعد منتصف الليل، فسترى نجومًا مختلفة تمامًا في الحالتين. النجوم نفسها ثابتة في السماء وكأنها حلي مطرزة بها، لكن سبب ذلك هو أن الأرض تدور حول نفسها، ولأن الأرض ضخمة جدًّا لا ندرك شكل حركتها، فإننا نتصور أن نجوم السماء هي ما يدور، يشبه ذلك أن تدور حول نفسك ثم تصاب بالدوار، فتشعر بعد فترة كأن الغرفة هي ما تدور لا أنت.

أضف إلى ذلك أن السماء تتغير من شهر إلى شهر، ومن فصل إلى فصل، الكثير من النجوم التي نراها في الصيف ليست كتلك التي نراها في الشتاء أو الربيع أو الخريف، وسبب ذلك هو أن الأرض تدور حول الشمس، وكلما دارت تغير موضع النجوم في خلفيتها، لفهم ذلك تخيل أنك تقف في قاعة ضخمة وتدور حول مصباح كبير ذي إضاءة شديدة، حينما تنظر ناحيته لا

يمكن أن ترى ما يقع في خلفيته بسبب ضوئه الشديد، ويمكن فقط أن ترى ما يقع خلفك، لكن ماذا لو كنت تدور حول المصباح؟ هنا سيتغير ما يقع خلفك بشكل دائم، وبعد نصف دورة ستتمكن من رؤية أشياء كانت تقع خلف المصباح منذ قليل، هكذا هو الحال بالنسبة للأرض، فهي تدور حول الشمس مرة كل 365 يومًا تقريبًا، وكلما تحركت خطوة في تلك الدورة تغير ما يقع في خلفيتها من النجوم.

يعني ذلك أن النجوم موجودة في السماء طوال الوقت، لكن بالنهار فإن الشمس (مثل مصباح ضوء قوي) تعمينا عن رؤية ما يقع في خلفيتها من النجوم.

لاحظ كذلك أن موضعك على الأرض يؤثر في النجوم التي ستراها في السماء، فقط تخيل أن الأرض هي كرة صغيرة جدًّا توجد داخل كرة كبيرة جدًّا، الأخيرة هي الكرة السماوية، وهي مطرزة بالنجوم، النجوم في الواقع لا تتخذ شكل كرة حول الأرض، لكن لأنها بعيدة جدًّا جدًّا جدًّا عنا، فإنها تبدو لنا كذلك. الآن دعنا نتأمل الكرة الصغرى في المركز، لو أن شخصًا يقف أعلاها فسيرى نجومًا غير تلك التي يراها شخص يقف أسفلها، أليس كذلك؟ لذلك فإن موقعك على الأرض (من الشمال إلى الجنوب) يحدد النجوم التي ستراها، فشخص في شمالي بريطانيا سيرى نجومًا مختلفة عن شخص في مصر، والذي يرى نجومًا مختلفة عن شخص في جنوبي إفريقيا. وكلما اقتربت المسافة بين البلدين وجدت بعض النجوم المشتركة، ففي شمالي مصر وجنوبي السودان مثلًا ستكون هناك ما يراها المصريون وأخرى يراها السودانيون، لكن ستكون هناك نجوم مشتركة بينهما، أما بالنسبة لشخص في بريطانيا وآخر جنوبي أستراليا، فإن عدد النجوم المشتركة ينخفض جدًّا، ونصبح أمام سماءين مختلفتين بشكل شبه كامل.

الكوكبات

أهم اصطلاح يجب أن تعرفه عن السماء ليلًا هو «الكوكبة»، لفهمها دعنا نضرب مثالًا: هل جربت أن تلعب بالنجوم من قبل؟ حينما تخرج إلى الشارع أو تصعد إلى سطح المنزل يمكن أن تربط بين النجوم بعينيك لتصنع أول حرف من اسمك مثلًا، أو ربما ترسم سيَّارة أو مظلة بعينيك رابطًا بين النجوم. القدماء كانوا يفعلون الشيء نفسه مثلك، لكن ليس للَّعب، بل كانت لديهم قصص وأساطير مدهشة، فنظروا إلى السماء وربطوا بين النجوم ليصنعوا أشكالًا لها علاقة بتلك القصص، هذه الأشكال سميت «كوكبات».

الكوكبة إذن هي مجموعة نجوم في السماء تتخذ شكلًا مميزًا، ليكن قطة مثلًا أو كلبًا أو أسدًا، هذه النجوم في الكوكبة لا توجد على نفس المسافة منَّا في الحقيقة ولا علاقة لها

ببعضها بعضًا، لكنها تظهر هكذا من منظورنا نحن، ولو قررنا أن ننتقل لنعيش في كوكب حول نجم آخر لرأيناها بشكل مختلف تمامًا.

كل ما حصل أن العلماء في بدايات علم الفلك الرصدي قبل عدة قرون قرروا استخدام تلك المجموعات من النجوم (الكوكبات)، التي تخيلها القدماء، لتحديد أماكن النجوم في السماء، فكل مجموعة من النجوم تقع في حدود كوكبة ما مثلما تقع كل مجموعة من المدن أو المحافظات داخل حدود دولة ما. في الأطالس المعاصرة، فإن هناك 88 كوكبة تشمل كل نجوم السماء.

أسماء النجوم

قديمًا، سميت النجوم بأسماء أساطيرها، وبحسب الثقافة التي نشأت بها الأسطورة، فالنجم «ذنب» من كوكبة الدجاجة يعني ذنب الدجاجة في حكاية تتعلق بالأمر، وكما ترى فإن التسمية لها أصول عربية، نجم «الدبران» كذلك من كوكبة الثور وكذلك نجم «الفرد» من «كوكبة الشجاع» لهما تسمية عربية، والواقع أن أكثر من ثلثي أسماء النجوم المنظورة في السماء ليلًا تتخذ اسمًا ذا أصل عربي.

لكن حينما بدأ علم الفلك الحديث واستخدمت التلسكوبات فاكتشفنا مئات الآلاف من النجوم، بات صعبًا تسميتها بأسماء متعلقة بالأساطير، مما اقتضى إيجاد نظام تسمية عام لكل النجوم. هنا اتفق الفلكيون على إعطاء الحرف «ألفا α» من اللاتينية لألمع النجوم بالكوكبة، والحرف «بيتا β» لثاني ألمع نجم، وهكذا يستمر الترتيب بانتظام مع الحروف اليونانية (هناك أنظمة تسمية أخرى لكن هذا هو أشهرها وأكثرها استخدامًا).

لمعان النجوم

لمعان أي نجم في السماء يسمى بالقدر الظاهري (Apparent magnitude)، وذلك لأنه يعبر عن لمعان النجم بالنسبة إلينا على الأرض. يعطي الفلكيون هذا اللمعان أرقامًا تبدأ من السالب وتزداد إلى الموجب. يعني ذلك أن النجم الذي لمعانه الظاهري 1، ألمع من النجم الذي لمعانه الظاهري يساوي 2، وأن النجم ذا اللمعان الظاهري بقيمة (-1)، ألمع من النجم الذي لمعانه «صفر». وهكذا، ما بين الوحدة والوحدة يختلف اللمعان الظاهري بمقدار مرتين ونصف المرة. ألمع نجم في السماء ليلًا هو الشعرى اليمانية، ولمعانه الظاهري - 1.46.

وحدات

في هذا الكتاب نستخدم عددًا من الوحدات التي ربما لم تعرفها من قبل، هنا أجمعها في دليل بسيط.

السنة الضوئية: هي وحدة مسافة تسبب بلبلة دائمًا، يحدث ذلك بسبب كلمة «السنة» في الاصطلاح، لكن فكر في الأمر كالتالي، السنة الضوئية تساوي 9.5 ترليون كيلومتر تقريبًا، فإذا رأيت كلمة سنة ضوئية في أي مكان ضع مكانها مباشرة هذا الرقم.

الفرسخ الفلكي: وحدة قياس مسافات كونية أخرى تلقى اهتمامًا خاصًّا، وتساوي 3.26 سنة ضوئية.

الكلفن: إحدى أدوات قياس درجة الحرارة، يستخدم الكلفن في الفيزياء بدلًا من الدرجات المئوية لعدة أسباب مهمة، في المقام الأول لأنه مقياس درجة الحرارة المطلقة كما أنه أكثر ملاءمة للحسابات العلمية، وخاصة عند التعامل مع سلوك الغازات. المهم بالنسبة إليك أن صفر مئوية يساوي سالب 273.15 كلفن، وإذا ذكر الكلفن أمامك في أي مكان فقط اطرح منه هذا الرقم ستصبح أمام الدرجة المئوية، ولأن درجات حرارة سطح النجوم عادة بالآلاف فإن الرقمين يكونان تقريبًا واحدًا.

مكتبة
t.me/soramnqraa

الفصل الثاني

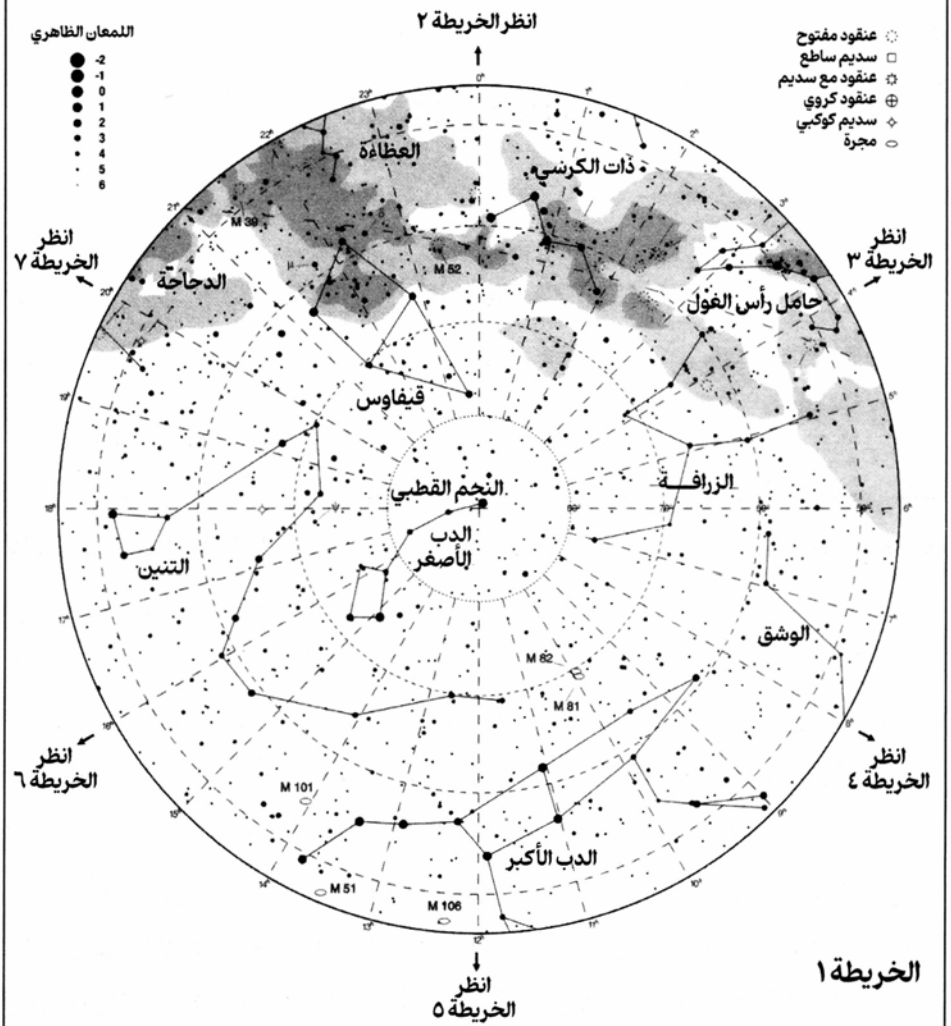
في مواجهة الدب

قبل عدة أعوام أعلن باحثون من جامعة برمنجهام البريطانية أن ترتيب مجموعة من الصخور المُكتشفة في سهول أبردينشاير شمال شرقي اسكتلندا، والتي تبلغ من العمر ثمانية آلاف عام، لم يكن عشوائيًّا، حيث يمكن لك إذا وقفت في مكان محدد ونظرت إليها مع السماء في الخلفية، أن تحدد الوقت والتاريخ.

يبدو أن أحدهم في ذلك الزمن السحيق، درس السماء لفترة كانت بالتأكيد طويلة، متأملًا حركات أجرامها في صمت، ثم استنتج شيئًا ما عن حركاتها، وتمكن من تمرير تلك المعرفة إلى آخرين جاؤوا بعده، فأضافوا إليها، ومع تعاقب الأجيال وتراكم المعارف توصل أحدهم إلى الصورة الكلية، وتمكن عبر ذلك من ترتيب الصخور بشكل يجعلها أداة فلكية.

وفي أغسطس 2024 تبين أن هناك ما هو سابق لهذا الحدث، حيث كشف فريق من الباحثين في تركيا عن وجود علامات، في موقع أثري شهير يسمى «جوبكلي تبة»، تشير إلى أن الإنسان القديم كان على دراية بتعاقب الفصول وطول السنة الشمسية، قبل 12 ألف سنة من الآن!

بل وتقترح إحدى الدراسات أن هذا التقويم الفلكي قد بُني على أثر حادثة مذهلة، حيث سقط نيزك كبير نسبيًّا على الأرض وسبب دمارًا هائلًا، أدى ذلك إلى حدوث عصر جليدي صغير في تلك الحقبة القديمة، واستجابة لذلك الدمار قرر البشر وقتها أنهم بحاجة إلى تسجيل ما حصل، ربما ليتذكروه، أو ربما لدراسته فيما بعد، أو ربما فقط لأنه ترك تأثيرًا عميقًا


انظر الخريطة ٢
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
العظاءة
ذات الكرسي
انظر الخريطة ٧
انظر الخريطة ٣
الدجاجة
حامل رأس الغول
M 39
M 52
قيفاوس
النجم القطبي
الزرافة
الدب الأصغر
التنين
الوشق
M 82
M 81
M 101
انظر الخريطة ٦
انظر الخريطة ٤
الدب الأكبر
M 51
M 106
انظر الخريطة ٥
الخريطة ١

في نفوسهم. لا نعرف بالضبط لِمَا فعلوا ذلك، لكننا نعرف أن الخوف كان أحد أهم محركاتنا للمعرفة، طوال تاريخنا على هذا الكوكب.

وكان انشغال البشر بالسماء ليلًا عميقًا، لم يقف فقط عند حدود التقاويم وجمع المعارف، بل كذلك كان متأصلًا في ثقافتنا، وأحداث حياتنا اليومية، وهنا نحتاج إلى أن نتقدم بالزمن إلى الأمام قليلًا بعد حدث النيزك، عشرة آلاف سنة فقط. واحدة من الكوكبات التي شغلت البشر من كل الثقافات القديمة تقريبًا (ما عدا الجنوبية منها) هي الدب الأكبر. في الأسطورة اليونانية نجد أنها تمثل حورية فاتنة تدعى «كاليستو»، أبهرت زيوس وكان ينزل للقائها بشكل سري بين حين وآخر، لكن زوجته هيرا باغتته بزيارة مفاجئة ذات مرة فما كان منه إلا أن حول كاليستو إلى دب بني كبير، بعد ذلك جاء ابنها أركاس، والذي كان صيادًا ماهرًا إلى الغابة، ثم رأى تلك الدبة فأطلق سهمًا نافذًا في قلبها، فتحولت بعد الضربة إلى صورتها البشرية ما تسبب في صدمة وحزن شديد لأركاس، وبسبب ذلك رُفعا إلى السماء ليكونا معًا إلى الأبد، فتصبح هي الدب الأكبر ويكون هو الدب الأصغر.

في الحكاية العربية فإنه لا يوجد دب، وإنما هناك «بنات نعش»، وتقول الحكاية أن سُهيل اليمني قتل شخصًا سُمي «نعش»، فحملته بناته السبع في النعش، وأقسمن أن يأخذن بثأر أبيهن. أقنعهن سهيل أن من قتل والدهن كان شخصًا آخر وهو الجُدَي، ثم هرب بعيدًا[1]، وبسبب ذلك دارت الفتيات حول الجُدي بلا توقف، متمنين أن يحصلن يومًا ما على حق أبيهن.

نجوم الدب الأكبر والأصغر من النجوم القطبية، يعني ذلك أنها بخلاف بقية النجوم التي نراها في مواسم بعينها (مثل نجوم الصيف أو نجوم الشتاء)، فإنها تظهر طوال العام تقريبًا، فتدور حول نجم القطب بشكل دائم ولا تغيب مثل بقية النجوم، ما يعطي خلفية لقصة لحكاية بنات نعش، ولبيت أبي العلاء المعري في الفصل السابق.

وجاء في الحكاية العربية كذلك أنه بجوار بنات نعش سكنت مجموعة من الظباء، وحينما ضرب الأسد بذيله على الأرض، هربت الظباء وقامت بالقفز ثلاث قفزات هاربة نحو حوض ماء قريب لتشرب منه. وفي الأطالس الفلكية المعاصرة، ستجد أن بعض النجوم في الدب الأكبر ترتبط بالأسطورة العربية مثل نجم القفزة الأولى Alula Borealis أو الثانية Tania Australis والثالثة Talitha، أو نجم القائد Alkaid ويمثل بنت نعش التي تقود الفريق. من جانب آخر تجد أنه حتَّى النجوم التي تصف صورة الدب نفسها كانت عربية، فتجد أسماء مثل

(1) الجُدَي هو النجم القطبي ولا علاقة له ببرج الجَدي.

الدب Dubhe أو المغرز Megrez أو الفخدة Phecda أو الإلية Alioth أو المراق Merak أو المئزر Mizar [1].

تحتوي كوكبة الدب الأصغر على نجمين بأسماء عربية مباشرة كذلك، وهما نجم «الكوكب» Kochab ونجم «فرقد» Pherkad، والأصل في التراث العربي أن هذين النجمين تحديدًا سُمِّيا «الفرقدين»، عند العرب حمل نجم «الكوكب» اسم «أخفى الفرقدين» لأنه أخفتهما، والآخر (فرقد) حمل اسم «أنور الفرقدين» لأنه ألمعهما.

حينما ترفع رأسك إلى السماء في قادم الأيام، تذكر أن غالبية أسماء النجوم التي تراها بعينيك تمتلك أسماء عربية، هذه النجوم حصلت على اسمها العربي عبر خط سير طويل من نقل المعرفة، بدأ من اليونان القدماء الذين قدموا أول فهارس للنجوم (وهي قوائم بأسماء النجوم وإحداثياتها وكوكباتها)، وأشهرهم هو كلوديوس بطليموس، والذي عاش قبل نحو ألفي عام قرب مدينة الإسكندرية المصرية، في كتابه «المجسطي» قسم السماء ليلًا في ثماني وأربعين كوكبة واضحة المعالم، مع 1022 نجمًا موزعة عليها، لكن النجوم في كتابه كانت تسمى بجمل كاملة مثل «النجم الذي يقع إلى شمال كذا»، أو «النجم الذي عند الذيل».

أحد أهم من درسوا هذا الكتاب كان عبد الرحمن الصوفي، قبل نحو ألف سنة، فعمل على ترجمته وتعديل أخطائه، ولكنه بينما كان يعمل وجد أن بطليموس يتحدث عن نجوم يعرفها العرب القدماء من فترة ما قبل الإسلام، فقرر إضافة هذه الأسماء إلى هذا الفهرس الجديد، والذي نعرفه الآن باسم «صور الكواكب الثابتة» (صور الكواكب الثمانية والأربعين).

حينما انتعشت حركة الترجمة من العربية إلى اللاتينية في عصر النهضة (قرابة 1500 ميلادية)، ترجم فلكيون مثل بيتروس أبيانوس كتاب الصوفي، والذي عد في تلك العصور واحدًا من العلامات الرئيسية الغاية في الشهرة، ومن تلك النقطة انتقل ذلك التراث إلى العالمية، ولأن أسماء النجوم العربية أبسط وأسهل في الاستخدام، حيث تكونت من كلمة واحدة غالبًا، مثل «الفرد» ويمثل أحد نجوم كوكبة الشجاع أو «يد الجوزاء» وهو في كوكبة الجبار، فقد استخدمت مع رسوم المجسطي التي كانت أوضح في تداخل مميز، ضم أسماء النجوم في التراث العربي، وصورة الكوكبة اليونانية، وفي بعض الأحيان استخدمت الكلمات العربية التي تعبر عن معانٍ يونانية. ولذا، ستجد أن أكثر من ثلثي الأسماء التقليدية للنجوم المستخدمة في الأطالس المعاصرة عربية.

---

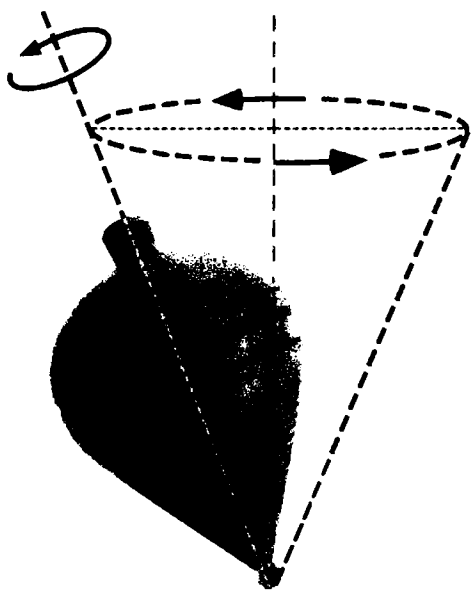
(1) تجد أسماء تلك النجوم بوضوح في الأطلس المرفق بالكتاب، الخريطتان 14 و17.

ستلاحظ ذلك في كل مكان تقريبًا، ولو كرست هذا الكتاب لأسماء النجوم العربية فقط لانتهى قبل أن أتحدث في أي شيء آخر، ولكنني سأشير إلى أسماء النجوم من حين إلى آخر كأمثلة، وفي الأطلس المرفق بالكتاب تجد المعروف من أسماء النجوم العربية بحسب الاتحاد الفلكي الدولي.

كرة الثلج

لا شك أن النجم الأكثر إثارة للاهتمام في هذا المقطع السماوي هو النجم القطبي Polaris، ببساطة لأنه نجم القطب الشمالي الحالي، ما يعني أنه يبدو ثابتًا تقريبًا في السماء بينما تدور النجوم الأخرى حوله، ولذا لم يكن ويليام شكسبير مخطئًا حينما قال في مسرحيته «يوليوس» قيصر التي كتبها عام 1599، على لسان الحاكم الروماني: «أنا ثابت مثل النجم القطبي».

والواقع أن النجم القطبي يتغير مع الزمن. ومثلًا، كان النسر الواقع من كوكبة القيثارة هو النجم القطبي قبل 12 ألف سنة، وقبل 15 ألف سنة كان النجم القطبي هو «يوتا هرقل»، وقبل 3 آلاف سنة كان نجم الثعبان الذي نتعرف عليه بعد قليل، يحدث هذا التغير بسبب ظاهرة المبادرة المحورية، وهي حركة دائرية متغيرة بطيئة للغاية للأرض حول محورها تشبه تلك التي تحدث حينما يلعب الأطفال بالنحلة الخشبية فتتأرجح حول محورها بينما تدور حول نفسها. الأرض تفعل ذلك، لكنها تكمل دورة واحدة من التأرجح كل قرابة 26 ألف سنة.



تتداخل تلك الدورة مع دورتين أكثر اتساعًا للأرض، تتضمن الأولى تغيرًا في ميلها (وتحصل على مدى 41 ألف سنة) وتتضمن الثانية انحرافًا في مدار الأرض (وتحصل على مدى خلال 100 ألف سنة)، ويشكل ثلاثتهم «دورات ميلانكوفيتش»، نسبة إلى ميلوتين ميلانكوفيتش، الفيزيائي الصربي، والذي طوَّرها عبر عمليات حسابية معقدة قبل مئة سنة تقريبًا، وأثبتت الأرصاد الجيولوجية صحتها فيما بعد.

يعتقد العلماء أن هذه الدورات مرتبطة بدخول الأرض في عصور جليدية، فنحن الآن نمر بما يسمى «فترة بين جليدية»، لكن قبل أكثر من 12 ألف سنة فقط كانت الأرض في عصر جليدي، ولفهم ما أقصده حينما أقول «عصر جليدي»، تخيل التالي: تمتد التكوينات الجليدية بسُمك ثلاثة إلى أربعة كيلومترات لتغطي نصف الكرة الأرضية الشمالي بداية من القطب نزولًا إلى ما حدوده الآن نصف الولايات المتحدة الأميركية، إنجلترا، النرويج، ونصف روسيا، أما في الجنوب فقد غطت الثلوج القطب الجنوبي وصولًا إلى ما حدوده الآن أطراف جنوب إفريقيا، وأجزاء من أستراليا وقارة أمريكا الجنوبية، وبين هذا بالأعلى وذلك بالأسفل انضربت الأرض بموجات متتالية قاسية البرودة، تشبه تلك التي رأيناها في شتاء الممالك السبعة من «صراع العروش»، أو في فيلم «بعد 28 أسبوعًا» (28 Weeks Later) بصورة أكثر تطرفًا.

خلال تاريخها، واجهت الأرض عدة عصور جليدية انخفضت خلالها درجات الحرارة بشكل جذري، ويعتقد العلماء أن أكثر تلك العصور الجليدية لفتًا للانتباه حصل قبل قرابة 635 مليون سنة، بوصفه واحدًا من أقسى موجات البرودة في تاريخ الأرض، خلاله وصلت درجات الحرارة في بعض المناطق إلى أقل من مئة تحت الصفر، ووصل الأمر إلى درجة أن الجليد غطى كل الكرة الأرضية من القطب الشمالي للقطب الجنوبي.

سميت تلك الظاهرة بـ «فرضية كرة الثلج الأرضية»، وهو اصطلاح صاغه عالم الجيولوجيا من معهد كالتك في الولايات المتحدة الأمريكية جوزيف كيرشفينك في الثمانينيات من القرن الماضي، ومع الوقت واجتماع الدلائل من علوم الأرض والمناخ، وجدت اهتمام غالبية العلماء.

ويعتقد الباحثون في هذا النطاق أن دخول الأرض في نوبة من الجليد بهذه القسوة كان ذا علاقة بانخفاض مستوى الغازات الدفيئة بالغلاف الجوي (مثل ثاني أكسيد الكربون) إلى حد تسبب في انخفاض درجات الحرارة بشكل جذري، الأمر الذي أدى إلى تكون مساحات واسعة من الصفائح الجليدية، التي عكست ضوء الشمس ولم تمتصه كعادة الكوكب، ما تسبب في المزيد من انخفاض درجات الحرارة، وبالتبعية تكون المزيد من الجليد.

ويتفق العلماء على أن تلك الفترة بالفعل شهدت تجمعًا للجليد كان الأكبر في تاريخ الأرض، لكنها ربما لم تكن كرة كاملة، بل شبه كاملة، حيث إن بعضًا من الأدلة التي جمعت

في منطقة غابات شينونججيا الشرقية بمقاطعة هوبي الصينية تشير إلى أن الأرض لم تكن مجمدة تمامًا، بل كانت هناك بقع من المياه المفتوحة في بعض البحار الضحلة في خطوط العرض الوسطى.

إلى الآن، يعتقد العلماء أن موجة «الكرة الثلجية» لم تضرب الأرض مرة واحدة فقط، بل مرتين أو ثلاثة، ولا يوجد ما يمنع هذه الظاهرة من الحدوث مجددًا، خاصة وأنها تتعلق كذلك بتغيرات في مدار وميل كوكب الأرض ما زالت تحدث إلى الآن. لكن على الرغم من ذلك، يعتقد الباحثون أنها على الأقل لن تحدث خلال عدة عشرات من الآلاف من الأعوام القادمة.

ولو قدر للأرض أن تدخل في طور كرة الثلج يومًا، لتسبب الأمر في كارثة لكنها لن تكون النهاية. في العصور الجليدية لا تنتهي الحياة، لكنها تنحصر في نطاقات محددة وتبذل جهدًا أكبر بفارق كبير للحصول على الغذاء، ما يقلل عدد الكائنات الحية، بحيث تتمكن أكثرها مثابرة من النجاة.

خلال قرابة 500 أو 600 ألف سنة سابقة عاش البشر خلال فترات جليدية، تخفوا في الكهوف بشكل أساسي للحصول على الحرارة، واعتمدوا إلى حد كبير على الصيد وجمع الثمار، وكانت حملاتهم للبحث عن الغذاء حذرة، سريعة الحركة، فمع المناخات القاسية جدًّا ينخفض توافر الطعام، فالجفاف شديد والبرد أشد، وبالتالي تكون الحيوانات المفترسة على أهبة الاستعداد بشكل دائم.

خلال تلك الفترة تطورت أدوات البشر وملابسهم لمواجهة ضربات البرد، فاستخدموا جلود الحيوانات وفراءها لحماية أنفسهم، وبالتالي كانت هناك حاجة إلى صنع أدوات أكثر تقدمًا، مثل الرماح ذات الرؤوس الحجرية والحراب القوية المرنة، لصيد الحيوانات الكبيرة في العصر الجليدي. رصد العلماء ذلك في رسوم الكهوف القديمة التي بينت صورت الحيوانات ومشاهد من الحياة اليومية للبشر الذين عاشوا في تلك السنوات البعيدة.

لكن فقط مع وصولنا إلى العصر الحالي، حيث تتميز الأرض بأجواء أدفأ، تمكن البشر من الخروج من كهوفهم، وتحركوا بحرية أكبر، ومن ثم بنوا البيوت في العراء، والتي كانت أوسع وأكبر، واكتشفوا الزراعة، ونهلوا مما أتيح لهم من خيرات هذا العصر الجديد بعد انقطاع دام لزمن طويل، وبدؤوا في بناء الحضارة.

تلك العصور الجليدية ستعود مرة أخرى، ربما لا تكون بقوة كرة الثلج التي تعد فعلًا حدثًا استثنائيًّا، إلا أنها سوف تعود مع تغيرات دورات ميلانكوفيتش بعد عدة آلاف من السنوات ربما، في الواقع فإنه خلال 2 مليون سنة مضت شهدت الأرض عشرات العصور الجليدية بحسب العلماء في هذا النطاق، كان بينها فترات بين جليدية كالتي نعيشها الآن.

هذا غريب حقًّا، بشكل أو بآخر، تبدو أرضنا الطيبة وكأنها ريشة تسبح في الفضاء، تتعاقب عليها التأثيرات الكوكبية بلا تدخل منا.

الثعبان العربي

النجم القطبي هو جزء من كوكبة الدب الأصغر، مركز القطب، يليها أول دائرة من الكوكبات وتتضمن كوكبات قيفاوس والتنين والزرافة، والأخيرة أشدهم خفوتًا، يلي ذلك كوكبتي الدب الأكبر وذات الكرسي، وهما الألمع والأهم في تلك المنطقة من السماء، والتي تمثل قشرة البرتقالة السماوية العلوية، تظهر بالنسبة إلى ساكن في القطب الشمالي في الأعلى تمامًا، أما بالنسبة إلينا في العالم العربي فإنها تظهر مائلة على الأفق.

في الأسطورة اليونانية القديمة كان التنين دراكو ذو العينين الصفراوين يحمي كنوز زيوس في كهف بعيد، وتمجيدًا لإخلاصه في العمل رفع إلى السماء مع النجوم القطبية. أما العرب فقد عرفت هذه المنطقة بصور متنوعة، وكانت نجومها ذات حكايات مختلفة، خذ مثلًا أول نجوم الكوكبة، الذي يقع على لسان الحية، وسمي «الراقص» Alrakis وهو يعني ضربًا من العدو أو الجري، يميل فيه العادي إلى يمينه مرة، وإلى يساره مرة، والراقص من البعير هو الذي يجري سريعًا، ويقال «رقَص البعيرُ» أي خَبَّ في سيره وأسرع.

ولعل كوكب الراقص Arrakis في رواية «كثيب» Dune (والتي حولت إلى ثلاثية من الأفلام حملت نفس الاسم) له علاقة بنجم الراقص، ولو شاهدت الفيلم لربما لاحظت أن هناك طريقة لمشي الأبطال في الفيلم على الرمال، تتضمن أن يميل الشخص إلى اليمين واليسار في أثناء سيره. نعرف أن مؤلف الرواية فرانك هربرت تأثر كثيرًا بالثقافة العربية. ويعتقد العلماء حاليًّا أنه يمكن أن توجد «كواكب صحراوية» بالكامل في هذا الكون الواسع، مثل الكوكب المشار إليه في الفيلم، في الفصل الحادي عشر نتحدث عن أعجب تلك العوالم الكوكبية.

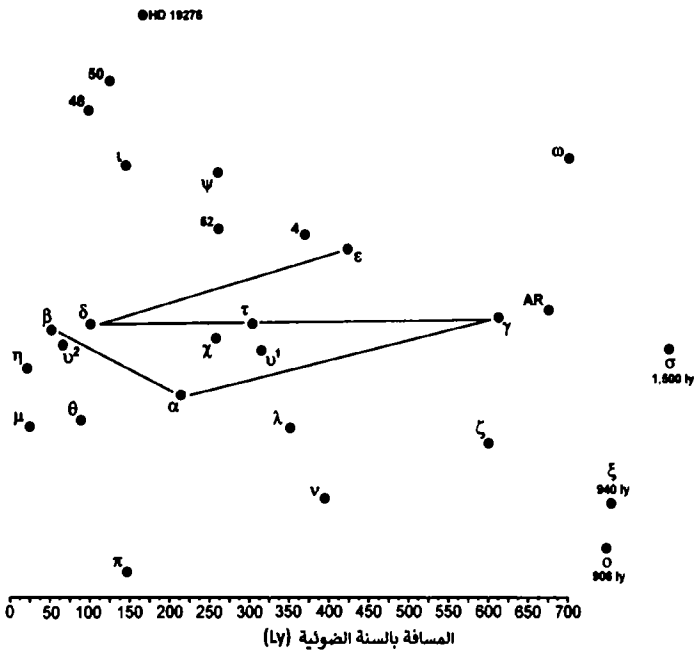
نجم الراقص من النجوم التي تتمنى لو تزورها (وهذا بالطبع غير ممكن لأنه يبتعد عنا 890 تريليون كيلومتر)، لأنه ليس نجمًا واحدًا، بل نظامًا يتكون من 4 نجوم تتخذ مدارات حول بعضها بعضًا، لو قُدِّر لك سكنُ كوكب قريب من هذه المجموعة فستشهد في اليوم الواحد أربعة من الشروق وأربعة من الغروب! أربع شموس لعالمك، اثنتان منهما صفراوان وأكبر في الحجم من شمسنا قليلًا، واثنتان حمراوان وصغيرتان بوضوح، يعني ذلك قدرًا هائلًا من الإشعاع، يمنع صور الحياة التي نعرفها أن تنشأ وتزدهر.

عرفت العرب قديمًا هذه المنطقة من السماء وشبهوها ببيئتهم، فتجد مثلًا نجومًا مثلت العوائذ (وهي مجموعة من النوق) والرُّبَعَ (صغير الناقة)، والذئاب القريبة (والمتمثلة في

نجمي الذئبان Aldhibain وAthbyne) وكذلك نجم لامع مثل الذيخ (ذكر الضباع) Edasich، والأثافي Alsafi وهي ثلاثة نجوم تمثل قطعًا من الصخر التي وضعت بشكل مثلث، بينها تشعل النار ويوضع فوقها القدر وفيه الطعام ليطهى، والتيس Altais، أما نجمي الثعبان Thuban والتنين Eltanin، فيبدو أنهما مرتبطان بالأصل اليوناني للحكاية، لكنها رغم ذلك امتلكت اسمًا عربيًّا، هناك تسعة أسماء عربية في نجوم هذه الكوكبة[1].

أما بالنسبة إلى السيدة كاثي (كما كان جون كوفي من فيلم «نحو المحتوم» Green Mile يسميها) فإنها لا شك واحدة من أجمل الكوكبات وألمعها كونها تشبه حرف W، ونستخدمها مع الدب الأكبر للاستدلال على الشمال الجغرافي، تسمى بالعربية «المرأة المسلسلة».

كما تعرف، فالشكل الذي نراه في السماء للنجوم لا يعبر عن شكلها الحقيقي، فهي تبدو بالنسبة إلينا كذلك، أما في الواقع فإن نجومها توجد منا على مسافات شاسعة من بعضها بعضًا، وفيما يلي تجد شكلًا لطيفًا يحدد لك المسافات الحقيقية بيننا وبين نجوم الكوكبة، وما تمثله الخطوط هي الخطوط التي تربط الكوكبة في الرسمة المعاصرة. قارن ما تراه بشكل الكوكبة في السماء، وفي ليلة هادئة تخيل المسافات بينك وبين نجوم الكوكبة، أيها أقرب إليك من الآخر، اقضِ 5 أو 10 دقائق في أداء هذه المهمة، وربما تسعد كثيرًا.



(1) تجد تلك النجوم واضحة في الأطلس المرفق بالكتاب، خرائط رقم 1،17،20،23، وتجد الهيكل الكامل للكوكبة واضحًا في الخريطة المرفقة بهذا الفصل.

هناك الكثير مما يلفت الانتباه في هذه الكوكبة، لكنني أود أن أتحدث معك عن نجمين خافتين جدًّا على حدود الرؤية بالعينين المجردتين وهما: ڤي 509 ذات الكرسي (V509 Cas) و«رو ذات الكرسي» (ρ Cas)، وكلاهما عملاق أصفر فائق جدًّا Hypergiant، وهو نوع نادر جدًّا من النجوم شديدة اللمعان. هذه الفئة من أكثر النجوم إشراقًا فتسطع بمعدل يبدأ من مئات الآلاف إلى ملايين أضعاف الشمس، وتتميز بحجمها الهائل وكتلتها العالية التي غالبًا ما تكون بين 10 و40 ضعفًا للشمس، لكنها تصل إلى 100 ضعف في الحالات المتطرفة. النجوم من هذا النوع غير مستقرة أبدًا، وتظهر تقلبًا كبيرًا في سطوعها، لأنها تفقد جزءًا من كتلتها في صورة رياح نجمية عاتية.

تتمتع هذه النجوم بأعمار قصيرة نسبيًّا، عادةً بضعة ملايين من السنين، بسبب استهلاكها السريع للوقود النووي في باطنها، والقاعدة هنا بسيطة: كلما كنت أضخم، استهلكت وقودك بسرعة، وبالتبعية انتهت حياتك بسرعة. هذا يتناقض تمامًا مع النجوم المتوسطة مثل الشمس، التي يبلغ عمرها الافتراضي قرابة 10 مليارات سنة. تنتهي هذه النجوم حياتها بانفجارات (مستعرات عظمى) مذهلة، مما يثري الوسط النجمي المحيط بالعناصر التي ربما تساعد على نشأة وازدهار الحياة، وهكذا فإنه في هذا الكون تجد أنه من الموت تخرج صور الحياة وتنتشر.

كيف تنشأ النجوم؟

في تلك النقطة دعنا نتوقف قليلًا لنتحدث عن النجوم بشكل أعم[1]، تنشأ النجوم في السدم، والأخيرة هي سحب من الغاز والغبار المنتشر في الفضاء، والمتكونة من عناصر عدة أشهرها وأكثرها هو الهيدروجين. يحدث لسبب ما أن تضطر تلك السحب إلى التراكم على بعضها بعضًا، ربما بسبب الموجات الضاغطة القادمة من انفجار نجم قريب أو إشعاعه الشديد، أو فقط بسبب البرودة التي دفعتها للتكثف على بعضها بعضًا.

على مدى ملايين من السنوات، تستمر تلك السحب في التراكم على بعضها بعضًا في صورة كرة هائلة، بشكل يشبه أن تجمع العصا البلاستيكية الصغيرة كتلًا متراكمة من غزل البنات عليها بينما تدور، لكن بشكل أضخم بتريليونات الأضعاف بالطبع. يولد ذلك التراكم ضغطًا وحرارة في المركز، يشبه ذلك -لغرض التقريب بالطبع- حوادث تدافع البشر في الأماكن المزدحمة مثل بعض مباريات كرة القدم، عادة ما يكون سبب الوفاة هو وقوع أحدهم ووقوع الآخرين فوقه، وكلما ازداد عدد الواقعين فوقه كان الضغط والحرارة بالأسفل أشد.

(1) في كتاب السما هناك فصل كامل لشرح هذا الجزء.

الضغط والحرارة هما العاملان اللذان يساعدان التفاعلات النووية الاندماجية أن تبدأ في مركز ذلك التكتل، حيث تتحد ذرات الهيدروجين مع بعضها بعضًا لتتحول إلى هيليوم، وينشأ قدر من هذا التفاعل الطاقة هو ما يجعل النجم نجمًا، كيانًا مشعًّا بالطاقة والحرارة. الآن أصبح لدينا نجم طفل، وما إن يبدأ في استهلاك وقوده من الهيدروجين في النواة حتى يسمى «نجم تسلسل رئيسي».

ويظل النجم طوال عمره يستهلك الهيدروجين حتى ينضب، وهنا تنقسم النجوم إلى نوعين، الأول متوسط مثل الشمس، وفي هذه الحالة يتضخم النجم ليصبح «عملاق أحمر»، ومع الوقت يفقد أغلفته الخارجية في صورة رياح نجمية عاتية، ليترك في المركز ما تبقى من نواته، التي تسمى في هذه الحالة «قزم أبيض»، أما النجوم الأكبر في الكتلة من ثماني إلى عشر كتل شمسية فتتحول إلى «عملاق أحمر فائق»، لكنه يأبى أن ينهي حياته بشكل لطيف مثل سابقه، بل ينفجر متسببًا في مستعر أعظم هائل[1]، وهو من القوة بحيث يمكن أن نراه في مجرات بعيدة، تاركًا في مركزه «نجم نيوتروني» غاية في الكثافة والصغر، أو «ثقب أسود».

ما سبق يمثل الخطة العامة للكثير من النجوم، لكنها ليست الخطة الوحيدة، فهناك حالات خاصة من النجوم، وفي تلك النقطة دعنا نرجع بالزمن إلى النقطة صفر؛ بداية تكون النجم، فكلما كانت السحابة السديمية التي نشأ منها أكبر، تراكمت كميات أكبر من الهيدروجين، ما يعني تكون نجمًا أضخم، وفي بعض الحالات يكون ضخمًا جدًّا لدرجة أنه يصبح عملاقًا فائقًا جدًّا مثل ڤي 509 ذات الكرسي و«رو ذات الكرسي»، هذه النجوم قد تنفجر مباشرة في صورة مستعرات عظمى فائقة.

وعلى نفس المنوال، فقد تكون السحابة التي تكون منها النجم ضئيلة، وفي هذه الحالة تتسبب في نشأة نجم أقل من المتوسط ويسمى «قزم أحمر» وهي نجوم تمتلك كتلًا أقل من نصف الشمس، مع حجم ضئيل جدًّا نسبيًّا، هذا النجم لا يتضخم ويظل طوال عمره الطويل جدًّا قزمًا أحمر. وقد ينشأ ما هو أضعف، ويسمى «قزم بني»، وهي أجرام تقف في المسافة بين الكواكب والنجوم، ولذا تسمى في بعض الأحيان بالنجوم الفاشلة.

---

(1) يسمى مستعر أعظم من النوع الثاني، على خلاف المستعر الأعظم من النوع 1 إيه الذي تحدثنا عنه في الفصل السابق.

ألعاب نارية سماوية

والآن لنبدأ في الحديث عن أجرام مسييه في هذه المنطقة من السماء. مع الكتاب ستجد لوحة كبيرة توضح صورًا ملونة لها جميعًا. وبشكل عام تحوي الخرائط داخل الكتاب مواقع أجرام مسييه التي يمكن لك رصدها بتلسكوب صغير.

«فهرس مسييه» يمثل مجموعة من 110 جرمًا فلكيًّا، تتنوع بين العناقيد النجمية والسدم إلى المجرات، قام الفلكي الفرنسي شارل مسييه (1730 - 1817) بفهرستها في كتابه « فهرس السدم وعناقيد النجوم»، السبب في ذلك أن مسييه كان مهتمًّا فقط بالعثور على المذنبات، وأنشأ قائمة بتلك الأجرام التي ليست مذنبات كي لا تعيق بحثه المستقبلي أو يشتبه فلكيون آخرون بها ويدونوها كمذنبات.

هذه القائمة، التي أنشأها مسييه بالتعاون مع مساعده بيير ميشين، تُعرف الآن باسم «فهرس مسييه»، والذي يعد أشهر قوائم الأجرام الفلكية، يتضمن الفهرس معظم الأجرام السماوية العميقة التي يمكن رصدها بسهولة من نصف الكرة الشمالي للأرض، وهي أهداف شائعة لهواة الفلك، وتقام مسابقات سنوية لرصدها وتصويرها، وتوجد في الأطالس الفلكية معرفة بحرف M.

ظهرت النسخة الأولية من الفهرس لأول مرة في عام 1774 في مذكرات الأكاديمية الفرنسية للعلوم، وحوت 45 جرمًا، دون ترقيم. اكتشف مسييه نفسه ثمانية عشر من هذه الأجرام؛ أما الباقي فقد رصده فلكيون آخرون سابقًا، وبحلول عام 1780 زاد الفهرس إلى 70 جرمًا، ثم ازدادت القائمة لتصل إلى 103 جرمًا، ونُشرت النسخة النهائية على هذه الصورة في مجلة «كونيسونس دي تمبس» عام 1784. بعد ذلك، قام فلكيون آخرون، باستخدام ملاحظات جانبية في نصوص مسييه، بملء القائمة حتى 110 جرمًا.

في هذه الخريطة تلاحظ مسييه 39، وهو عبارة عن عنقود نجمي مفتوح في كوكبة الدجاجة يقع على مسافة قرابة 1000 سنة ضوئية من الأرض. تحدثنا قبل قليل عن ميلاد النجوم سحب الغاز والغبار، وحينما تكون تلك السحب ضخمة جدًّا فإن الأمر يتخطى حاجزَ نجم واحد، حيث تنشأ مئات أو ربما آلاف النجوم في نفس السحابة، تتغذى على مكوناتها من الهيدروجين حتى تتبدى السحابة تمامًا وتبقى تلك النجوم إلى جوار بعضها بعضًا، لكن حينما نقول «إلى جوار بعضها» فنحن نعني قربًا نسبيًّا، مثلًا 0.1 سنة ضوئية (قرابة ألف مليار كيلومتر) وصولًا إلى عدة سنوات ضوئية بين كلِ نجم وآخر. وفيما بعد، ربما بعد عدة عشرات من الملايين من السنوات، تتفرق هذه النجوم ويذهب كلٌّ إلى حاله، الشمس كانت كذلك جزءًا من مجموعة شبيهة من النجوم، ونتحدث عن ذلك باستفاضة في الفصلين السادس والثامن.

يبلغ قطر مسييه 39 قرابة عشر سنوات ضوئية، وكتلته تساوي بضع مئات من الشموس (يعني ذلك كتلة النجوم مجتمعة)، ويقدر عمر نجومه بقرابة 300 إلى 400 مليون سنة، ما زالوا جميعًا نجومًا شابة في مرحلة حرق الهيدروجين، ولم تتطور بعد إلى عمالقة حمراء أو عمالقة حمراء فائقة. يمكن لك بسهولة أن ترصد هذا العنقود عبر تلسكوب صغير.

مسييه 52 عبارة عن عنقود مفتوح كذلك، لكنه في كوكبة ذات الكرسي، وهو أغنى وأكثر ثراءً من سابقه، ويتكون من قرابة مئتي نجم بكتل تتراوح بين ضعفين إلى خمسة أضعاف كتلة شمسنا لكل منها، وأعمارها تتراوح بين عشرة إلى عدة عشرات من الملايين من السنوات، لا تزال يافعة، أمامها زمن طويل لتعيشه.

حينما تتأمل عالم السماء بالأعلى تدرك أن مقاييس المسافة والزمن تختلف، فأنت في النهاية تعيش على الأرض وتسافر في القطار من المنصورة إلى القاهرة في ثلاث ساعات، وتسافر إلى الولايات المتحدة بالطائرة في نحو تسع ساعات، كم عمرك الآن؟ خمسة وعشرون سنة مثلًا أو ربما ستة وثلاثون؟ النجوم اليافعة أعمارها تبدأ من عدة ملايين من السنوات، أما المسافات في الكون فنبتكر لها وحدات جديدة ونستخدم تعبيرات خاصة حتى لا نكتب الكثير من الحروف أو نضع الكثير من الأصفار، مع الوقت والتعلم عن سماء الليل ستجد أنك قد وضعت هذه الإضاءة في خلفية خواطرك التي تطرأ على دماغك من حين إلى آخر. هذا مهيب ويدفع إلى التأمل، وهو في جانب منه ممتع، يدفع إلى الهدوء.

تعكير صفو الغاز والغبار

الآن لنترك العناقيد النجمية جانبًا وننطلق إلى المجرات، وهي تلك الكيانات الهائلة التي تمثل وحدات بناء الكون، فكما يتكون العالم من دول فيها سكان من البشر يتكون الكون من مجرات فيها سكان من النجوم، لكن دول العالم متجاورة أما المجرات فبعيدة جدًّا عن بعضها بعضًا، وحول الدب الأكبر توجد مجموعة من ألمع المجرات وأجملها، وعلى رأسهم تأتي مجرة مسييه 51 أو الدوامة والتي تقع أسفل النجوم التي تمثل بنات نعش الثلاثة (ذيل الدب) إلا أنها رسميًّا ليست في نطاق كوكبة الدب الأكبر، بل في نطاق كوكبة السلوقيان. إنها مجرة مدهشة، تنتمي إلى فئة المجرات الحلزونية ذات التصميم العظيم، وهي المجرات التي تكون أذرعها بارزة وواضحة المعالم، وتتميز هذه الفئة من المجرات بعناقيد نجوم زرقاء لامعة، وممرات غبار ملتوية واضحة.

يعتقد بعض علماء الفلك أن أذرع الدوامة بارزة بسبب تأثيرات الجاذبية من جارتها المسماه إن جي سي 5195، وهي المجرة الصغيرة الصفراء التي تبدو واضحة عند الطرف

الخارجي لإحدى الأذرع في مجرة الدوامة، وكلاهما -في هذا الشكل البديع- يظهر بشكل مدهش في صور التلسكوب هابل، لكن لو تحدثنا عن أرصاد الهواة فإن الدوامة ليست من أسهل الأجسام في كتالوج مسييه وهي بالكاد مرئية كبقعة ضبابية في منظار ثنائي، وحتى في تلسكوب صغير ستجد صعوبة في رصدها.

الترابط الجذبوي بين مجرتين جارتين يحرك سحب الغاز والغبار في كل منهما بمعدلات أسرع من المعتاد، فيحفز ذلك بالتبعية نشأة النجوم الجديدة بمعدلات أكبر من المعتاد، وهو أمر سنتعلم عن مثال آخر له بعد قليل.

على مسافة قريبة من مجرة الدوامة توجد مجرة مسييه 106، وهي كذلك مجرة حلزونية تقع في كوكبة السلوقيان، وتبعد عنا 25 مليون سنة ضوئية، لاحظ أننا حينما نتحدث عن المجرات نتحول إلى الحديث بملايين السنوات الضوئية وليس عشرات أو مئات أو آلاف. لا يُعرف حقًّا ما إذا كانت هذه المجرة عضوًا في أي مجموعة مجرات مثل مجرتنا (نتحدث عن تجمعات وعناقيد المجرات في الفصل العاشر) أم أنها تمضي في هذا الكون لتواجه الفضاء السرمدي وحدها تمامًا.

بالإضافة إلى أذرعها الحلزونية العادية، تمتلك مجرة مسييه 106 أذرع إضافية شاذة تشبه النفاثات، تظهر كخطوط مستقيمة من الغاز لا تتبع النمط الحلزوني النموذجي للمجرات من هذا النوع، يمكن لك بسهولة أن تلاحظها في صور المجرة، ويُعتقد أن هذه الأذرع الإضافية عبارة عن نفاثات من الغاز المنبعث من محيط الثقب الأسود الهائل المركزي للمجرة، ويبدو أنه لسبب ما ثقب أسود نشط.

على الجانب الآخر من جسم الدب الأكبر تجد المجرتان مسييه 81 (مجرة بودي) ومسييه 82 (مجرة السيجار)، ويشكلان معًا ثنائيًّا مدهشًا، سواء لتتعلم عنه أو تتأمله بهدوء ولأطول وقت ممكن في تلسكوب صغير. الأولى هي مجرة حلزونية تبعد عنا قرابة 12 مليون سنة ضوئية، وتبعد عن جارتها مسافة 150 ألف سنة ضوئية فقط، وهي مسافة صغيرة نسبية، تبتعد سحابة ماجلان الكبرى (وهي مجرة قزمة تتبع مجرتنا كما يتبع القمر الأرض) نفس المسافة تقريبًا عن مجرتنا، ولو كانت مجرة بحجم بودي أو السيجار على نفس المسافة منا لكان مشهد السماء مذهلًا لكل كائن في مجرتنا، إن كان موجودًا، حيث ستظهر المجرتان بلمعان يفوق أضعاف ألمع نجوم السماء (الشعرى اليمانية)، كما أنهما ستكونان بعرض عشرة أقمار!

هاتان المجرتان هما المهيمنتان على مجموعة صغيرة من المجرات لتصنعا مجموعة تشبه مجموعتنا المحلية، والتي تعيش فيها مجرتنا درب التبانة مع مجرة أضخم هي المرأة المسلسلة، إلى جانب عشرات المجرات الأصغر، والواقع أن مجرتنا تقترب بسرعة هائلة من المرأة المسلسلة، ويومًا ما خلال 4 مليار سنة ربما ستكونان على نفس المسافة تقريبًا بين الرفيقتين بودي والسيجار، حينما يحدث ذلك فإن كل مجرة من المجرتين المتقاربتين عادةً ما تؤثر عن طريق الجاذبية في سحب الغاز والغبار بالمجرة المقابلة، ما يتسبب في ثورة كيميائية تنشأ عنها ملايين النجوم الطفلة، وهذا ما يحدث حاليًّا في هذا الثنائي؛ مسييه 81 و82، لذلك تسمى هذه النوعية من المجرات «المجرات المتفجرة بالنجوم»، وبشكل خاص تنشأ النجوم الجديدة بمعدل يصل إلى عشرة نجوم جديدة كل عام في مركز مسييه 82، وتحدثت المستعرات الأعظمية بشكل متكرر بها وقد رصدت أحدها بشكل شخصي في يناير 2014، وتحدثت عنه في مقدمة الكتاب.

أي شيء يعكر صفو سحب الغاز الراكدة في المجرات يدفعها إلى تكوين نجوم جديدة، ذلك لأنه في الفضاء لا توجد جاذبية مثلما هو الأمر على الأرض، ولذلك فإن تراكم بعض من الغاز على بعضه يعطيه كتلة أكبر مقارنة بمحيطه، بما يدفعه إلى جذب المزيد من الغاز، وهكذا مع الوقت تستمر كرات الثلج في التضخم، ومن هنا تنشأ النجوم الجديدة. يشمل ذلك أشياء كثيرة سنتحدث عنها في أكثر من موضع بهذا الكتاب، مثل انفجارات النجوم والتي تصدر موجات صدمية تراكم الغاز على بعضه، أو إشعاع النجوم القريبة، أو قيام مجرة بامتصاص أخرى داخلها، أو تقارب المجرات فتؤثر كل منهما في الأخرى جذبويًّا، أو غيرها من المحفزات.

في سماء نائية جدًّا، يمكن أن ترى مسييه 81 بعينين مجردتين كغيمة خافتة، لكن يفضل دائمًا أن ترصد الثنائي بتلسكوب صغير، خاصة في الربيع، وهذا ممكن في مدينة مزدحمة، لكن بالطبع كلما خرجت إلى مكان أقل تلوثًا بالإضاءة كان أفضل بكثير.

أما مجرة مسييه 101 والشهيرة بلقب «مجرة دولاب الهواء» لأنها تقابلنا على الأرض بالوجه مباشرة وكأنها لعبة دولاب الهواء الدوارة في الملاهي، فتتواجد بالقرب من ذيل الدب الأكبر، وهي مجرة حلزونية تبعد عنا 21 مليون سنة ضوئية، وقطرها أكبر من مجرتنا درب التبانة بمقدار يقترب من الضعف، تمتلك هذه المجرة أهمية خاصة بالنسبة إلى هواة التصوير الفلكي، لأنها ذات منظر بهي مدهش وذات بنية واضحة مفصلة، ويمكن لك أن تراها في تلسكوب صغير بدرجة من الصعوبة.

تحوي هذه المجرة عددًا غير عادي من مناطق الهيدروجين II، وهي سحب عملاقة مكونة من غاز ساخن وفيها تنشأ النجوم الوليدة، سنتطرق إليها بتوسع في الفصل السادس فهي واحدة من معالم مجرتنا المدهشة. العديد من هذه المناطق في مسييه 101 ساطعة وكبيرة ومسكونة بالعديد من النجوم الشابة الساخنة شديدة السطوع لدرجة أنه يمكن رصدها بالتلسكوبات الأكبر، تسبب ذلك النشاط في لفت انتباه العلماء لدراسة هذه المجرة، خاصة وأنها تستخدم في دراسات مقياس المسافات في الكون، حيث تمتلك هذه المجرة عددًا من النجوم المتغيرة القيفاوية.

الفصل الثالث

كتاب الضوء الأكبر

في وادٍ من الحجر الجيري، وبعد ليلة قاسية سرد جون رونالد تولكين تفاصيلها في روايته الشهيرة «ملك الخواتم»، كان حصن هورنبرج على وشك السقوط في يدي ساروMان الذي أرسل جيشًا ضخمًا من مقاتلي الأوروك ورفاقهم من الدنلنديين، إلى أن جاء العون أخيرًا، ففي لحظة شروق الشمس أقبل جاندالف ومعه إركينبراند وألف جندي مشاة، وقفوا أعلى الوادي شديد الانحدار، ثم انهمروا كالسيل على جيش ساروMان، ومن خلفهم أشرقت الشمس بضوئها الساطع فأعمت أعين أعدائهم، وتحقق الانتصار لصحبة الخاتم.

لطالما مثل الضوء كل شيء له علاقة بالطيبة والأمل والشجاعة، يظهر ذلك في العوالم المعقدة التي تخلقها أبرع الروايات، وفي فلسفة أفلاطون مثلًا تجد أن الضوء يعبر عن المعرفة والحقيقة، بينما يرمز الظلام إلى الجهل والخطأ، أو ربما عبر الضوء عن الحياة، ففي واحدة من أشهر القطع الشعرية شهرة في سينما كريستوفر نولان يقول الشاعر الإنجليزي ديلان توماس: «لا تكن مهذبًا في تلك الليلة الفاصلة. على العجز أن يشتعل ويحتد في ختام اليوم؛ ثر، ثر ضد فناء الضوء»[1].

أما في الفيزياء الفلكية، فإن الأمر يختلف تمامًا، ويتعقد كليًّا، ولنبدأ من عام 1835 حينما قال الفيلسوف الفرنسي أوجست كومت: «بالنسبة إلى موضوع النجوم، يمكن أن نتصور طريقة للتعرف على أحجامها وألوانها وحركاتها، لكن تركيبها الكيميائي سيظل أمرًا عصيًّا على الدراسة». تصور صديقنا، مثل الكثيرين منا أن التعرف على تركيب النجوم سيتطلب أن

(1) ترجمة عبير الفقي.

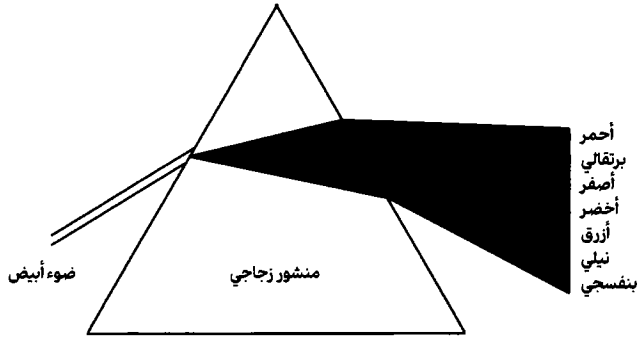
نحصل على عينات حقيقية منها، وهي بعيدة جدًّا كما تعرف، لكن كومت لم يدرك أننا بعد اقتباسه بفترة قصيرة نسبيًّا سنملك طريقة استثنائية لدراسة التركيبة الدقيقة لأبعد النجوم، فيما سيصبح بعد ذلك أهم أداة في علم الفلك المعاصر؛ التحليل الطيفي.

في الواقع، نحن نعرف الآن على سبيل المثال، أن 91.2% من الذرات الموجودة في الشمس هيدروجين، ونعرف أن الشمس وبقية النجوم تعمل عن طريق الاندماج النووي، ونعرف أن درجة حرارة الغاز الموجود في مركز مجرة السيجار تساوي 80 مليون درجة مئوية، وأن مجرة الدوامة تبتعد عنا بمعدل 460 كيلومترًا في الثانية، لكن كيف نعرف كل هذه المعلومات ونحن كما أشار كومت قبل قليل لن نسافر إلى هناك لأخذ عينات من تلك النجوم والمجرات؟!

حسنًا، لنبدأ من ألوان الطيف، رأيناها ونحن صغار وتعلمنا في المدرسة أن السبب في تكون قوس قزح في أثناء المطر هو أن الضوء القادم من الشمس يتألف أصلًا من عدة ألوان، وحينما يمر هذا الضوء عبر قطرات الماء في المطر فإن ذلك يتسبب في انكساره وتحلله لمكوناته من الألوان. أول من أشار بشكل علمي إلى هذه الظاهرة كان إسحاق نيوتن، وقبل ذلك كانت نظريات الضوء السائدة، والتي تأثرت بالفلاسفة مثل أرسطو ورينيه ديكارت تأملية إلى حد كبير، واعتقد الكثيرون وقتها أن الضوء الأبيض نقي تمامًا وأن الألوان في حالة قوس قزح أو عندما يتعرض منشور زجاجي للضوء تنتج لسبب آخر غير طبيعة الضوء نفسه.

كان نيوتن مدهوشًا بظاهرة قوس قزح وانكسار ضوء الشمس عبر المنشور الزجاجي أو غيره من الأدوات، والواقع أنه كان مدهوشًا بكل شيء تقريبًا، والدهشة إلى جانب التساؤل يمثلان نصف العلم كما أظن، وبسبب تلك الدهشة توصل نيوتن إلى أن الضوء ليس أبيض نقيًّا في الحقيقة، بل هو مكون من عدد من الألوان المندمجة معًا والتي تعطيه سمة الأبيض، الذي هو أشبه ما يكون بمجموعها معًا.

في تجاربه على المناشير الزجاجية والتي وثقها فيما بعد في كتابه «البصريات» الصادر عام 1704، أشار نيوتن إلى أن الضوء الأبيض حينما يدخل إلى المنشور يتشتت لأن كل لون من ألوان الضوء ينحني داخل المنشور بطريقة مختلفة عن سابقه، ما يضطرها جميعًا إلى الظهور كطيف مستمر من الأحمر إلى البنفسجي، وكأن لكل لون منها شخصية مختلفة عن اللون الآخر، تظهر عند التعرض لمادة المنشور.



ما هو الضوء؟

لكن قبل الخوض فيما هو آتٍ من فيزياء فلكية، نحتاج إلى أن نتوقف قليلًا ونتعرف على الضوء نفسه، والضوء ببساطة نوع من الإشعاع، تشعه الشمس ويشعه المصباح عند تشغيله، وهو ما يسمح لنا بأن نرى، فأنت ترى المصباح لأنه يشع ضوءًا، وترى الجدار والكرسي وهذا الكتاب لأن أشعة الضوء القادمة من المصباح انعكست على هذه الأشياء ومرت إلى عينيك، وترى نفسك في المرآة لنفس السبب، فالضوء سقط على وجهك وانعكس في المرآة إلى عينيك، قد تبدو تلك معلومة بديهية، لكن أول مَن توصل إليها كان أبو علي الحسن بن الحسن بن الهيثم البصري قبل أكثر من ألف سنة عبر تجربة نعرفها الآن باسم الحجرة المظلمة، وتمثل جهازًا بسيطًا مكونًا من صندوق أو غرفة مغلقة تمامًا، مع وجود ثقب صغير في أحد جدرانه. عندما يمر الضوء من خلال هذا الثقب، فإنه يسقط على السطح المقابل داخل الغرفة مكونًا صورة مقلوبة للأجسام الموجودة خارج الثقب.

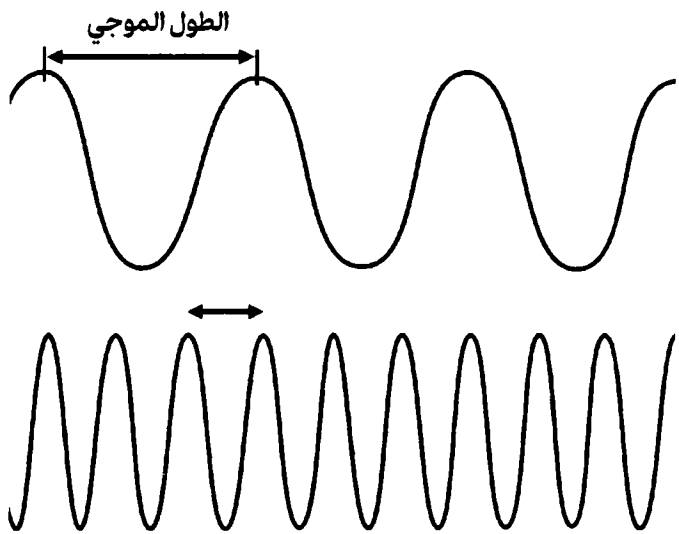
كان الحسن ابن الهيثم، والذي ينظر إليه باعتباره واحدًا من مؤسسي المنهجية العلمية، مراقبًا متشككًا لا تهمه إلا الحقائق، فيقول في مطلع مقالة «الشكوك على بطليموس» إن «الحق مطلوب لذاته، فليس يعني طالبه غير وجوده، ووجود الحق صعب، والطريق إليه وعر، والحقائق منغمسة في الشبهات».

ويقصد ابن الهيثم أن الحقيقة لا تطل برأسها إليك بسهولة، بل هي مراوغة وتتخفى بين الكثير من الاحتمالات والأخطاء وتحيزاتك الذاتية، وبالتالي فإنك بحاجة إلى الصرامة لتتبعها والبحث عنها، وأن تكون أدواتك في ذلك درجات من التشكك في عقلانية الطرح الملقى بها على الطاولة أمامك، مهما كان جميلًا أو جذابًا وأيًّا كان كاتبه، ويذكر أنه قال: "من الواجب على مَن يحقق في كتابات العلماء، إذا كان البحث عن الحقيقة هدفه هو، أن يستنكر جميع

ما يقرأه، ويستخدم عقله حتى النخاع لبحث تلك الأفكار من كل جانب. وعليه أن يتشكك في نتائج دراسته أيضًا؛ حتى يتجنب الوقوع في أي تحيُّز أو تساهُل".

ينتقل الضوء على شكل موجات، وهي تشبه الموجات التي تراها تتحرك عندما ترمي حجرًا في بركة أو تشبه موجات البحر التي تتوالى على الشاطئ، وتسمى بالموجات الكهرومغناطيسية[1].

وكما يمكن أن تلاحظ في أي موجة تعرفها، فإنها تمتلك قممًا وقيعان، ولأن لكل شيء أداة نقيسه بها، مثل طولك ووزنك وقوة سحب السيارة ودرجات الحرارة، فإن إحدى طرق قياس موجات الضوء تكون من خلال طولها الموجي، والذي يمثل المسافة بين قمتين متتاليتين للموجة. وتتوافق الأطوال الموجية المختلفة للضوء مع الألوان المختلفة، فكلما ازداد طول موجة الضوء سافرنا نحو اللون الأحمر، وكلما قصر سافرنا نحو البنفسجي.

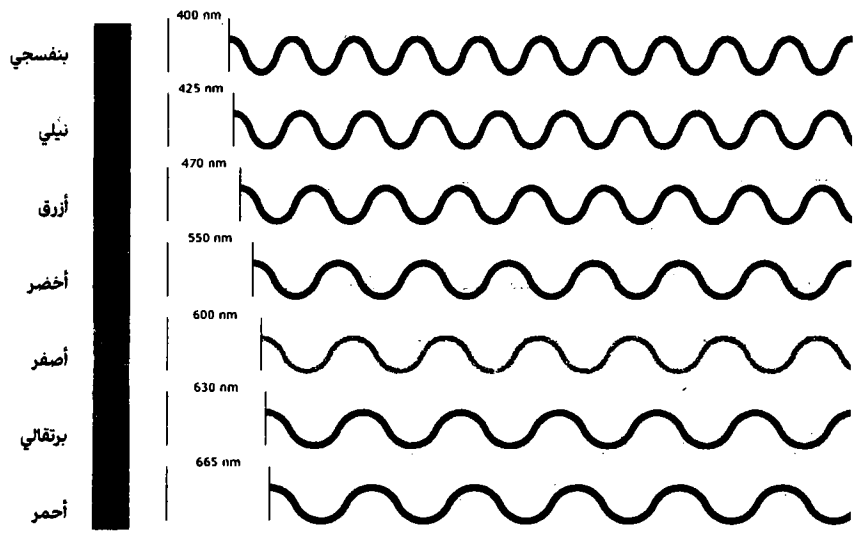


إذن لنتقدم خطوة إلى الأمام، حيث إننا في قادم حديثنا معًا سنستبدل «الأطوال الموجية» بـ «الألوان»، وهي نفس الشيء: وبدلًا من القول إن الضوء المرئي يتكون من طيف من ألوان سبعة، سنقول إنه يتكون من طيف من الأطوال الموجية التي تبدأ من 400 نانومتر تقريبًا إلى نحو 700 نانومتر (تأمل الشكل المرفق)، وهو رقم ضئيل جدًّا لدرجة أن سمك شعرة في رأسك يقع بين 80 إلى 100 ألف نانومتر، ما يعني أنه حتى أطول موجات الضوء تظل

(1) لأنها تحوي مجالات كهربائية ومغناطيسية تتأرجح (تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل) بشكل متعامد على بعضها بعضًا-ليس موضوعنا الآن.

صغيرة جدًّا جدًّا. لاحظ أننا في هذا الفصل نتحدث فقط عن «الضوء المرئي»، لأن هناك ضوءًا غير مرئي سنتحدث عنه في فصل آخر، وهو بالنسبة إلى علماء الفيزياء الفلكية يمتلك نفس الأهمية.

هذا الطيف من الألوان المتغيرة ما هو إلا تمثيل للتغير في الأطوال الموجية لموجات الضوء، كلمة طيف نفسها تعني مجالًا ممتدًّا بلا فواصل، فلا يقف الأحمر عند نقطة ما ويبدأ البرتقالي، ولكن يخف الأحمر بالتدريج ويظهر البرتقالي بالتدريج، وهكذا في كل ألوان خط الطيف، وبالتبعية فإن الطول الموجي يتغير بالتدريج.



(nm) تشير إلى النانومتر، وهو جزء من مليار جزء من المتر

اللون الذي نراه إذن ليس إلا نتيجة لكيفية تفسير أعيننا وأدمغتنا للأطوال الموجية المختلفة للضوء، حيث تحفز الأطوال الموجية المختلفة المخاريط الموجودة في أعيننا (الخلايا المستقبلة للضوء المسؤولة عن رؤية الألوان) بطرق مختلفة، والتي تفسرها أدمغتنا بعد ذلك على أنها ألوان مختلفة، والواقع أننا نرى الضوء أبيض لنفس السبب، فالخلايا العصبية حينما تُواجَه بأطوال موجية مختلفة تجمعها معًا في اللون الأبيض.

يتصرف الضوء أيضًا مثل تيار من الجسيمات الصغيرة تسمى الفوتونات، يحمل كل فوتون كمية محددة من الطاقة، وترتبط طاقة الفوتون بطول موجته، فالأطوال الموجية الأقصر (مثل الضوء البنفسجي) تحوي فوتونات أكثر نشاطًا من الأطوال الموجية الأطول (مثل الضوء

الأحمر)، ويتعلق ذلك بتعريف آخر مهم وهو التردد، والذي يمثل عدد الموجات التي تمر في الثانية الواحدة، أعرف أنك قد بدأت في اختبار قدر من الحيرة، لكن دعنا نضرب مثالًا للتقريب.

قارن بين نوعين من موجات البحر تضربان جسمك بعد أن نزلت إلى الماء، الموجات الأولى ذات قمم متباعدة، تضرب جسدك كل 20 ثانية مثلًا، أما الموجات الثانية فهي أقصر، قممها تضرب جسمك كل ثانيتين أو ثلاث مثلًا، قد تتحمل الموجات الأولى، لكن لا شك أنك ستشعر أن أثر الثانية أقوى بكثير وأنها ذات طاقة أعلى، وبعد قليل ستشعر بالإرهاق وربما الدوار من تتابع ضرب الموجات لجسدك، وتترك البحر وتخرج، هذا لأن تلك الموجات ذات تردد أعلى (عدد موجات في الثانية أعلى). هكذا الأمر في موجات الضوء، فكلما كانت أقصر عنى ذلك أن عدد الموجات التي تضربك منه في كل ثانية أكبر، ما يعني طاقة أعلى[1].

الخيميائي

ومن خصائص هذا الطيف الضوئي الذي تحدثنا عنه، أنه يتفاعل مع المادة، وهذا شيء عرفه البشر من قديم الزمان، حيث يمكن لك أن تغير لون النار مثلًا عبر إلقاء أنواع محددة من الأملاح بها وهو أمر طالما استخدم في الترفيه واعتمد عليه الدجالون والعرافون لإقناع زبائنهم بأنهم مقدمون على فعل شيء خارق للطبيعة. في روما القديمة على سبيل المثال، وصف بلينيوس الأكبر، عالم الطبيعة والفيلسوف الروماني، استخدام الأملاح في كتابه «التاريخ الطبيعي»، وأشار إلى أن بعض المعادن يمكن أن تغير لون النيران، وخلال العصور الوسطى، كانت الخيمياء (الكيمياء القديمة) ممارسة شائعة، وكثيرًا ما كان ممارسوها يجربون مواد مختلفة لإنتاج لهب ملون، مثل إضافة أملاح النحاس إلى النار لإنتاج لهب أزرق إلى أخضر،

(1) الخلاصة: طول موجي أعلى، يعني ترددًا أكبر، يعني طاقة أكبر، والعكس صحيح، ولكن كيف يجمع الضوء بين سمتين مختلفتين إلى هذا الحد، أي أن يكون ذا طبيعة مزدوجة يتصرف كموجة وجسيم؟ يحتاج ذلك إلى الدخول بعمق أكبر إلى ميكانيكا الكم، وليس ذلك موضوعنا، لذلك تخيل -فقط لغرض التقريب لأن الواقع يختلف عن ذلك تمامًا- أن الضوء هو فتاة تدعى نورا، في جانب من شخصيتها فإن نورا تشتهر بحركات رقصها السلِسة والمتدفقة (الضوء كموجة)، تحب ماتيلدا الرقص رفيقاتها في فرقة الفنون الشعبية، وتصنع أنماطًا جميلة في حلبة الرقص (خصائص الضوء الموجية)، لكن لنورا شخصية أخرى لا تظهر لنا على حلبة الرقص، إنها نورا الحازمة الدقيقة، فيمكنها إصابة الهدف بدقة في لعبة النبالة (الضوء كفوتونات)، تضرب نورا السهم بقوة، وتتخذ قرارات واضحة ومباشرة وثابتة (خصائص الضوء كجسيمات)، تجعلك هذه السمات في بعض الأحيان تتصور أنهما شخصان مختلفان، لكنهما في الحقيقة نفس الشخص، إلا أن استجابته تختلف بحسب التجربة التي يوضع فيها، ولو دققت قليلًا لوجدت أن هناك مزيجًا مدهشًا بين نورا الراقصة ونورا ضاربة السهام. الضوء كذلك، يظهر بصفته الموجية في بعض التجارب وبصفته الجسيمية في أخرى، لكنه في النهاية مزيج لا نفهمه بشكل كامل بعد لكليهما.

كما كان من المعروف أن مركبات الصوديوم (مثل كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام) تنتج لهبًا أصفر ساطعًا إن احترقت.

وبين القرنين الخامس عشر والسابع عشر، بدأ السحرة والكيميائيون في توثيق تجاربهم، وأصبح فهم ألوان اللهب أكثر تعقيدًا. ففي كتاب «في الفلسفة الخفية»، وبينما كان يتحدث عن التعويذات والاستدعاءات وقوة الكلمات والرموز والطقوس السحرية، كتب الساحر الألماني هاينريش كورنيليوس أجريبا عن استخدام اللهب الملون في الاحتفالات السحرية. وبحلول القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، أصبح استخدام اللهب الملون شائعًا في الألعاب النارية والعروض المسرحية. وعلى سبيل المثال استخدم هاري هوديني مركبات الكالسيوم لإنتاج ألوان مكثفة في أثناء عروضهم، مما أضاف لمسة درامية أذهلت الجماهير. كان هوديني أستاذًا هنغاريًّا أمريكيًّا في فن الوهم، وإلى جانب ذلك فقد كان ممثلًا ومخرج أفلام.

لكن كل ذلك قد زال أثره مع تطور الفيزياء والكيمياء، وبتنا حديثًا نعرف أن المعادن المختلفة تحترق بألوان مختلفة، ومن المثير لانتباهي دائمًا كيف أن العلم بالصورة التي نعرفها اليوم، نبع في جانب منه من أصول خرافية، فهؤلاء الذين نقبوا العالم من حولهم بحثًا عن أسرار تلك المركبات السحرية وصلوا في النهاية إلى الأسس علمية تساعدهم في تصنيع تلك المركبات.

والواقع أن تفاعل الضوء مع المادة هو أمر نختبره يوميًّا، فإذا كنت ترتدي قميصًا أحمر على السبيل المثال فذلك لأن المادة الكيميائية التي صبغ بها هذا القميص مصممة لكي تمتص كل أطياف الضوء ما عدا الأحمر، ما يعني أن قميصك أحمر لأنه يعكس فقط الأحمر إلى العالم ولذلك نراه نحن أحمر، ولذا فإنه في الصيف يُنصح الناس دائمًا بلبس القمصان البيضاء الخفيفة لأنها تعكس كل أطياف الضوء، وبالتالي تخفف عنك أثر الحرارة، أما الأسفلت فهو أسود لأنه يتكون من مادة كيميائية تمتص جميع ألوان الضوء المرئي بشكل جيد للغاية. حينما يمتص الأسفلت (أو القميص الأسود) ضوء الشمس يسخن بسرعة تحت أشعة الشمس المباشرة لأن الكثير من هذا الضوء يتحول إلى طاقة حرارية (والضوء نفسه ليس إلا صورة من صور الطاقة).

ما سبق يعني أن الضوء يتفاعل مع بعض من أشكال وصور المادة، ولكن ماذا عن الضوء الصادر من أبعد النجوم؟ ألا يمكن أن يحدث شيء شبيه حينما ينطلق شعاع الضوء من نجم عملاق أو مجرة بعيدة إلى الأرض، ويتفاعل مع شيء ما في طريقه، ويتسبب ذلك في تغير بعض من خصائص تلك الأجرام بوتيرة يمكن أن نرصدها؟

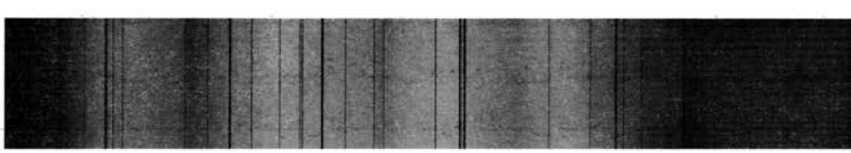
أطياف الضوء

الإجابة المختصرة عن هذا السؤال هي «نعم»، لكن لفهم كيف حصل ذلك دعنا نرجع بالزمن مرة أخرى، هذه المرة إلى عام 1802، مرت قرابة مئة عام على تجربة نيوتن والعلماء الآن يحبون اللعب بالمناشير الزجاجية أكثر من أي وقت مضى.

في هذا التاريخ تمكن وليام هايد ولاستون الفيزيائي والكيميائي الانجليزي من تحسين المناشير الزجاجية المستخدمة لالتقاط ضوء الشمس وتحليله إلى طيف ملون، ومن ثم جاء جوزيف فون فراونهوفر الفيزيائي وعالم البصريات الألماني بعدها بأكثر قليلًا من عقد من الزمن ليضيف ما يسمى بمحزز الحيود إلى أدوات تحليل الضوء إلى طيف من الألوان[1]، أضاف ذلك درجة كبيرة من الدقة والتفصيل في طيف الضوء الناتج، إنه لا يزال طيف يتكون من مجموعة من الألوان التي هي ألوان قوس قزح المعروفة، لكنه بات أوضح وأكبر وأكثر تفصيلًا.

وبعيدًا عن كل التعقيد الذي تشتمل عليه هذه الآلية، فقط فكر في هذا الجهاز الجديد (الذي بات يعرف باسم المطياف أو مرسام الطيف)[2] على أنه التطور الطبيعي للمناشير الزجاجية، النسخة الأفضل منها بفارق كبير في تحليل الضوء إلى مكوناته من الألوان.

مع تحليل الضوء إلى مكوناته بات واضحًا لكل من ولاستون وفراونهوفر أن هناك شيئًا غريبًا جدًّا يحدث، حيث ظهرت فجوات طولية واضحة في كل طيف الشمس تقريبًا، بدت وكأنها مجموعة من الخطوط المظلمة بين الألوان، وهي ما نعرفه الآن باسم خطوط فراونهوفر، تمكن الرجل من دراسة أكثر من 570 خطًّا في طيف الشمس ومن ثم انطلق لدراسة نفس الخطوط التي ظهرت في أطياف النجوم.



بعد ذلك وفي الخمسينيات والستينيات من نفس القرن تمكن الألمانيان جوستاف كيرشوف وروبرت بنزن من دراسة تفاعل الضوء مع المادة بشكل أدق، واكتشفا طبيعة تلك الخطوط، فكل عنصر كيميائي ينتج مجموعة فريدة من الخطوط، في أماكن محددة من طيف الضوء،

(1) مكون بصري يقسم الضوء ويحيده إلى عدد كبير من الحزم مقارنة بالمنشور الزجاجي.

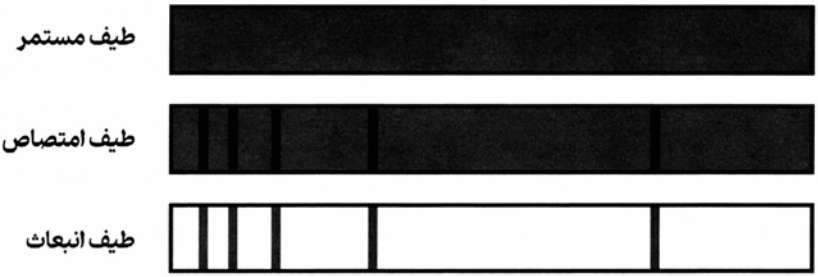
(2) وهما اصطلاحان مختلفان لكنهما رغم ذلك يستخدمان للتعبير عن نفس المعنى في بعض الأحيان.

تشبه تلك التي رصدها ولاستون وفراونهوفر. أثبت صديقانا أنه يمكن استخدام هذه الخطوط التي تحدد طبيعة العناصر الكيميائية في المختبر، في تحديد تركيبة الأجرام الفلكية، وقد وضع هذا الاكتشاف الأساس لعلم التحليل الطيفي واستخدامه في الفلك.

الفرضية الأساسية للتحليل الطيفي إذن هي ببساطة: المواد الكيميائية المختلفة تتفاعل مع قطع مختلفة من ألوان طيف الضوء وتترك ما يشبه البصمة على هذا الطيف فتحوله إلى «باركود» يحتاج إلى فك التشفير ومن ثم يمكن أن نستخدم هذا الطيف لمعرفة تركيب شيء ما دون الحاجة إلى أخذ عينات منه بشكل مباشر، حتى لو كان شيئًا بعيدًا جدًّا مثل النجوم، على عكس ما ظن كومت بالضبط، في أول هذا الفصل.

في هذا السياق، تمكن العلماء التالين من تحديد 3 أنواع من الأطياف التي يمكن أن تظهر في أجهزة رصد الطيف وقياسه ورسمه، أولها هو «الطيف المستمر»: أحضِر مصباحًا يشع ضوءًا، وعرضه للمطياف، ستكون النتيجة أن ينكسر الضوء الأبيض ويتحلل إلى طيف ملون مستمر بلا خطوط أو فجوات كالتي رآها فراونهوفر ورفاقه، هذا هو ضوء طبيعي لم يتعرض لأي شيء في طريقه.

أما الثاني فهو «طيف الامتصاص»، أحضر نفس المصباح لكن ضع بينه وبين المطياف كمية من الغاز البارد المراد دراسته، ما أن يمر الضوء على الغاز حتى تتفاعل مادة الغاز معه، وتقوم عناصر الغاز بترك خطوط امتصاص واضحة في الطيف الواصل لك، هذه الخطوط أشبه ببصمات كما أسلفت، فكل عنصر له خط أو خطوط امتصاص محددة في أماكن محددة على الطيف، نعرف ذلك لأننا أقمنا تجارب على الأرض لرصد أماكن وجود تلك الخطوط في طيف الضوء، ولأن الهيدروجين هنا على الأرض هو نفسه هيدروجين النجوم، والهيليوم هنا على الأرض هو نفسه هيليوم النجوم، ويجري ذلك على كل ما نعرفه من عناصر، فإن ذلك يعني أنك حينما تلاحظ خطوط امتصاص من الطيف الصادر من الشمس أو من أي نجم في السماء، فيمكنك تحديد من أي العناصر يتركب، لأن تلك العناصر وُجِدت في غلاف النجم (أو الشمس) الغازي، والذي مر عليه شعاع الضوء في طريقه إلينا.



أما الثالث فهو «طيف الانبعاث»، وينتج عند إشعاع الغاز نفسه للضوء ثم حللتُ هذا الضوء طيفيًّا، هنا لن يكون هناك طيف مع فجوات أو خطوط تقطعه، بل خطوط منيرة فقط تعبر عن عنصر كيميائي بعينه يمثل مكونات هذه السحابة الصغيرة من الغاز، فمثلًا إذا أحرقت مادة ما لا تعرف تركيبها ثم التقطتَ الضوء الصادر منها وحللته، ستحصل على خطوط انبعاث تعطيك فكرة عن تركيبها، السحب السديمية تفعل الشيء نفسه، حيث تشع بخطوط انبعاث مميزة، ولذا يمكن لنا على الأرض أن نعرف تركيبها[1].

الآن نحن في مواجهة الفيزياء الفلكية كما يمارسها العلماء[2]، فبحلول نهاية القرن السابع عشر، أي بعد مئة عام تقريبًا مما أنجزه ولاستون تمكن يوهان بالمر، الرياضياتي السويسري، من استخراج العلاقة الرياضية التي توضح الخطوط الطيفية للهيدروجين، فيما عرف باسم سلسلة بالمر، ثم قام يوهانس ريدبيرج الفيزيائي السويدي بتعميم عمل بالمر لإنشاء صيغة يمكنها وصف الخطوط الطيفية للعناصر المختلفة، الأمر الذي فتح الباب لفهم خطوط الطيف بدرجة أدق، فالآن لديك معادلات دقيقة يمكنها التنبؤ بأن هذه الخطوط تتبع عنصرًا ما وتلك الخطوط تتبع عنصرًا آخر، فكأنها شفرة مكتوبة بلغة التفاعلات بين الضوء والمادة على المستوى الذري، وكانت هذه المعادلات هي مفتاح فك تلك الشفرة، وبالتالي أصبحنا على دراية بما تحويه النجوم من عناصر، لكن الأمر لا يتوقف عند هذا الحد، بل ذلك هو فقط درجة على سلم طويل أوصلنا إلى بيانات دقيقة جدًّا عن النجوم البعيدة بلا حاجة إلى السفر إلى هناك، نتعلم عنها في الفصول القادمة.

---

(1) يستخدم التحليل الطيفي أيضًا في مجموعة واسعة من المجالات خارج علم الفلك، بما في ذلك علوم المواد وعلوم الأرض والطب والطب الشرعي وسلامة الأغذية، والسبب هو قدرته على إعطاء معرفة عن طبيعة المادة من دون الحاجة إلى أخذ عينة منها.

(2) في الواقع، هذا هو تاريخ الفيزياء الفلكية.

الفصل الرابع

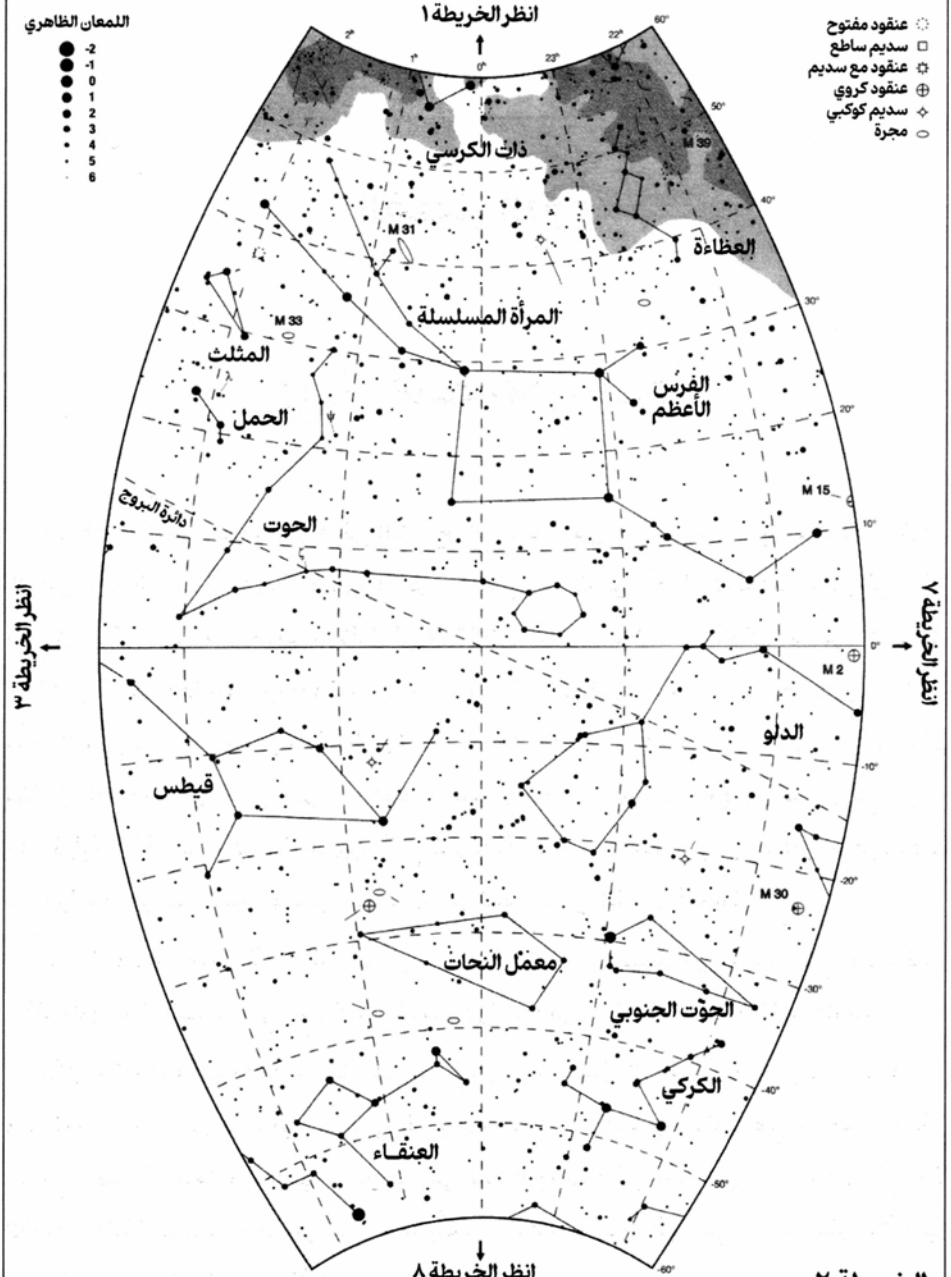
رجال اسمهم سعد

في قادم الأيام، حينما تخرج إلى الشارع لأي سبب، جرب أن تمسك بيديك بعضًا من تراب الأرض، ذلك التراب العادي الرمادي الداكن أو البني، حركه بين أصابعك لمدة خمس إلى عشر ثوانٍ إن أمكن، استشعر ملمسه وتأمل لونه. ككائن بشري يعيش على كوكب الأرض، لا بد أنك معتاد جدًّا على هذا الأمر وربما تتعجب من طلبي أو تتهمني بالجنون، لكن جرب أن تفعل ما قلته لك للتو وأنت تعرف أن هذا الكون لا يتكون من تراب، بل بالأساس من مجرات، والمجرات تتكون بالأساس من نجوم، وتركيب هذه النجوم في الغالب هو هيدروجين وهيليوم، في الواقع فإن قرابة 99% من مادة هذا الكون (التي نعرفها) تتكون من هيدروجين وهيليوم، نعرف ذلك من دراسة أطياف النجوم والمجرات، وهو أمر تعلمناه في الفصل السابق.

هذه الحفنة الصغيرة من التراب في يديك، تلك التي تتأملها بهدوء ويُسر، هي شيء نادر جدًّا، مثلها مثل الحياة التي تعد كذلك شيئًا نادرًا جدًّا في هذا الكون، فقط تأمل قليلًا.

الآن تركنا قمة البرتقالة السماوية، ونحتاج إلى أن ندخل إلى قشرة الفصوص، ومنها في هذا الكتاب ست، كل منها يبدأ بأقصى الشمال وصولًا إلى أقصى الجنوب في مناطق لا يمكن لنا في مصر أو العالم العربي رؤيتها، وفي هذا الجانب الذي تراه من السماء الآن في هذا الفصل فإننا لا شك نتحدث عن الخريف، وأهم مميزاته بالنسبة إلينا في نصف الكرة الأرضية الشمالي هي كوكبة الفرس الأعظم.

الفرس الأعظم من الكوكبات المميزة في سماء الليل، توجد قريبة من خط الاستواء السماوي شمالًا، وبالتالي يمكن رؤيتها جيدًا من دول مثل أستراليا جنوبًا أو حتى نيوزيلندا، ولكن


انظر الخريطة ١
انظر الخريطة ٣
انظر الخريطة ٧
انظر الخريطة ٨
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
ذات الكرسي
M 39
العظاءة
M 31
المرأة المسلسلة
M 33
المثلث
الفرس الأعظم
الحمل
دائرة البروج
الحوت
M 15
M 2
الدلو
قيطس
M 30
معمل النحات
الحوت الجنوبي
الكركي
العنقاء
الخريطة ٢

«المرأة المسلسلة» وهي الكوكبة التي ترتبط بها من الأعلى يسارًا، تكون دائمًا منخفضة جدًّا من البلدان الجنوبية. أما بالنسبة إلينا في نصف الكرة الأرضية الشمالي فيمكن بوضوح أن نرى هاتين الكوكبتين بالأعلى فوقنا تمامًا، إلى جوارهما تتضح لنا كوكبات خافتة نسبيًّا مثل الحمل والحوت والدلو، وكما تلاحظ فإنها من كوكبات دائرة البروج.

لكن كوكبات مثل العنقاء والكركي والحوت الجنوبي ومعمل النحات تبدو لنا بعيدة قريبة من الأفق الجنوبي، وبالنسبة إليهم تظهر في أعلى السماء. باختلاف مكانك على الكوكب (من الشمال للجنوب) سترى دائمًا نجومًا مختلفة، وحتى الرفاق في السودان مثلًا سيرون الكوكبات السالف ذكرها بشكل أوضح منا، لكنهم سيشاركوننا في الغالبية العظمى من نجوم السماء لأنهم قريبين منا.

نجوم الفرس

حينما نود التحدث عن الفرس الأعظم فربما تجدر الإشارة إلى أن سماء الليل التي تشاهدها كل يوم تحوي 10 نجوم تحمل اسم شخص عربي واحد فقط، إنه «سعد»!

تقول الحكاية إنه كان أحد أمراء البادية الذي يدعى سعد قرر السفر مع جمع من رجاله خلال منتصف إلى أواخر فصل الشتاء. قبل السفر قدم والده قائلًا: «إذا هبت الرياح الجنوبية واضطرب الجو وحل البرد الشديد والمطر الغزير فاذبح ناقتك، ويذبح من معك أيضًا، واتخذ وجماعتك من جلود النياق مأوى تأوون إليه ومن لحمها طعامًا لكم».

بعد أن قطع بطل القصة نصف الطريق، تغير الجو بشكل مفاجئ وأصبح باردًا جدًّا وهطلت الأمطار والثلوج بغزارة، هنا تذكر سعد أن يذبح ناقته التي يملكها بحسب ما قال والده، ثم يحتمي بأحشائها من شدة البرد ومن هنا جاء اسم «سعد الذابح».

بعد أيام، شعر سعد بالجوع ولم يكن أمامه إلا أن يأكل من لحم الناقة، وبذلك أصبح «سعد بلع». وبعد أن انتهت البرودة والمطر وأشرقت الشمس فرح سعد واحتفل بنجاته فأصبح «سعد السعود»، بعد ذلك قام سعد بصناعة معطف من وبر الناقة وأخذ من لحم الناقة المتبقي في جعبته، خوفًا من أن تأتي موجة الطقس القاسي مرة أخرى، وسمي بذلك «سعد الخبايا».

السعود الأربعة التي سبق ذكرها هي الأشهر بين الناس، وهي تمثل طريقة استخدموها قديمًا لتلخيص قرابة 50 يومًا من الطقس المتقلب بين الشتاء والخريف، وكانت تلك الحكايات وسيلة لنقل المعارف بين الناس، في وقت لم تكن فيه نشرات الأخبار وقسم الطقس بها شيء طبيعي، وربما لو سافرت في الزمن وحدثت أحدهم عن تطبيق على الهاتف الذكي يطلعك على تطورات الطقس لطلب منك أن تنتظر قليلًا، ثم عاد إليك بجمع من الناس الذين يقولون إنك

تمتلك بلورة سحرية تكشف لك الأسرار، وقد يطبقون عليك قوانين السحرة، والتي اقتضت في بعض الأحيان بقتل الساحر للتخلص من شرة.

إلا أن سماء الليل بها 10 سعود، أربعة منها لها علاقة بالمواسم المناخية تحدثنا عنها، وستة ليست كذلك، وهذه الستة هي سعد ملك وسعد مطر وسعد الهمام وسعد البهام (سميت كذلك سعد النهى وسعد البهائم) وسعد بارع وسعد ناشرة، وفي كوكبة الفرس يمكن أن تجد بعضًا من النجوم التي ترتبط باسم سعد، وهي سعد الهمام Homam وسعد البارع Sadalbari وسعد البهام Biham وسعد مطر Matar، ويظهر كل من هذه النجوم في شكل ثنائي مميز يضم النجم الأساسي وإلى جواره نجم خافت.

جزء من النجوم العشرة يوجد في كوكبة الجدي، والتي لا تظهر في هذه الخريطة، حيث يوجد نجم الذابح Dabih، ويشير نجم الشاة Alshat، إلى الشاة التي ذبحها سعد. نجم آخر هو الناشرة Nashira والذي يشير إلى سعد الناشرة، أما في كوكبة الدلو، والتي يظهر جانب منها في هذه الخريطة، فيمكن أن تلاحظ أربعة أسماء للنجوم متعلقة بحكاية سعد، وهي سعد بلع Albali وسعد السعود Sadalsuud وسعد ملك Sadalmelik وسعد الأخبية Sadachbia. شيء غريب حقًّا أن يمتلك سعد كل هذه النجوم في أطالسنا المعاصرة، والسبب أوضحته في الفصل الثاني[1].

أهم نجوم كوكبة الفرس الأعظم يمثلون مربعًا واضحًا جدًّا في السماء، وكل أسمائه عربية لكن بعضها محرف مثل الساعد Scheat، وسرة الفرس Alpheratz، والمنكب Merkab، ونجم الجنب Algenib، وعلى مسافة منهم تجد أنف الفرس Enif، الاسم الذي بقي عربيًّا واضحًا.

نجم المنكب عملاق أزرق-أبيض، يوجد الآن في مرحلة أكثر تقدمًا من التطور النجمي، بعد أن استنفد الهيدروجين في قلبه وبدأ للتو في التضخم إلى نجم عملاق أحمر لكنه لم يصل إلى هناك بعد، إنه يشيخ مثلنا. وعلى الرغم من ذلك، فهو لا يزال صغيرًا نسبيًّا، حيث يقدر عمره بـ 200 مليون عام تقريبًا. يُقدَّر أن المنكب واحد من النجوم التي تدور حول نفسها بسرعة (بسرعة 130 كيلومترًا في الثانية)، يشبه ذلك أن تسافر مثلًا من الإسكندرية في مصر إلى أسوان في قرابة 6 ثوانٍ، تلك المسافة التي تحتاج إلى قطار يأخذ 14 ساعة لقطعها.

سرة الفرس، على الجانب الآخر، هو ألمع نجم في كوكبة المرأة المسلسلة، التي تشتبك عنده مع كوكبة الفرس الأعظم، ويقع النجم على بعد قرابة مئة سنة ضوئية من الأرض، وهو

(1) تجد النجوم العشرة بوضوح في الأطلس الكبير المرفق بالكتاب، في الخرائط 2 و3 و27.

أيضًا نجم أبيض إلى أزرق ساخن مصنف كشبه عملاق، ومثل سابقه يعد في مراحل شبابه الأخيرة، يتجهز للانتقال إلى عملاق أحمر، ولهذا النجم خواص مثيرة لانتباه العلماء، حيث يمتلك تركيبة كيميائية غير عادية، تتمثل في مستويات عالية بشكل غير عادي من الزئبق والمنجنيز وعناصر أخرى مثل الجاليوم والزينون والإيتربيوم.

ويُصنف نجم سرة الفرس حاليًّا على أنه «نجم زئبقي منجنيزي» (HgMn)، هذه النجوم نادرة نسبيًّا وتنتمي إلى مجموعة فرعية من النجوم الغريبة كيميائيًّا والتي تكشف أطيافها عن عناصر غير معتادة بتركيزات غير معتادة (تصل إلى مئة ألف مرة أكبر من تلك الموجودة في الشمس مثلًا)، ويُعتقد أن شذوذ هذه النجوم الكيميائي ينشأ من المجالات المغناطيسية الضعيفة والدوران البطيء إلى جانب عدة أسباب أخرى لا تزال موضع دراسة.

إذا نظرت إلى النجوم الأربعة في مربع الفرس الأعظم واحدًا تلو الآخر، باستخدام المنظار أو حتى بالعين المجردة، فسوف تلاحظ شيئًا مع بعض التدقيق، ففي حين أن ثلاثة من النجوم بيضاء إلى زرقاء، فإن النجم الرابع -الساعد- برتقالي اللون بشكل واضح، ذلك لأنه نجم عملاق أحمر، ما يعني أنه سبق سرة الفرس والساعد في تطوره، ويومًا ما سيتحول إلى سديم ملون تاركًا بقاياه (قزم أبيض) في مركزه.

مثل العديد من العمالقة الحمراء، فإن الساعد نجم متغير، يتغير لمعانه الظاهري بين 2.3-2.9 في دورة مدتها قرابة 38 يومًا. النجوم المتغيرة حصلت على اسمها من تغير واضح في لمعانها نلاحظه نحن البشر في السماء، وقد أشرت إليها من قبل، لكن حان الوقت للتوسع قليلًا فيها.

صاحب الذيل الطويل

على اليسار قليلًا في كوكبة قيطس يوجد نجم متغير آخر لافت للانتباه، وهو «ميرا» Mira أو النجم الأعجوبة، حاول أن تبحث عن هذا النجم وتتأمله بعينيك، فإن له صفات مدهشة حقًّا، حيث يسافر هذا النجم بسرعة تفوق سرعة الصوت ويترك ذيلًا متوهجًا خلفه منذ 30 ألف عام على الأقل.

حينما عرفت ذلك للمرة الأولى تعجبت حقًّا، هناك نجم يمكن أن أراه في السماء، له ذيل مثل المذنب بالضبط، لكن المقياس هنا أكبر بفارق هائل، النجم نفسه أكبر قليلًا من الشمس في الكتلة لكن مع حجم هائل جدًّا لأنه عملاق أحمر، أما الذيل فبطول مذهل يبلغ 13 سنة ضوئية، يعني ذلك أن هذا النجم لو كان في موضع الشمس لتخطى مدار المريخ من شدة حجمه، أما ذيله فسيمتد، ليس فقط داخل مجموعتنا الشمسية، بل لمسافة 13 إلى 17 مجموعة شمسية

كاملة مثل تلك التي نسكن فيها! يمكن رصد هذا الذيل بشكل محدد في نطاق الأشعة فوق البنفسجية (راجع الفصل التاسع)، في الصورة المرفقة تجد ميرا وذيله الطويل، تم التقاطها بواسطة مسبار جاليكس التابع لناسا، ويلتقط الصور في نطاق الأشعة فوق البنفسجية.

لمَ تكوَّن هذا الذيل الهائل للنجم؟ يجري ميرا بسرعة تقترب من نصف مليون كيلومتر في الساعة، وفي تلك الأثناء يفقد كتلته بمعدل سريع، فيطرد الغاز والغبار إلى الفضاء في أثناء تحركه، هذا الذيل عبارة عن تيار من غاز الهيدروجين تم ضخه من النجم على مدى ملايين السنين. لكن لمَ يمكن أن يهرب نجم بسرعة كبيرة إلى هذا الحد؟

في الواقع، هذه ليست سرعة كبيرة، بل متوسطة، لكن في أغسطس 2024 تمكن مجموعة من المواطنين العلماء[1] من الكشف عن نجم يتحرك بسرعة هائلة (مليون ونصف كيلومتر في الثانية)، لدرجة أنه سيهرب من جاذبية مجرة درب التبانة في مرحلة ما، وينطلق إلى الفضاء بين المجرات، سمي هذا النجم «سي وايز جي 1249». ولم يتمكن العلماء إلى الآن من تبيان طبيعة هذا الجرم، لكنه قد يكون نجمًا منخفضَ الكتلة، أو قزمًا بنيًّا.

لا يعرف العلماء بعد لماذا ينطلق سي وايز جي 1249 بهذه السرعة الشديدة، حينما قرأت عن الدراسة لأول مرة سألت نفسي لم يفكر هذا النجم في الهروب من المجرة الآن، هل أغضبه أحدهم أم أن الإحباط المنتشر في كل مكان وفقدان المعنى في الحياة قد دفعاه لاتخاذ هذا القرار؟ لكن يبدو أن ذلك ليس السبب، حيث يفترض فريق من الباحثين أن هذا النجم كان جزءًا من نظام ثنائي، حيث يدور نجمان حول بعضهما بعضًا، وحينما انفجر أحدهما كمستعر أعظم انطلق الآخر في الفضاء بسبب الموجة الضاغطة للانفجار.

سحر التغير

إلا أن سبب شهرة ميرا لا يتعلق تحديدًا بسرعته، بل بتغيره. اكتشف الفلكي الألماني ديفيد فابريسيوس هذا النجم عام 1596، ولاحظ أنه نجم متغير دوري، وهذا يعني أنه يغير لمعانه وفقًا لجدول زمني منتظم، وفي حالة ميرا تستغرق دورة لمعانه 332 يومًا. ويحدث التغير لأن جسد النجم يتمدد وينكمش على مدى تلك الفترة، ولعدة أشهر يكون لامعًا بدرجة كافية لرؤيته بالعين المجردة، ولكن بعد ذلك يخفت من سطوعه السابق ليصبح غير مرئي، ثم بعد فترة يعود مجددًا، وهكذا تستمر الدورة.

ولأنه يبدو وكأنه يضيء وينطفئ، فقد أُطلق عليه اسم ميرا (اللاتينية تعني الأعجوبة)، في كل عام تصدر أخبار من الجمعيات والمجلات الفلكية عن النجم الأعجوبة، تابعه وتأمله بعينين مجردتين وتلسكوب صغير.

كان ميرا هو أول نجم تم تصنيفه كمتغير، وكان هذا اكتشافًا مهمًّا، لأنه ساعد في التأكيد على أن النجوم ليست أبدية وثابتة كما اعتقد الفلاسفة القدماء مثل أرسطو، وهو أمر مهد الطريق لتطوير علم الفلك. في عام 1669، تم التعرف على نجم متغير ثانٍ بواسطة جيمينيانو مونتاناري وكان فلكيًّا إيطاليًّا وصانع عدسات، كان هذا النجم يُدعى «الغول» Algol في كوكبة حامل رأس الغول، وسمي كذلك لأنه كالوحش في السماء الذي «يغمز» عبر عينيه لأهل الأرض حينما ينخفض لمعانه ويعود من جديد كل عدة أيام.

(1) المواطن العالم هو لقب يطلق على هواة الفلك الذين يشاركون العلماء في البحث العلمي.

وُلِد مونتاناري في إيطاليا عام 1633، درس القانون في البداية كطالب، لكن شغفه بالرياضيات وعلم الفلك دفعه إلى التحول نحو العلوم، وانخرط بشكل عميق في المجتمع العلمي، وتواصل مع كبار المفكرين في عصره.

مثل الحسن ابن الهيثم، والعديد من العلماء الكبار، كان مونتاناري مراقبًا فلكيًّا متشككًا ودقيقًا للغاية، بمعنى أنه تبنى نهجًا عقلانيًّا، وغالبًا ما كان يشكك في الأفكار المقبولة ويطالب بالأدلة التجريبية قبل استخلاص النتائج، ويخشى من أن تتحيز ذواتنا أو حواسنا لإجابة بعينها، بينما هي مجرد إجابة خاطئة. ومن الأمثلة الشهيرة على شكوكه دحض فكرة أن الظواهر الفلكية (مثل مواقع الكواكب) تؤثر على الأحداث على الأرض، ولتأكيد ذلك سجل بدقة مواقع الكواكب وقارنها بالأحداث التاريخية، ولم يجد أي ارتباط، وبالتالي تحدى الاعتقاد السائد في التنجيم، الذي يظل البعض يؤمن بصحته حتى اليوم!

رصد النجم المتغير الثالث وهو «خي الدجاجة»، بين عامي 1686 و1704، وعلى مدار الثمانين عامًا التالية تم تحديد سبعة نجوم متغيرة أخرى. اعتبارًا من عام 2008، تم إدراج أكثر من 46000 نجم متغير في مجرة درب التبانة في الكتالوج العام للنجوم المتغيرة، ارتفع هذا الرقم الآن إلى عدة مئات من الآلاف.

دليل قصير ودسم ويتطلب بعض الصبر للنجوم المتغيرة

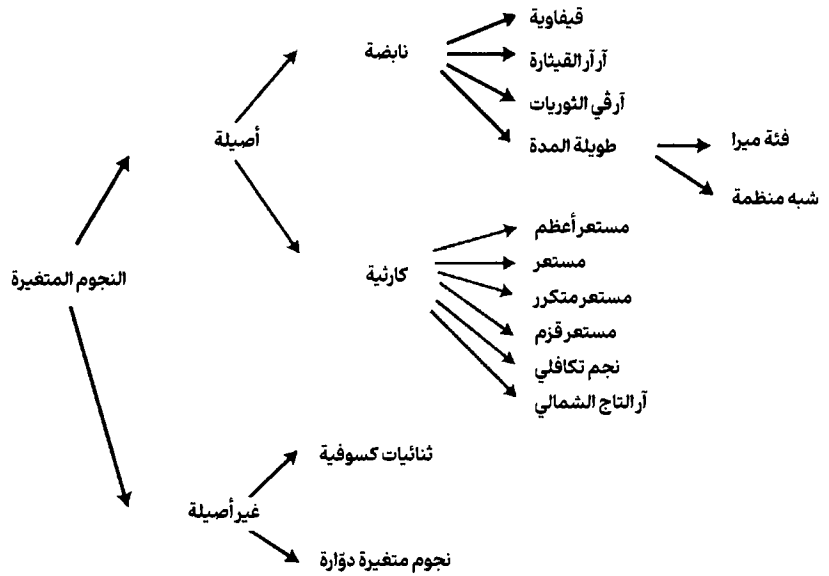
هناك فئتان أساسيتان من النجوم المتغيرة؛ النجوم المتغيرة الأصيلة، وهي النجوم التي يتغير لمعانها بسبب شيء يحدث للنجم نفسه، كأن يتضخم وينكمش أو ينفجر، أما النجوم المتغيرة غير الأصيلة فهي النجوم التي يتغير لمعانها لسبب غير أصيل، كأن يدور نجم آخر أو كوكب حولها مثلًا فيتغير لمعانها بالنسبة إلينا على الأرض، أو أنها تحتوي على بقع كبيرة تواجهنا في بعض الأحيان في أثناء دورانها.

هل سألت نفسك من قبل لما لا تنفجر كل النجوم كقنابل نووية؟ نحن نعرف أن النجوم تمتلك تفاعل اندماج نووي في مركزها أكبر من أكبر القنابل النووية التي نعرفها بفارق هائل، لكن رغم كل تلك القوة فإن نجوم التسلسل الرئيسي مثل شمسنا مستقرة بشكل أساسي، لأنها في حالة تسمى «التوازن الهيدروستاتيكي»، أي أن هناك قوتين متضادتين تؤثران على النجم، الأولى تدفع من الداخل إلى الخارج، وهي قوة التفاعلات النووية في المركز التي تشع قدرًا هائلًا من الطاقة، وهناك قوة أخرى هي الجاذبية، فكتلة النجم الهائلة تضغط على تلك النواة، وتتوازن القوتان ويعيش النجم هادئًا مستقرًّا.

يشبه الأمر هذا المشهد المعتاد في أفلام مثل «جون ويك» حينما تكون هناك لحظة توازن بين قوة دفع البطل للسكين عن نفسه، بينما يحاول عدوه دفع السكين لقتله، يستمر هذا المشهد عادة لوهلة قصيرة قد تمتد إلى عدة ثوانٍ، لكن في النجوم فإن هذا المشهد بين قوة الطاقة النووية (جون ويك) والجاذبية (العدو الذي يكون عادة بملامح آسيوية أو روسية) يستمر لملايين مليارات السنوات، كما في حالة الشمس، والحمد لله أنه لا يزال مستقرًّا.

الآن فكر في النجوم النابضة على أنها تواجه تذبذبات في هذا الاتزان، فهو لا ينكسر وإلا سينفجر النجم، ولكنه يتذبذب بسبب أن بعض الإشعاع ينحبس داخل النجم فيضغط عليه من الداخل ثم يفلت بعد فترة للخارج، يتسبب ذلك في أن يتمدد النجم متضخمًا ثم ينكمش مرة أخرى، وهكذا دواليك على فترات زمنية، يشبه الأمر وكأن النجم كائن حي يتنفس، فتمتلئ رئته متضخمًا، ثم ينكمش وهو يزفر. مثيرة جدًّا للانتباه هذه النوعية من النجوم.

إن النجوم في النهاية مثل البشر، فعلى الرغم من أنه يمكننا دائمًا تصنيف البشر من حيث الشخصية مثلًا ليقعوا في عدة فئات، فإننا نواجه دومًا استثناءات، وحين ننشئ فئة جديدة للاستثناءات من الفئة القديمة، فإن هذه الفئة عادة ما تكون لها استثناءات أيضًا، وكلما أصبحنا أكثر دقة وصلنا في النهاية إلى أن كل شخص له طباع خاصة به، النجوم كذلك، فمهما قمنا بتصنيفها تظهر استثناءات، ولكن في النهاية، فهناك فوارق كبرى يمكن أن نستخدمها في التصنيف، فمثلًا لا ينبغي لك أبدًا أن تخلط بين عملاق أحمر مهيب ناضج يتغير ببطء مثل ميرا ونجم قزم صغير ينفجر سطحه كل شهرين صانعًا مستعرًا متكررًا. ولا ينبغي لك أن تخلط بين نجم يتغير سطوعه دون سبب واضح وعلى فترة غير منتظمة بالمرة، ونجم يمكن أن تضبط على تغيره الساعة، ولا يمكن لك أن تضع الثنائيات الكسوفية، تلك التي تتغير بسبب نجم آخر يدور حولها، مع نجوم تتغير لأنها تنتفخ وتنقبض وكأنها تتنفس.



أقول ما سبق لأننا نقف الآن قبالة أكثر النجوم التي يهتم الفلكيون (والهواة) بتصنيفها، ولذا فما هو قادم سيكون حقًّا مملًّا، لكنه ضروري في نفس الوقت[1].

المتغيرات القيفاوية Cepheid Variables مثلًا هي نجوم شديدة الإضاءة، تحدثنا عنها كأدوات لقياس المسافات في الفصل الأول، لكن دعنا الآن نتعرف عليها بشكل أقرب، يتراوح قطر هذه النجوم من قرابة 10 إلى 200 ضعف قطر الشمس، وهذا يعني أن أصغر النجوم القيفاوية ستكون أكبر بكثير من الشمس، في الواقع فإن النجوم القيفاوية هي عمالقة حقيقية. وتمتلك هذه النجوم فترات تغير قصيرة من التغيير تتراوح من 1 إلى 100 يوم (أي أن لمعان النجم يرتفع وينخفض خلال دورة لها هذا الطول الزمني).

دلتا قيفاوس هو النموذج الأولي للنجوم المتغيرة القيفاوية، ويمكن أن تلاحظه بعينيك بسهولة، يتراوح لمعان هذا النجم من 3.5 إلى 4.4 في دورة مدتها 5.37 يومًا، ويكون انخفاض اللمعان من الحد الأقصى إلى الحد الأدنى أبطأ من الارتفاع مرة أخرى إلى الحد الأقصى، والذي يستغرق أقل من يومين.

دعنا نأخذ هذا النجم نموذجًا لكيفية مراقبة النجوم المتغيرة بعينين مجردتين، وهو تمرين ممتع حقًّا لكنه يتطلب بعضًا من الوقت والصبر. بجوار هذا النجم نجمان آخران هما زيتا

(1) الشكل المرفق يتضمن مجموعة من أشهر فئات النجوم المتغيرة وليس كلها.

قيفاوس وإبسيلون قيفاوس[1]، الأول له لمعان ظاهري يساوي قرابة 3.35 يعني ذلك أنه شبيه بالنجم دلتا في ألمع حالاته، والثاني له لمعان ظاهري يساوي 4.2، ما يعني أنه يشبه النجم دلتا في أخفت حالاته، وبالتالي فكل مع عليك هو مراقبة دلتا قيفاوس ومقارنة لمعانه مع هذين النجمين، ومن هنا يمكنك تحديد تغيره. بالطبع يتطلب ذلك سماء حالكة وبعض التدريب والصبر كما أسلفت، لكن أليس هذا هو ما نحتاج إليه في عالم ضيق متسارع صاخب مملوء بالأخبار الكاذبة، وهو بعض من الهدوء واستطلاع لمعان النجوم؟

ولو كنت محترفًا كفاية لربما طبقت طريقة أجمل وأدق، حيث يمكن لك مقارنة لمعان دلتا قيفاوس عبر خمس محطات للمعان زيتا وإبسيلون قيفاوس، هذه الطريقة تساعدك في تحقيق دقة أكبر، وهي في كل الأحوال ممتعة جدًّا، ويمكن أن تطبقها على أي نجم متغير آخر يمتلك رفاقًا قريبة من اللمعان الظاهري إلى أعلى حالاته وأدنى حالاته، في هذه الطريقة حدد لمعان النجم دلتا قيفاوس على أنه:

1 - بنفس سطوع زيتا (وبالتالي فإن النجم مستقر في ألمع حالاته).

2 - أضعف قليلًا من زيتا (يبدو أنه بدأ في التغير).

3 - في منتصف الطريق بين زيتا وإبسيلون (التغير يجري بالفعل).

4 - أكثر سطوعًا قليلًا من إبسيلون (الآن نقترب من اللحظة الفاصلة).

5 - مثل أو أضعف من إبسيلون (النجم في أشد انكماشه).

تتضمن المتغيرات النابضة الأخرى نجوم «آر آر القيثارة» RR Lyrae، وهي نجوم قصيرة الفترة (تتغير في دورة تستمر أقل من يوم) وأكبر من القيفاويات في العمر، لكنها ليست كبيرة في الحجم مثلها، وكلاهما يتغير لمعانه الظاهري بالنسبة إلينا بمقدار 0.2 إلى 2 درجات على مقياس اللمعان الظاهري، أما نجوم «آر في الثوريات» RV Tauri، فهي عمالقة فائقة ذات تباين أكبر في اللمعان، يصل إلى 3 درجات على مقياس اللمعان الظاهري.

هناك كذلك متغيرات نابضة طويلة الفترة مثل فئة ميرا، وهي عمالقة عظمى حمراء ذات نبضات كبيرة ويمكن أن يتغير لمعانها بمقدار 2.5 إلى 5 درجات على مقياس اللمعان الظاهري، في دورة من 80 إلى 1000 يوم، وهناك «المتغيرات شبه المنتظمة»، وهي عمالقة حمراء أو عمالقة فائقة ذات فترات أطول يمكن أن تتراوح من 30 إلى 1000 يوم. أحد أشهر المتغيرات شبه المنتظمة هو «منكب الجوزاء».

---

(1) تجد ثلاثتهم يصنعون مثلثًا واضحًا في قيفاوس، الخريطة 2 في الأطلس المرفق بالكتاب.

أما المتغيرات الكارثية فهي تلك التي تتغير بسبب التحولات الكارثية التي تمر بها، المستعرات الأعظمية هي الأكثر دراماتيكية، حيث تنبعث منها في بعض الأحيان طاقة تعادل طاقة مجرة بأكملها، أما «المستعرات» و«المستعرات المتكررة» و«المستعرات القزمة» و«النجوم التكافلية» فهي عبارة عن أنظمة ثنائية نجومها قريبة من بعضها بعضًا، هذه النجوم لا تنفجر لكن الانفجارات تحدث على سطحها، ما يرفع لمعان النجم، سواء مرة واحدة أو بشكل متكرر (في الفصل الثامن نتعرف بشكل أكثر تفصيلًا على النجوم الثنائية).

أما النجوم من نوع «آر التاج الشمالي» فتقضي معظم وقتها في أقصى سطوع لها، ولكنها تنخفض أحيانًا في السطوع بشكل كبير، على فترات غير منتظمة، ويستغرق الأمر بضعة أشهر أو عامًا للعودة إلى أقصى سطوعها الطبيعي، ويُعتقد أن سبب الانخفاض المفاجئ في سطوعها هو تكون سحب كثيفة من الغبار الكربوني حول النجم، التي تمنع مرور الضوء بشكل مؤقت، مما يؤدي إلى خفوت سطوع النجم بشكل ملحوظ.

الثنائيات الكسوفية، على الجانب الآخر، هي تلك التي يمر فيها نجم بلمعان أقل أمام آخر بلمعان أكبر، يشبه الأمر أن تقوم بتمرير مصباح صغير جدًّا، ليكن ذلك المصباح الذي يوجد في طرف بعض ميداليات المفاتيح، أمام مصباح الحجرة الكبير، هنا ستلاحظ أن الضوء الكلي الصادر قد انخفض قليلًا، ومن ثم ارتفع بعد المرور. في حالة النجوم فإن ذلك يحدث، فقد يمر نجم ضعيف الإضاءة أمام نجم قوي الإضاءة، فيتسبب في خفض الإضاءة الكلية الواصلة إلى الأرض، فيعرف العلماء بمرور نجم ما.

الغول (بيتا برشاوس)، هو النموذج الأولي للثنائي الكسوفي، ويمكن أن ترى ذلك بعينيك، ينخفض هذا النجم من القدر 2.1 إلى 3.4 كل 2.87 يومًا. يستغرق كل كسوف، بما في ذلك المراحل الجزئية، ما يقرب من 10 ساعات. لدراسة تغير النجم يمكنك البحث عن نجم قريب يشبهه في لمعانه، وما إن ينخفض لمعان النجم المستهدف حتى تلاحظ ذلك مقارنة بالنجم الذي اتخذته كمرجع، ولأن جداول بيانات النجوم متاحة في كل مكان فيمكنك البحث عن نجم قريب من النجم المستهدف وله نفس اللمعان بالضبط.

لامدا الثور، في الجزء الخلفي من الثور هو نجم ثنائي كسوفي من نفس نوع الغول، ولكنه أقل شهرة بسبب نطاق تغير اللمعان الظاهري الصغير (من 3.4 إلى 3.9)، لكن رغم ذلك يمكن أن تلاحظه بعينيك، ويستمر كسوفه 14 ساعة.

أما المتغيرات الدوارة فهي نجوم يُعتقد أن لديها بقعًا نشيطة على سطحها (مثل البقع الشمسية)، وعندما يدور النجم الذي به بقع كتلك يتغير لمعانه قليلًا بحسب مساحة البقع التي تواجهنا.

الحياة القصيرة للسيد جون جودريك

عدد من النجوم التي تحدثنا عنها قبل قليل اكتشفت بواسطة شخص واحد، له قصة عجيبة، فكل اكتشافاته العلمية البديعة جاءت بين سن 17 و21 سنة. ولد في ليلة باردة من شهر سبتمبر عام 1764، وعاش طفولة جيدة مع أسرة غنية، لكن عندما كان في الخامسة من عمره، أصيب الطفل بالحمى القرمزية، ورغم تعافيه، فإنه كان قد فقد سمعه، ولم تنجح أي محاولات من العائلة لإعادة السمع للطفل الطيب، فقبل الجميع بالأمر الواقع، في وقت كان الصمم يعد فيه إعاقة شديدة.

قدم له أهله في أكاديمية توماس برايدوود للصم والبكم في إدنبرة، والتي كانت المدرسة شهيرة عالميًّا بتعليمها الجيد لأصحاب الإعاقات من هذا النوع، وفي عام 1778، بينما كان في سن الرابعة عشرة، التحق بأكاديمية وارينجتون بالقرب من يورك، في شمال يوركشاير بإنجلترا، وهناك ظهرت مواهبه، حيث برع في الرياضيات والعلوم، إلا أنه دُهش حينما تعرض لعلم الفلك لأول مرة، وبشكل خاص وقع في حب الرصد، وظل ليالي طويلة يراقب النجوم، وفي سن الخامسة عشرة كان يجري أرصاده الخاصة.

وبينما كان شابًّا في السابعة عشرة من عمره، بدأ جودريك في مراقبة نجم الغول في كوكبة حامل رأس الغول. كان صديقنا مدهوشًا بتلك الظاهرة، وراقب النجم على مدى أسابيع تمكن من تحديد فترة التغير ثم أبلغ الجمعية الملكية بالنتائج في عام 1783، واقترح فرضيتين لتفسير التغير في لمعان النجم.

كانت الفرضية الأولى أن النجم على سطحه بقعة داكنة كبيرة (مثل البقع الداكنة على سطح الشمس لكنها أكبر بكثير) تواجهنا بشكل دوري في أثناء دورانه حول محوره، وهي السبب في انخفاض اللمعان، أما الفرضية الأخرى التي اقترحها جودريك فكانت أن جسمًا مظلمًا، ربما كوكبًا كبيرًا، كان يدور حول النجم ويمر بشكل دوري أمام النجم، مما يحجب الضوء جزئيًّا، كان جودريك أول من اقترح هذا كمصدر للتغير النجمي، وكان صحيحًا فما يحدث هو أن نجمًا أخفت من النجم الرئيسي يمر أمامه.

بعد تقرير نشر جودريك عن نجم الغول، الذي ظل حتى هذه اللحظة هاوي فلك، منحته الجمعية الملكية ميدالية جودفري كوبلي في عام 1783، واستمر جودريك في دراسة النجوم المتغيرة، وكان اكتشافه المهم التالي هو السلياق (بيتا القيثارة)، واقترح نفس النظرية ليشرح تغيره، وكانت أيضًا صحيحة فنحن نعرف الآن أنه نظام ثنائي كسوفي مثل الغول لكن من فئة مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف جودريك فئة المتغيرات القيفاوية، حيث كان أول من لاحظ دلتا قيفاوس وسجل تغيره.

لكن هذا الشاب جودريك توفي فجأة في 20 أبريل 1786، في يورك، عن عمر يناهز 21 عامًا، قال أقرانه إنه أصيب بالالتهاب الرئوي بعد رصد مطول للنجم دلتا قيفاوس على مدى أسابيع عدة في ليلات الباردة جدًّا. مثل الكثيرين من هواة السماء ليلًا، كان جودريك حقًّا مدهوشًا بهذا الكون الواسع بالأعلى لدرجة أنه أعطاه كل وقته تقريبًا، وربما ساعده صمت العالم من حوله على التركيز والانتباه لتفاصيل العالم العلوي، أو ربما كانت السماء صديقه في عالمه الوحيد المنعزل عن صخب الدنيا بالخارج، مثل أبي العلاء المعري.

بقايا من الخريف

النجم تي إكس الحوت TX Piscium، هو عملاق أحمر متغير يبعد عن الأرض قرابة 800 سنة ضوئية، لكنه يختلف عن بقية العمالقة الحمراء فهو أكثر النجوم احمرارًا عند رؤيته بالعين المجردة من أي نجم آخر تعرفه وستلاحظ ذلك بوضوح في النظارة المعظمة أو التلسكوب، ذلك لأنه نجم كربوني، وهو نوع من النجوم التي تحتوي على نسبة عالية بشكل غير عادي من الكربون في غلافها الجوي.

يتسبب هذا الكربون الزائد في تكوين مركبات مثل أول أكسيد الكربون وجزيئات مثل الميثان والأسيتيلين والتي تعطي النجم لونه الأحمر الداكن المميز. غالبًا ما تكون هذه النجوم في المراحل الأخيرة من تطور النجوم.

ينضم تي إكس الحوت إلى رفاقه من النجوم الغريبة كيميائيًّا والتي تعرفنا عليها في كوكبة الفرس الأعظم، ومنذ تمكن البشر من دراسة أطياف النجوم، وبالتبعية معرفة تركيبها، ظهرت أمامهم العديد من حالات الشذوذ والاستثناءات التي صنفت في فئات خاصة، تساعد العلماء في تحقيق فهم أفضل لعمليات نمو النجوم. مرة أخرى، النجوم في جانب منها عصية على التقسيم في فئات.

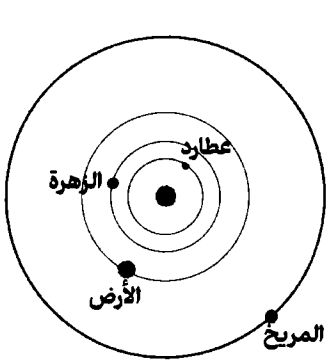
نجم آخر لافت في الحوت هو نجم فان مانين، وهو أقرب قزم أبيض منفرد معروف إلى النظام الشمسي (على مسافة قرابة 14 سنة ضوئية)، وهو ثالث أقرب نجم أبيض عمومًا إلى الأرض من نوعه بعد الشعرى اليمانية ب والشعرى الشامية ب، هو عبارة عن بقايا نجمية كثيفة ومضغوطة لنجم سابق شبيه بالشمس لكنه أكبر قليلًا، ثم تحول إلى عملاق أحمر ثم قزم أبيض.

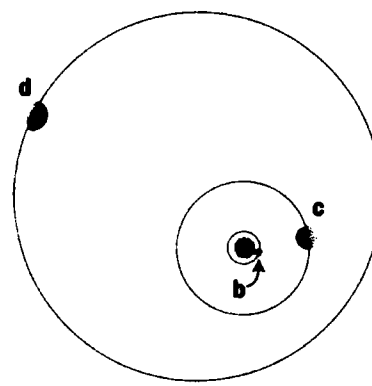
كان لدى سلف هذا القزم الأبيض ما يقدر بنحو 2.6 كتلة شمسية وظل في التسلسل الرئيسي لمدة 900 مليون سنة تقريبًا، عندما غادر هذا النجم التسلسل الرئيسي، تمدد إلى

عملاق أحمر وصل إلى نصف قطر أقصى يبلغ ألف ضعف نصف قطر الشمس الحالي، بحيث لو وضع مكان الشمس الآن لوصل سطحه تقريبًا إلى مدار المشتري.

وربما لو أردنا أن نختم حديثًا عن هذا المقطع من سماء الليل لتحدثنا عن النجم أوبسيلون في كوكبة المرأة المسلسلة، هو نجم خافت بالنسبة إلى عينين مجردتين (لمعانه قرابة 4)، يقع على بعد 44 سنة ضوئية من الأرض، وهو نجم ثنائي يتكون من نجم أكبر قليلًا من الشمس في الكتلة واللمعان وأصغر منها في العمر، وقزم أحمر أصغر.

النجم الأول منهما يسمى تطوان أو تطاوين Titawin نسبة إلى مدينة مغربية تمتلك الأحياء القديمة فيها تاريخًا ضاربًا في القدم مع تنويعات ثقافية ثرية، وهي من مواقع التراث العالمي لليونسكو، هذا النجم يمتلك نظامًا به 3 كواكب، أخذت أسماء علماء الفلك في القرنين العاشر والحادي عشر (من الأندلس) وهم ابن الصفار Saffar (الكوكب B) وابن السمح Samh (الكوكب C) ومسلمة المجريتي Majriti (الكوكب D)، الكواكب تتنوع في كتلتها والمسافة بينها وبين النجم، ابن الصفار مثلًا يبلغ في كتلته مرة ونصف قدر المشتري بينما تبلغ كتلة ابن السمح والمجريتي 13 و10 مرات كتلة المشتري، على التوالي.





يلفت هذا النظام انتباه العلماء وقامت فرق عدة بدراسته، وتبين أنه يمتلك درجة من الشبه مع النظام الشمسي الداخلي، والمثير لانتباهي أنه نظام ثنائي، لا نعرف المسافة الحقيقية بين فرديْه من النجوم لكن يقدر العلماء -بناءً على حسابات المسافة الظاهرة لنا- أنها قرابة 750 وحدة فلكية فقط (أي ما يقارب 113 مليار كيلومتر)، لكن لو كنا نسكن في واحد من هذه الكواكب (وهذا مستحيل علميًّا لأن أجسادنا لن تتحمل كل هذا الإشعاع) لرأينا شمسين في الأفق، واحدة قريبة والثانية أبعد، فقط تخيل الأمر. في الفصل الحادي عشر من هذا الكتاب تتعلم كيف يتمكن العلماء من معرفة بيانات كثيرة عن تلك الكواكب البعيدة جدًّا عنا.

مجرة الصوفي

وما دمنا في المرأة المسلسلة فلا بد أن نتأمل قليلًا أول أجرام مسييه في هذه الخريطة، وهي المجرة الشهيرة «مسييه 31» أو «مجرة المرأة المسلسلة»، يمكن لك في ليلة حالكة أن ترى هذه المجرة في عينيك، وكانت معروفة لعبد الرحمن الصوفي قبل أكثر من ألف سنة في كتابه «صور الكواكب الثابتة»، ولذلك هناك مطالبات بتسميتها مجرة الصوفي. إنها ألمع مجرة في سماء الليل، ولها مجرتان مرافقتان في كتالوج مسييه، مسييه 32 مسييه 110، ومن المؤكد أن تشارلز مسييه كان يعرف المجرة مسييه 32 لكنه لم يدرج مسييه 110 في قائمته قَط، إلا أنه صورها مع مسييه في رسوماته للمرأة المسلسلة، واقتُرح فيما بعد أن تضم إلى مجموعته، مما جعلها آخر عضو في قائمة مسييه.

المرأة المسلسلة مجرة حلزونية عصوية مثل مجرتنا، يبلغ قطرها قرابة 152 ألف سنة ضوئية، مما يجعلها أكبر مجرة في المجموعة المحلية (عرض مجرتنا قرابة 100 ألف سنة ضوئية)، والتي تضم أيضًا مجرة درب التبانة ومجرة المثلث وأكثر من 50 مجرة أخرى أصغر حجمًا، وتحوي مجرة المرأة المسلسلة ما يقرب من تريليون نجم، وهو أكثر من ضعف عدد النجوم في مجرة درب التبانة.

بالنسبة إلى العين المجردة، تبدو وكأنها بقعة ضبابية في ليلة حالكة، وباستخدام التلسكوبات الصغيرة، يمكنك ملاحظة نواة مركزية أكثر سطوعًا ومنطقة محيطة أضعف، وباستخدام مناظير متوسطة يصبح الهيكل الحلزوني للمجرة واضحًا، بل ويمكن رؤية بعض ممرات الغبار.

مسييه 33 أو مجرة المثلث على الجانب الآخر في كوكبة المثلث هي ثالث أكبر المجرات في المجموعة المحلية بعد المرأة المسلسلة ومجرتنا، تعطيها التقديرات الحديثة مسافة تساوي قرابة 2.9–3 مليون سنة ضوئية من مجرتنا، يبلغ قطرها قرابة 60 ألف سنة ضوئية (قرابة نصف قطر درب التبانة). يمكنك رصد المجرة بنظارة معظمة في مكان ناءٍ، وفي كل الأحوال فعلى الرغم من أن لمعانها الظاهري يقف عند حدود العينين المجردتين (أكبر قليلًا من 5) فإن انتشارها في السماء يجعله من الصعب رصدها بوضوح كبير حتى بالتلسكوبات الصغيرة.

ولد عبد الرحمن بن عمر الرازي المعروف بالصوفي في مدينة الري (أضحت اليوم جزء من الجنوب الشرقي لمدينة طهران في إيران) سنة 903 ميلادية وتوفي 986 ميلادية. حيث كان البويهيون يتمتعون بنفوذ قوي في الدولة العباسية. حظي الصوفي بثقة الملك عضد الدولة بن بويه وصار من العلماء المعتمدين لدى البلاط، حتى أنشأ له الملك مرصدًا خاصًّا به في شيراز لمراقبة السماء وإنجاز اكتشافاته العلمية، وقد قضى الكثير من الوقت في هذا المرصد.

قام الصوفي بدراسة كتاب المجسطي بعناية (راجع الفصل الثاني) ثم أخرج كتابه الشهير «صور الكواكب الثابتة»[1]، وهو فهرس مصور للنجوم ومجموعاتها، قُسِّم إلى ثلاثة أقسام، يضم القسم الأول تعليقات على فهرس بطليموس مع تصحيحات متفرقة لأحجام النجوم، بينما يتناول القسم الثاني المواد المستمدة من التراث الفلكي العربي ويحدد أسماء النجوم باللغة العربية. أما القسم الثالث فيتضمن فهرس النجوم، وقد أضاف الصوفي نجومًا جديدة لم تكن موجودة فيما سبق من فهارس.

هذا الكتاب يجعل من الصوفي واحدًا من علامات تاريخ علم الفلك، وأظهر هانز شيلدروب، الفلكي الدنماركي الشهير الذي درس النجوم في القرن التاسع عشر الميلادي أهمية وعظمة كتاب الصوفي حيث بين كيف نقد وصحح أرصاد بطليموس السابقة للنجوم، وثبت أن المجلد الأول من جداول طليطلة التي كتبت بناءً على طلب ألفونسو العاشر ملك قشتالة في القرن الثالث عشر كانت تحريرًا لكتاب الصوفي ومن بعدها ترجمة إيطالية، وكان كتابه منتشرًا في العالم اللاتيني بشكل ملحوظ، وإلى الآن تظل هناك العشرات من المخطوطات لكتاب الصوفي المنتشرة في مناطق متفرقة من العالم الأوروبي.

ويذكر أن الصوفي جاء على ذكر عدد من أجرام السماء العميقة في كتابه إلى جانب مجرة المرأة المسلسلة، منها العنقود النجمي المزدوج في حامل رأس الغول، وعنقود القفير في كوكبة السرطان، وعنقود مسييه 7 في كوكبة العقرب، وكالدويل 85، والأخير عنقود مفتوح في كوكبة الشراع، يتكون من نجوم زرقاء ساخنة شابة وزرقاء، كان الصوفي أول من وصفها، وقال إنها «كوكب سحابي».

حسنًا، لنترك المجرات الآن ونتأمل جرمين مهمين في هذه المنطقة من السماء، وكلاهما من العناقيد الكروية، الأول هو مسييه 30، وهو عنقود نجمي كروي في كوكبة الجدي، التي لا يظهر إلا جزء طفيف منها في هذه الخريطة، يقع في نطاق التلسكوبات الصغيرة مع لمعان ظاهري يساوي 7.2، أما مسييه 2، بالأعلى قليلًا في كوكبة الدلو فهو كذلك عنقود كروي بكتلة مقدارها قرابة مليون شمس تقريبًا، مكدسة معًا في قطر يبلغ قرابة 130 سنة ضوئية، يقع العنقود في هالة مجرتنا، وهي المنطقة خارج القرص الحلزوني وانتفاخ مجرتنا.

(1) الكواكب الثابتة إشارة إلى النجوم، لأن الفلكيين في هذا الزمن لم يعرفوا الفارق الفيزيائي بين الكواكب والنجوم، فكلها تلمع في السماء، لذلك قسموا ما يلمع في السماء إلى قسمين، الأول هو الكواكب الثابتة، تلك التي كانت ثابتة في مواضعها بالسماء، فنفس النجم يخرج في نفس الموضع كل صيف، بينما يخرج نجم آخر من موضع ثانٍ كل شتاء، وهكذا، أما الكواكب المتحركة فهي الكواكب، أي تلك النجوم التي توجد في مواضع مختلفة في أوقات مختلفة، ففي بعض الأحيان ترى الزهرة في المساء وفي أحيان أخرى تراها في الصباح، إلخ.

يدور عنقود مسييه 2 حول المجرة بشكل مستقل عن القرص المجري في مدار مائل يبتعد في أقصاه قرابة 100 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة ثم يقترب في نطاق قرابة بضع عشرات من الآلاف من السنين الضوئية من مركز المجرة، ويستغرق قرابة مليار سنة لإكمال دورة واحدة حول المجرة! هذا مدهش حقًّا، والواقع أن العناقيد الكروية تعد واحدة من أكثر أجرام السماء لفتًا للانتباه، في الفصل الثاني عشر نتعرف عليها بتفصيل أكبر، لذلك لا تقلق لو كنت لا تتمكن بسهولة من تخيل وفهم طبيعة تلك العناقيد ومساراتها في مجرتنا.

الفصل الخامس

شخصيات النجوم

تخيل أن الذرة تشبه المجموعة الشمسية، الشمس الصغيرة في المركز (نواة الذرة) والكواكب (الإلكترونات) تدور حولها في مسارات محددة تسمى مسارات الطاقة، هذا ليس صحيحًا بالطبع، لكن في بعض الأحيان قد نستخدم استعارة لغرض التقريب. بحسب فلاسفة مثل جورج لاكوف ومارك جونسون، فإن الاستعارة ليست مجرد زخرف لغوي، بل وسيلة أساسية لفهم العالم من حولنا، وفي عالم الذرة فإن كل ما نستخدمه لوصفها، حتى لو كانت مفاهيم علمية دقيقة، هو تقريبًا استعارة؛ ذلك لأننا لا نعرف حقًّا ما الذي يوجد تحديدًا في الظلام القابع هناك بالأسفل، أو كما يقول الفيزيائي الحاصل على نوبل ريتشارد فاينمان فإن ما يوجد هناك بالأسفل لا يشبه أي شيء نعرفه، لا يشبه الشمس وكواكبها، ولا مسارات الطاقة، ولا السحائب، ولا أي شيء يوصف به لغويًّا. ما الذي يوجد في الذرات، تلك التي تمثل الوحدة الأساسية التي يتركب منها كل شيء نعرفه في هذا الكون؛ السيارات والهواتف الذكية والناس والحيوانات وكوكبنا نفسه، والنجوم، والسدم، والمجرات، وأنت ومن تحب؟ وإذا لم نكن نعرف ذلك، فماذا نعرف إذن؟!

المهم، لنرجع إلى استعارتنا، الضوء هو نوع من الطاقة كما أسلفنا، عندما يضرب الذرة، يمكن أن يمتصه الإلكترون[1]، وكلما امتص الإلكترون طاقة من الضوء، يحصل على «دفعة» من النشاط، دفعة تجعله يقفز إلى مدار أعلى بعيدًا عن النواة (الشمس الصغيرة).

(1) الذرات ببساطة تتكون من نواة بها بروتونات ونيوترونات، وإلكترونات تدور في مسارات الطاقة حول تلك النواة.

الآن تخيل أن العالم الذري هو لعبة إلكترونية، مثل فورتنايت أو كول أوف ديوتي، ولكل لعبة قواعد، ومن قواعد عالم الذرة أن الإلكترون لا يمكنه الانتقال إلا من مستوى طاقة إلى آخر، أي لا يمكن أن يقف في منتصف الطريق بين المستويات، كما أن هناك قاعدة ثانية، وهي أن الأمر يتطلب كمية محددة جدًّا من الطاقة لنقل الإلكترون من مستوى معين إلى آخر، وكلما تضاعف هذا القدر أمكن للإلكترون القفز في مستويات أعلى، لكن لو تلقى الإلكترون نصف أو ثلاثة أرباع أو تسعة أعشار هذا القدر من الطاقة فإنه لن يتحرك، يجب أن يحصل على القيمة كاملة.

يشبه الأمر ماكينات عبوات المشروبات الغازية، إن وضعت عشرين جنيهًا مثلًا ستحصل على واحدة، وإن وضعت 40 جنيهًا ستحصل على اثنتان منها، لكن لو وضعت 10 أو 15 أو 18 أو 19 جنيهًا لن تحصل على شيء، السعر كامل (الطاقة المحددة) أو أضعافه، أو لا شيء.

كان ما سبق فتحًا بالنسبة إلى علماء الفلك، فحينما كشفوا عن العلاقة بين تركيب النجم والخطوط الطيفية (الفصل الثالث)، كانت المشكلة أن أحدًا لم يفهم لمَ حصل ذلك، لماذا تترك العناصر المختلفة بصمات غريبة في طيف الشمس وأي من النجوم الأخرى والمجرات والسدم؟ والإجابة كانت عند ميكانيكا الكم، التي أوضحت أن هذه الكمية من الطاقة التي يحتاج إليها الإلكترون تتوافق مع الطول الموجي للضوء الذي يمتصه.

ويعني ذلك أن الهيدروجين مثلًا حينما يمتص الضوء المار عليه فإنه لا يمتص أي أطوال موجية، بل أطوال موجية محددة من طيف الضوء، لأن هذه الأطوال الموجية تتناسب مع تردد محدد كما تعرف، والذي بدوره يشير إلى كم طاقة محدد[1]، هو بالضبط ما يثير إلكترونات الهيدروجين للقفز، وبالتبعية يترك خطوط امتصاص في أطوال موجية محددة مميزة للهيدروجين دون غيره من العناصر[2].

(1) مرة أخرى، هناك حاجة دائمة إلى تذكر العلاقة بين الطاقة والتردد والطول الموجي من الفصل الثالث.

(2) فمثلًا يلاحظ ذلك في ذرة الهيدروجين عند طول موجي 410 نانومتر (البنفسجي) و434 نانومتر (الأزرق) و486 نانومتر (الأزرق والأخضر) و656 نانومتر (الأحمر)، ويتوافق كل خط من خطوط الامتصاص سالفة الذكر مع قفزة إلكترونية محددة، فمثلًا يتسبب الضوء ذو الطاقة الأعلى (وبالتبعية الطول الموجي الأقصر – البنفسجي) في قفز الإلكترون بذرة الهيدروجين لأعلى أربعة مستويات، بينما يتسبب الضوء ذو الطاقة الأقل (وبالتبعية الطول الموجي الأطول - الأحمر) في القفز مستوى واحد فقط.

ومثل الهيدروجين، فإن الذرات والجزيئات الأخرى لها أطياف مختلفة لأنها تحوي أعدادًا وترتيبات مختلفة من الإلكترونات، وبالتالي تتطلب كميات مختلفة من الطاقة «لتقفز» إلى الأعلى، وتظهر هذه الاختلافات في الأطياف[1].

جميل جدًّا، كل ما نحن بحاجة إليه الآن هو دراسة تركيب العناصر الكيميائية، وتفاعلاتها مع الضوء وما ينتج من تلك التفاعلات، ثم استكشاف أطياف تلك العناصر في تجارب هنا على الأرض، ومن ثم مقارنتها بأرصادنا السماوية، وسأضرب لك مثالًا على ذلك، يبين لك عمق أهمية التحليل الطيفي: في الخمسينيات من القرن الفائت كان العلماء على دراية بطبيعة تفاعلات الاندماج النووي، تلك التي تتحد خلالها الذرات الأصغر (مثل الهيدروجين) لبناء ذرات أكبر (مثل الهيليوم) وفي أثناء ذلك يُنتج قدر هائل من الطاقة، في تلك الفترة افترض العلماء أن تلك الآلية هي تحديدًا ما يجعل النجم.. نجمًا، فكل ذلك الإشعاع وكل تلك الطاقة اللامعة على مدار ملايين ومليارات السنوات لا يمكن أن تنتج إلا من تفاعل بهذه القوة، ولكن كيف نعرف ذلك؟ كيف نتأكد أن نفس هذه التفاعلات التي أجريناها في المعمل تحدث في الشمس؟

أحد العناصر التي يجد لها العلماء خطوط امتصاص طيفية حينما يرصدون النجوم البعيدة هو التكنيشيوم، وهو عنصر لا يمكن بسهولة أن تقوم برصده، حيث ينتج من التفاعلات الاندماجية لفترة يسيرة جدًّا جدًّا ثم يختفي، لكن كيف يمكن للعلماء رصد وجوده على النجم بينما من المفترض أن يختفي بسرعة فور نشأته؟ والإجابة ببساطة أن النجم مستمر في تفاعلاته الاندماجية، وبالتالي مستمر بلا توقف في إنتاج التكنيشيوم الذي يولد ويفنى باستمرار، ومن هنا علمنا أن النجوم هي أفران اندماج نووي هائلة الضخامة، عرف العلماء ذلك بسبب التحليل الطيفي في الخمسينيات من القرن الفائت، أي قبل ثلاثة أرباع قرن تقريبًا.

مرة أخرى، طريقة غير مباشرة بالمرة تُمكننا من الحصول على معلومات عن شيء يحدث على مسافة آلاف التريليونات من الكيلومترات منا، بينما نحن جلوسٌ عن الأرض.

مثل حديد ساخن

عندما ننظر إلى السماء ترى العديد من النجوم، عادة ما تكون بيضاء لكن بعضها يمتلك لون مميز مثل منكب الجوزاء أحمر اللون، وقلب العقرب أحمر اللون كذلك، ولو دققت قليلًا في النسر الواقع لوجدته أزرق اللون وكذلك السماك الأعزل، أما العيوق فهو أصفر اللون، أما

(1) جدير بالذكر أن الإلكترون الذي امتص هذا القدر من الطاقة وارتفع إلى مدار أعلى، يفقد نفس القدر من الطاقة في صورة فوتونات ضوئية بعد ذلك ليعود إلى مسار الطاقة خاصته مرة أخرى، فيهدأ. هذا الإشعاع الذي تطلقه الذرة هو ما يصنع طيف الانبعاث، ويكون بنفس القدر من الطاقة، لذا فإن موضع خطوط الانبعاث وموضع خطوط الامتصاص لنفس العنصر يكون واحدًا.

بقية النجوم التي تبدو بيضاء لعينيك فيمكن أن تبدو من خلال التلسكوب بلون آخر، وتلك هي إحدى المهام الممتعة لمسح السماء ليلًا عبر تلسكوب بسيط.

لكن، ما هي تلك الألوان وعلام تعبر؟

لفهم الأمر دعنا نتأمل قطعة حديد متوهجة في النار، هل لاحظتها من قبل عند الحداد؟ في البداية لا تشع القطعة أي ضوء، ثم مع الوقت تتوهج باللون الأحمر، ومع المزيد من الوقت تتحول إلى اللون الأزرق عندما تصبح أسخن. اللون إذن يرتبط بدرجة الحرارة، لكننا تعلمنا من الفصل الثالث أن اللون ليس إلا ممثل أو قُل سفيرًا عن الطول الموجي، يعني ذلك أن هناك علاقة بين درجة حرارة الجسم والأطوال الموجية الصادرة منه.

ذلك واضح حتى في قطعة الحديد التي رأيتها تحترق قبل قليل، فكلما رفعنا درجة الحرارة تغير لونها من الأحمر (طول موجي أكبر ما يعني تردد أقل وطاقة أقل) إلى الأزرق (طول موجي أقصر ما يعني تردد أعلى وطاقة أعلى)، هذا بالضبط هو قانون فيين للإزاحة، وصاغه الفيزيائي الألماني فلهلم فيين، وينص على أنه مع زيادة درجة حرارة الجسم، فإن الطول الموجي لإشعاعه يتحول إلى أطوال موجية أقصر، وعلى العكس من ذلك، مع انخفاض درجة الحرارة، يتحول الإشعاع إلى أطوال موجية أطول[1].

ولد فيلهلم فيين (1864–1928) في بلدة غافكين الصغيرة، شرق بروسيا (الآن في بولندا). وعلى الرغم من كونه في منطقة ريفية ذات وصول محدود إلى الموارد التعليمية المتقدمة، فقد غرس والده فيه أخلاقيات عمل قوية، والتي كان من شأنها أن تخدمه جيدًا في حياته العلمية بعدما قرر ترك قريته وذهب إلى الجامعة في المدينة وواجه في البداية صعوبة في إيجاد موطئ قدم له في نطاق البحث العلمي هناك، خاصة مع تشكك بعض أساتذته في قدراته.

عمل فيين في الزراعة مع والده لسنوات، ومما تعلم منه كان أن المثابرة توصل إلى الأهداف بعد حين، حيث إن الأمر يعتمد دائمًا على الصبر وعدم التسرع حتى تحصل على نتائج مزهرة، وذلك هو أساس الصنعة، ومما تعلم كذلك أن هناك ضرورة الانتباه إلى التفاصيل الدقيقة، وأن التعلم هو طريق للحياة وليس مرحلة دراسية، وربما كان ذلك مما تعلمه الوالد من الزراعة، تلك المهنة التي مارسها البشر قبل آلاف السنوات ودفعتهم إلى الاستقرار، وبعد أن كان أفق

(1) يتحدث قانون فيين تحديدًا عن ذروة الإشعاع، حيث يطلق كل جسم طيف واسع من الأشعة جانب منها يكون في نطاقات الضوء المرئي، والبقية في نطاقات الضوء غير المرئي، التي سنتحدث عنها في فصل خاص، ولذلك فإن القانون يتحدث عن ذروة الإشعاع أو الانبعاث، أي أكثر منطقة يشع فيها النجم مقارنة بالمناطق الأخرى على الطيف الكهرومغناطيسي، لا تهتم لهذا الأمر الآن، وإذا لم تفهمه جيدًا فلا مشكلة.

تفكيرهم يقع في نطاق أسئلة مثل «ماذا سآكل اليوم؟» باتوا يضعون البذور في الأرض وينتظرون النتائج، ثم تطور الأمر فأصبحوا أدق في انتقاء بذورهم، واختيار التربة، ومراقبة المحصول الناتج لاختيار أفضل الثمرات واستخدامها في الدورة القادمة، وهكذا ببطء وهدوء.

يمكننا ببساطة فهم تلك العلاقة بين الحرارة والطول الموجي، فكلما كان النجم أسخن فإن مادته لا شك ستتفاعل مع فوتونات الضوء التي تتجهز للانطلاق خارج النجم بشراسة أكبر، مما يعطي تلك الفوتونات طاقة أكبر بالتبعية (تردد أعلى/طول موجي أقصر) وبالتالي فإنه سيميل في لونه إلى ناحية الأزرق.

فئات النجوم

يعني ذلك أن دراسة أطياف النجوم لا تعطينا فقط معلومات عن تركيبها، بل كذلك عن درجة حرارة سطحها، ولونها. وبناءً على اختلاف لونها ودرجة حرارة سطحها، قام العلماء فورًا بعمل أول شيء يميزنا نحن البشر في سياقات كهذه، وهو التصنيف، أن نقسم كل هذه الأشياء المتفرقة إلى مجموعات، نضعها في غرف منفصلة كل منها يمتلك سمة محددة. حتى الأطفال، تجدهم يقسمون ألعابهم، بحسب الحجم أو النوع أو المكان، إلخ.

اعتمادًا على اختلافات اللون وحرارة السطح، قام العلماء بتقسيم النجوم إلى فئات طيفية، وكان أول من صنف للأطياف النجمية هو أنجيلو سيتشي، وهو كاهن يسوعي عاش في روما في ستينيات القرن التاسع عشر، حينما قام بفحص أطياف مئات النجوم بصريًّا باستخدام التلسكوب وصنفها إلى خمسة أنواع رئيسية، سُميت في الغالب بأمثلة تتعلق بالنجوم الشهيرة اللامعة، على سبيل المثال، أظهرت النجوم «الشعرية» أطيافًا مثل أطياف الشعرى.

أما التصنيف المستخدم اليوم فقد ولد في مرصد جامعة هارفارد. ابتداءً من عام 1886 قام طاقم المرصد بتصوير وتصنيف الآلاف من الأنواع الطيفية، وخصصوا لها الحروف من A إلى Q، بالترتيب الأبجدي من الأبسط إلى الأعقد.

بعد ذلك، ومن خلال إعادة ترتيب ودمج التصنيفات، وجدت أنطونيا كايتانا موراي وآني جمب كانون، وهما فلكيتان أمريكيتان، أنه بإمكانهما ضبط جميع أطياف النجوم تقريبًا في تسلسل واحد سلس يتطابق مع تسلسل درجات حرارة النجوم وبالتبعية ألوانها، بدءًا من النجوم الأكثر سخونة، ذات اللون الأزرق والأبيض في أحد الأطراف، إلى النجوم البرتقالية والحمراء الباردة نسبيًّا في الطرف الآخر.

ومن هنا ظهر المخطط الذي نعرفه اليوم، حيث يبدأ التسلسل من النجوم الزرقاء الساخنة، من النوع **O** و**A**، ويصل إلى النجوم الحمراء الباردة من النوع **K**، و**M**[1]، وقد تمت إضافة عدة فئات جديدة، **L** و**T** و**Y**، إلى التسلسل بعد تطور أدوات الرصد، وتشير هذه الفئات الجديدة إلى أطياف الأشعة تحت الحمراء للنجوم الحمراء شديدة البرودة، الفئة T تحديدًا يشار إليها باسم الأقزام البنية، بينما النجوم من الفئة Y هي «أقزام شبه بنية» و«أجرام دون نجمية»، وهي جميعًا أجرام تتأرجح حول الخط الفاصل بين النجم والكوكب، لم يتم اكتشاف الكثير منها.

وتنقسم الأنواع الطيفية نفسها إلى عشر فئات طيفية تبدأ بالأرقام 0، 1، 2، 3، 4، وهكذا حتى 9. وبالتالي فإن نجم الفئة A1 يكون أكثر سخونة من نجم الفئة A8، والذي بدوره أكثر سخونة من نجم الفئة F0.

الفئة الطيفية	اللون	درجة الحرارة (بالكلفن)	ملامح أساسية	أمثلة وملاحظات
O	أزرق	أكثر من 35000 كلفن.	خطوط هيليوم متأين.	نجوم حزام الجبار. نجوم ضخمة وقصيرة الأجل، تمثل أقل من 0.00003% من نجوم المجرة.
B	**أزرق-أبيض**	**10000-30000**	**خطوط هيليوم، أول ظهور لخطوط هيدروجين.**	**رجل الجبار، السماك الأعزل. نجوم ضخمة وساطعة، تمثل نحو 0.1% من النجوم.**
A	أبيض	7500-10000	خطوط هيدروجين، خطوط معادن متأينة (حديد ومنجنيز) ضعيفة.	الشعرى اليمانية، النسر الواقع. تلمع أكثر من الشمس بـ 100 ألف مرة، وتمثل قرابة 0.6% من النجوم.
F	**أصفر-أبيض**	**7500-6000**	**خطوط هيدروجين ضعيفة، خطوط كالسيوم متأين.**	**سهيل، الشعرى الشامية. وتمثل قرابة 3% من النجوم.**
G	أصفر	6000-5200	خطوط هيدروجين ضعيفة، خطوط كالسيوم متأين واضحة.	العيوق، الشمس[2] تمثل 7.6% من نجوم المجرة.

(1) ولحفظ ترتيب الفئات الطيفية الأشهر يمكن أن تستخدم الحروف الأولى من جملة: «Oh, Be A Fine Girl\Guy, Kiss Me»، هذه الطريقة ابتكرها الفلكي الأمريكي هنري نوريس راسل قبل قرابة مئة سنة.

(2) الشمس G2، لا تزال في أوائل التصنيف، تظل بلون أبيض إلى أصفر.

الفئة الطيفية	اللون	درجة الحرارة (بالكلفن)	ملامح أساسية	أمثلة وملاحظات
K	برتقالي	5200-3700	خطوط هيدروجين ضعيفة، خطوط صوديوم قوية، خطوط معادن.	السماك الرامح، الدبران. تمثل 12.1% من نجوم المجرة.
M	أحمر	5200-3700	خطوط معادن قوية، وأكسيد تيتانيوم.	منكب الجوزاء، قلب العقرب، تمثل 76.45% من نجوم المجرة، وتشمل بشكل أساسي العمالقة الحمراء بأنواعها والأقزام الحمراء.
L	أحمر سِقِلِّيّ	3700-2400	خطوط معادن، خطوط فلزات قلوية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم).	تيد 1
T	أرجواني	2400-1300	خطوط ميثان.	جليز 229 ب
Y	إشعاع تحت أحمر (يعتقد أسود اللون)	أقل من 700	خطوط أمونيا.	وايز 1828+2650

وربما تلاحظ ملمحًا مهمًّا لهذه التقسيمات، فكلٌّ منها تكون له خطوط طيفية مميزة عن الآخر، يحدث ذلك لأن درجات الحرارة تؤثر في قوة ووضوح خطوط الامتصاص لكل نجم، فمثلًا تكون خطوط امتصاص الهيدروجين أقوى في النجوم ذات درجات الحرارة المتوسطة، أي ليست ساخنة جدًّا وليست باردة جدًّا، وتكون درجة الحرارة المثلى لإنتاج خطوط الهيدروجين قرابة 10 آلاف كلفن، وعند درجة الحرارة هذه يتم تنشيط عدد كبير من ذرات الهيدروجين لتصعد إلكتروناتها إلى مستوى الطاقة الثاني.

وبالمثل، فإن كل عنصر كيميائي آخر، لديه درجة حرارة مميزة يكون عندها أكثر فعالية في إنتاج خطوط الامتصاص في جزء معين من الطيف. ساهم ذلك في تحديد خصائص النجوم بشكل واضح، فباتت السمات التي توجد في الجدول بالأعلى أشبه بشخصيات النجوم، فكما أن هناك اختبارات شخصية تحدد ملامح شخصية البشر، فإن هذه التصنيفات تعطيك الكثير مما يمكن أن تعرفه عن النجوم، ويكفيك فقط أن تعرف النوع الطيفي الدقيق لنجم ما حتى تتمكن من الحديث عن درجة حرارته وتركيبه، ويمكنك من ذلك استنتاج خصائص أخرى مثل الكتلة والحجم، إلخ، فقط باستخدام عدد من الحروف! ومن هنا جاءت أهمية هذا الفصل.

لا يقف التصنيف عند هذا الحد، فقد تطور مع الزمن ودقة أدوات الرصد، وظهرت تصنيفات داخل التصنيفات. على سبيل المثال، هناك نجوم ساخنة نادرة تسمى نجوم «وولف رايت»، وهي نجوم ساخنة وزرقاء مثل نجوم O الأكثر سخونة، ولكنها تظهر خطوط انبعاث قوية غريبة، مما دفع إلى إعطائها فئات خاصة بناءً على ما تظهره أطيافها، نتعرف عليها في فصل لاحق.

وهناك كذلك النجوم المتفجرة، من الفئة Q، والنجوم الغريبة، الفئة P. وتحوي بعض النجوم العملاقة الباردة فائضًا من الكربون فسميت النجوم الكربونية (الفئة C)، وغالبًا ما يمكن التعرف على «النجوم الكربونية» بنظرة سريعة في التلسكوب من خلال لونها الأحمر العميق، وقد تحدثنا من قبل عن مثال في سماء الخريف هو النجم تي إكس في كوكبة الحوت. أما النجوم النادرة من النوع S هي أيضًا عمالقة حمراء، وهي توازي النوع M ولكنها تظهر خطوطًا قوية من أكسيد الزركونيوم وأكسيد اللانثانم بدلًا من أكسيد التيتانيوم الموجود في النجوم المعتادة، يشير ذلك إلى تركيب مختلف، ما زال قيد الدراسة.

يمكن كذلك أن تجد في بعض التصنيفات حروفًا إضافية، منها تصنيف النجم حسب لمعانه الجوهري، وفي هذه الحالة فإن التصنيف يبدأ من 0 للنجوم مفرطة العملقة، ومن ثم Ia للعمالقة الفائقة الساطعة، ثم Iab للعمالقة الفائقة متوسطة السطوع، ثم Ib للعمالقة الفائقة منخفضة السطوع، ثم II للعمالقة اللامعة، ثم III للعمالقة العادية، ثم IV للنجوم شبه العملاقة، ثم V لنجوم التسلسل الرئيسي، ثم VI للنجوم من أشباه الأقزام، ثم VII للأقزام البيضاء. أمثلة: الشمس G2V، العيوق G8 III، رجل الجبار B8Ia، السماك الرامح K2IIIp.

وفي مرحلة ما من دراسة الطيف النجمي، سرعان ما أدرك علماء الفلك أن الضغط الجوي للنجم يخبرنا عن حجم النجم، وهذه فكرة يسهل فهمها: فكلما كان أضخم، كانت مكونات غلافه الجوي أقل كثافة لأنها بعيدة عن مركز النجم الذي هو مصدر الجاذبية، وعندما يصبح غلاف النجم أقل كثافة فإن مكوناته تتفاعل مع شعاع الضوء المار خلالها بدرجة أقل، يشبه ذلك الفارق بين أن تمر في ملعب كرة قدم له نفس المساحة لكن مع 22 لاعب فقط، أو أن تمر قاعة أفراح مزدحمة مكدسة بالناس. بالتأكيد هناك فرص أقل للتصادم والتفاعل مع الناس في الحالة الأولى، شعاع الضوء كذلك. يعني ما سبق كثافة أقل في خطوط الامتصاص لأن التفاعلات أقل، وبالتالي تشير الخطوط الضيقة إلى نجم ضخم منتفخ ذي غلاف جوي ضعيف الضغط، وتشير الخطوط المعتدلة إلى نجوم مثل الشمس ذات غلاف جوي معتدل وحجم معتدل، إلخ.

وهناك كذلك بعض الملحقات الغريبة للطيف النجمي، مثلًا تشير لاحقة *comp* إلى تداخل طيفين ما يعني أننا أمام نجم ثنائي، واللاحقة e تشير إلى وجود أطياف انبعاث، واللاحقة *m* تشير إلى وجود معادن بشكل غير طبيعي، واللاحقة *n* تشير إلى خطوط عريضة بسبب دوران سريع للنجم، واللاحقة *nn* تشير إلى خطوط عريضة جدًّا بسبب دوران أسرع للنجم، واللاحقة *neb* تشير إلى أن طيف النجم ممتزج مع طيف سديم، وتشير p إلى غرابة تركيب النجم كيميائيًّا، إلخ.

مرة أخرى، تظهر حاجتنا إلى التصنيف، وهي ملاحظة ستجدها دائمًا حاضرة أمامك في كل محاولة منا نحن البشر لتصنيف أي شيء، ورغم أن التصنيف مهم، وهو أمر تعاملنا بالطريقة الصعبة في الفصلين السابق والحالي، فإن الاستثناءات تظهر من كل مكان إذا حاولنا التصنيف، وهي مفارقة تدفع إلى التأمل عن أهمية التصنيف -من جانب- وتفرد الأشياء والكائنات في هذا الكون من جانب آخر.

ملحق

كتاب الشمس

الآن بتنا نفهم الفيزياء الواقعة خلف خطوط الامتصاص، بعد أكثر من قرن كامل من محاولات العلماء لفهم الأمر. الآن لندرس حالة واحدة مميزة، تراها واضحة في إحدى اللوحات المرفقة مع هذا الكتاب، وهي طيف الشمس، لاحظ أن الطيف طويل جدًّا لكنه، كي يجمع في ورقة يقسم إلى مقاطع أو خطوط طولية رفيعة توضع أعلى بعضها بعضًا، عددها 50 خطًّا، كل منها يمثل 6 نانومتر فقط أو 60 أنجستروم من طيف الشمس الذي يمتد من 400 نانومتر إلى 700 نانومتر.

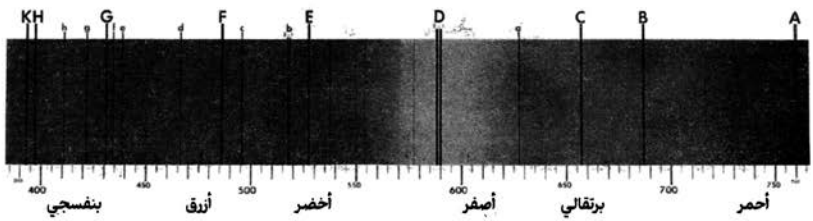
يبدأ الطيف من أقصى اليسار بالأسفل عند 400 نانومتر ويصل إلى أقصى اليمين عند 406 نانومتر، ثم يبدأ ما يقع أعلاه عند 406 نانومتر ويكمل حتى 412، وهكذا بالترتيب نصل إلى 700 نانومتر في أعلى خط.

تم إنشاء هذه الصورة من أطلس رقمي تم رصده باستخدام مطياف تحويل فورييه في منشأة ماكماث بيرس الشمسية في المرصد الشمسي الوطني في كيت بيك، أريزونا، الولايات المتحدة.

يوفر الطيف الشمسي ثروة من المعلومات حول تكوين الشمس وخصائصها الفيزيائية، ولنبدأ من خطوط فراونهوفر، والتي تنشأ عندما تمتص العناصر الموجودة في الغلاف الجوي أطوال موجية محددة من الضوء، يحوي كل عنصر مجموعة فريدة من الخطوط بأطوال موجية مميزة، مما يسمح للعلماء بتحديد العناصر الموجودة. من هذا الطيف نعرف أن الشمس غنية بالهيدروجين، وهو العنصر الأكثر وفرة في الشمس، إذ يشكل قرابة 74% من كتلتها، ويظهر ثاني أكثر العناصر وفرة في الشمس وهو الهيليوم، حيث يشكل قرابة 24% من كتلة الشمس،

ويوضح الطيف الشمسي وجود الأكسجين والكربون والحديد والكالسيوم والصوديوم بخط طول بارز شهير، تشير شدة خطوط الامتصاص إلى وفرة كل عنصر، فالخطوط الأقوى تعني وجود المزيد من هذا العنصر.

في التصميم التالي ترى نسخة مصغرة من طيف الشمس، وضعت عليها خطوط الطيف الرئيسية في الطيف الشمسي، حاول أن تجدها على لوحة كتاب الشمس المرفقة مع الكتاب، بشكل خاص ابحث عن مواضع الهيدروجين والصوديوم والحديد والأكسجين، خط الصوديوم المزدوج مميز جدًّا تجده في خانات البرتقالي.



الخط	العنصر المسبب	الطول الموجي	الخط	العنصر المسبب	الطول الموجي
A	الأكسجين	762.1 - 759.4	F	هيدروجين	486.1
B	الأكسجين	688.4 - 686.7	d	حديد	466.8
C	الهيدروجين	656.2	e	حديد	435.4
a	الأكسجين	628.7 – 627.6	f	هيدروجين	434
D-1,2	الصوديوم	589 - 589.6	G	حديد وكالسيوم	430.8
E	الحديد	527	g	كالسيوم	422.7
b-1,2	المغنيسيوم	517.3 – 518.4	h	هيدروجين	410.2
c	الحديد	495.8	H	كالسيوم	396.8
			K	كالسيوم	393.4

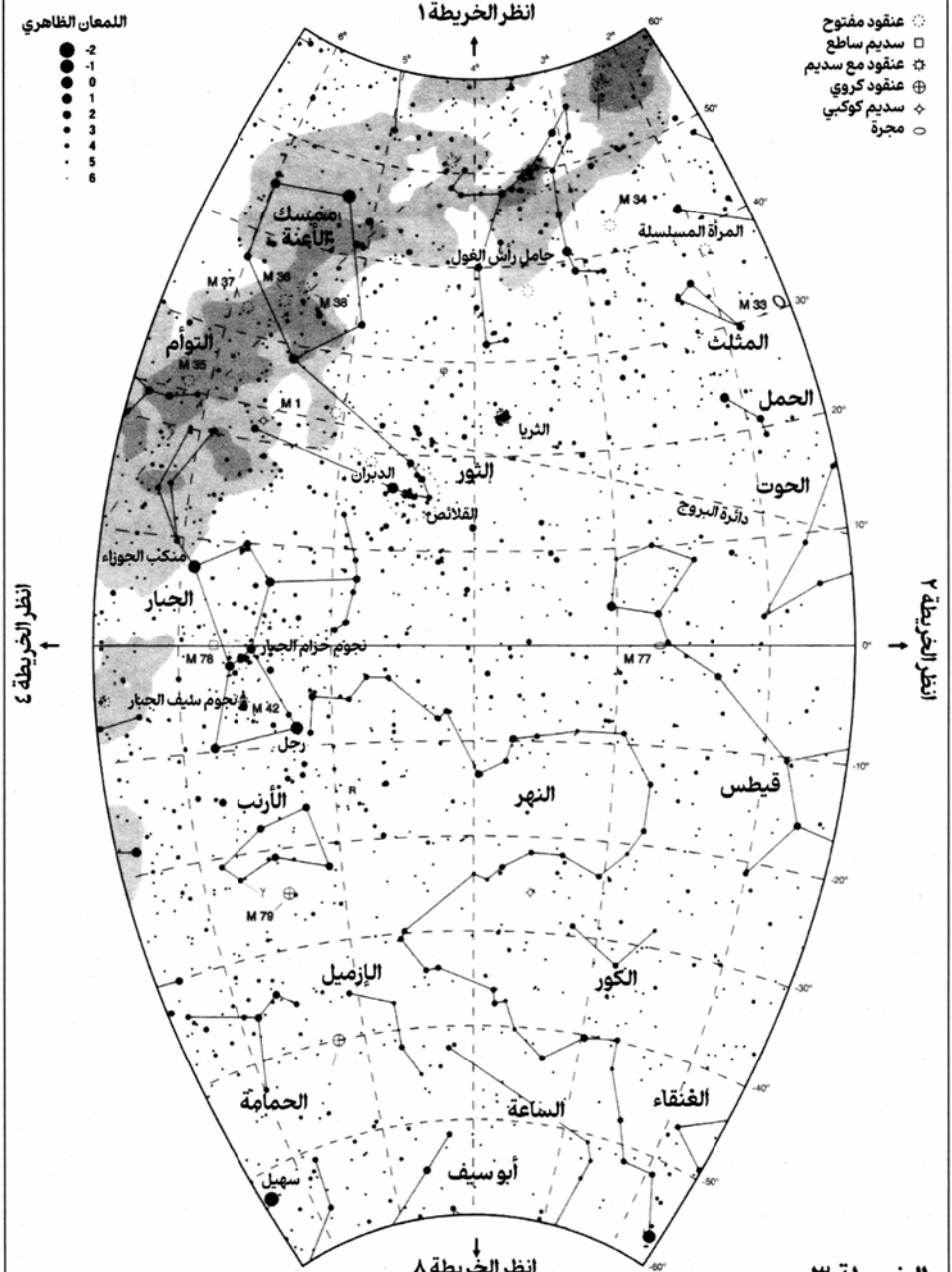
من خلال مقارنة طيف الشمس مع النجوم الأخرى، يمكن لعلماء الفلك التعرف على مكان الشمس في خط سير تطور النجوم وأوجه التشابه والاختلاف بينها وبين النجوم الأخرى، ومن هنا يمكن تحديد عمر الشمس وتاريخها ومستقبلها.

الفصل السادس

جاوز بمجدك أنجم الجوزاء

في الأسطورة اليونانية والرومانية كان أورَيون صيادًا بارعًا، تبدأ قصته حينما وقع في حب «ميروبي» ابنة الملك أونوبيون، لكن الأخير لم يكن يحبه وأراد أن تتزوج ابنته من شخص آخر، إلا أنه خشي أن يقتله أورَيون إذا رفض، وهنا لجأ إلى حيلة ذكية، فقال إنه سيوافق على الزواج بشرط أن يتخلص أورَيون من كل الوحوش البرية في جزيرته، وهذه مهمة مستحيلة، لكن ليس بالنسبة إلى صياد ماهر مثل أورَيون، الذي أكمل مهمته بنجاح، وحينما عاد قال الملك إنه ما زالت هناك بعض الوحوش المتخفية والتي لم يصل أورَيون إليها.

عرف أورَيون أنه كان ضحية خدعة، فشرب الكثير من النبيذ وفي أثناء سكره اختطف ميروبي، فغضب الملك وابتكر حيلة جديدة تمكن خلالها من اقتلاع عيني أورَيون وألقاه على شاطئ البحر، وسافر أورَيون بعد ذلك إلى الشرق كي يواجه شروق الشمس الذي يعيد الأبصار، في هذه الرحلة التقى ديانا إلهة القمر في الأسطورة، فوقع في حبها ووقعت في حبه، لدرجة أنها أهملت عملها، الأمر الذي أغضب أبولو فأقنع ملوك الأرض بإرسال عقرب عملاق لتحدي أورَيون، كانت معركة أسطورية لدرجة أنها لفتت انتباه زيوس ملك الآلهة، فقام برفع كلا المقاتلين إلى السماء ليكون بمنزلة تذكير للبشر لكبح كبريائهم المفرطة. وبحسب الأسطورة فإن كلًّا من العقرب والجبار قد وضعا في مكانين متقابلين في السماء، لأنهما يكرهان بعضهما بعضًا، العقرب يظهر في الصيف وأورَيون في الشتاء.


انظر الخريطة ١
انظر الخريطة ٢
انظر الخريطة ٤
انظر الخريطة ٨
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
ممسك الأعنة
حامل رأس الغول
المرأة المسلسلة
M 34
M 33
M 37
M 36
M 38
التوأم
M 35
M 1
المثلث
الحمل
الثريا
الثور
الدبران
القلائص
الحوت
دائرة البروج
منكب الجوزاء
الجبار
نجوم حزام الجبار
نجوم سيف الجبار
M 78
M 42
M 77
رجل
الأرنب
النهر
قيطس
M 79
الإزميل
الكلب
الحمامة
الساعة
الغنقاء
أبو سيف
سهيل
الخريطة ٣

تنوع بديع

أما في الأسطورة العربية فإن الحكاية لا تحوي أي صيادين، بل تتحدث عن فتاة، والواقع أن الفتيات سيطرن على الكوكبات الرئيسية في السماء العربية، وبشكل خاص نتحدث عن بنات نعش (الفصل الثاني) الثريا والجوزاء، وأتحدث عن كليهما في هذا الفصل، لكن دعنا نبدأ من «سهيل»، وهذه قصة أخرى تبدو مختلفة تمامًا عن هذا الشاب الذي كان ابن سيد من سادة اليمن الخصيب، في ذات صباح انطلق سهيل في البوادي ليصيد، ولما وصل إلى أرض خضراء هواؤها بارد قرر أن يرتاح قليلًا فنام تحت أحد الأشجار، ثم استيقظ ليجد خمس فتيات يتسابقن للوصول إلى غدير قريب، من بينهن كانت «الجوزاء» التي أعجبته فورًا ووقع في حبها، وبدأت بينهما أحاديث الود والغرام فقرر أن يخطبها إلا أن أهلها رفضوا أكثر من مرة، بل هددوه بالقتل.

هنا قرر سهيل والجوزاء الهروب، فركبت وراءه على الحصان وانطلقا في إحدى الليلات باتجاه الجنوب، وفي الطريق اعترضهما نهر المجرة، فعبره سهيل بالخيل لكنه بعدما وصل نظر خلفه فلم يجد الجوزاء، فقد وقعت على الأرض وداست خيول قومها عليها، فانكسر ظهرها. حاول سهيل العودة إليها فضربوه وكسروا ساقه فظل في مكانه جنوبًا يتطلع إليها. وكانت لسهيل أختان، هما الشعريان ويمثلهما نجمان في السماء (الشعرى اليمانية والشعرى الشامية)، لما سمعتا بالأمر أرادتا الاطمئنان على أخيهما فتبعته كل منهما ثم جاءتا إلى النهر، عبرته إحداهما (فسُميت العَبور)، ولم تتمكن الأخرى من العبور فحزنت وبكت حتى غمصت عينيها (وسُميت بالغميصاء)، بالترتيب.

الجوزاء ليست ما تتصور، حاليًّا يُطلق اسم الجوزاء على أحد الأبراج، في اللاتينية يعرف باسم Gemini وبالعربية يسمى «التوأمان»، أما الجوزاء العربية كانت موضع ما يسميه الفلكيون الآن بكوكبة الجبَّار Orion، ويمكن أن تراها بعينيك في الشتاء فهي تحوي ألمع نجومه، وتخيلها العربي القديم كفتاة جميلة مقاتلة، تحمل قوسًا وتوجهه ناحية الأسد القريب.

امتلكت الجوزاء أهمية كبيرة في الشعر العربي، ذلك أنها كوكبة مركزية في سماء الليل الشتوية، ذات نجوم لامعة عالية في السماء، لذا كانت دائمًا إشارة للمجد والفخر والعزة، ومثلًا يقول عمارة اليمني، وكان شاعرًا فقيهًا وأديبًا من أهل اليمن، في بداية إحدى قصائد المدح:

جَاوز بمَجدكَ أنجمَ الجوزاءِ وازدد عُلـوًّا فـوقَ كلِ عـلاءِ

هذا الاختلاف بين الثقافات في النظر إلى النجوم مدهش حقًّا، ويعلمك عن اختلاف طبائع البشر وتنوعها، وكيف صاغ كل منهم ثقافته في نجوم السماء. في الصين عرف الناس كوكبة

الجبار باسم «شين»، أي الصياد العظيم أو المحارب، ويقع شين في مركز مشهد صيد سماوي عظيم، حيث يكون القمر مكتملًا في هذا الجزء من السماء خلال موسم الصيد، في شهري نوفمبر وديسمبر.

في شكله النهائي، يتكون شين من 10 نجوم: الأربعة التي تشكل الخطوط العريضة التقليدية لجبار (النجوم ألفا، وجاما، وبيتا، وكابا)، والنجوم الثلاثة للحزام، والنجوم الثلاثة الممثلة للسيف، والأخيرة هي المنطقة التي تتدلى من الحزام (تأمل خريطة الفصل)، وصورت النجوم العشرة كجنرالات في جيش شين المحارب.

كان شين من بين الشخصيات التي ظهرت في أسطورة صينية قديمة تتعلق بابني الإمبراطور، شيتشن وإيبو، اللذين كانا يتقاتلان دائمًا. وكان العداء بينهما شديدًا لدرجة أن الإمبراطور اضطر إلى نفيهما معًا. فأرسل شيتشن بعيدًا ليصبح مسؤولًا عن تقديم التضحيات إلى شين، بينما أصبح إيبو مسؤولًا عن تقديم التضحيات إلى قصر القمر، والموجود في برج العقرب الحالي على الجانب الآخر من السماء من شين (الجبار).

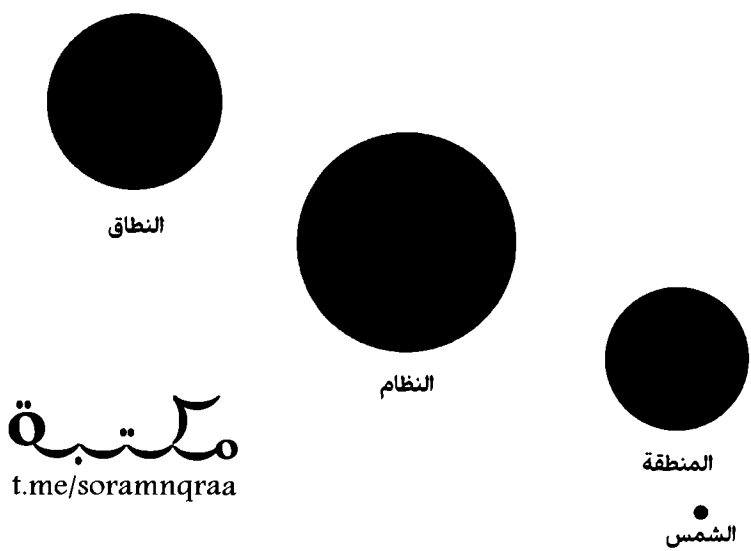
أما في مصر القديمة فنجد تمثيلًا لمجموعة من نجوم الجبار في سقف مقبرة سننموت، وهو المهندس الكبير من عصر الملكة حتشبسوت، يذكر فيه موعد ظهور «سيبا إن ساح» ومعناه «نجم الملك وأوزيريس»، ويرسم إلى جوار ذلك ثلاثة من نجوم كوكبة الجبار الشهيرة (حزام الجبار)، أوزيريس هو إله البعث والحياة الأبدية في الديانة المصرية. كان المصريون القدماء يعتقدون أن أوزيريس يحكم السماء والنجوم، وأن روحه تسكن كوكبة الجبار، وبالتالي، كان يُنظر إلى الكوكبة كرمز للخلود.

وفي إفريقيا جنوبي الصحراء تحدد العديد من الثقافات نجوم الحزام على أنها حيوانات، يراها شعب السوتو والتسواني والكارانجا في زيمبابوي على أنها ثلاثة خنازير، وأطلق شعب التسواني على ثلاثة نجوم تمثل سيف الجبار اسم دينتسا لي ديكولوبي، أي «الكلاب الثلاثة تطارد الخنازير الثلاثة»، أما بالنسبة إلى رجال الأدغال في «ناي ناي كونج»، كان حزام الجبار هو «الحمير الوحشية الثلاثة»، أما شعب السونجي في الكونغو الديمقراطية فيتعامل مع نجوم حزام الجبار على أنها «صياد مع كلب وحيوان»، ويشير الماساي، بشكل ساحر إلى نجوم الحزام باعتبارها «ثلاثة رجال عجائز تطاردهم أرامل وحيدات»، والماساي هم قوم شبه رُحَّل يتمركزون في كينيا وشمال تنزانيا.

كان للهنود قصص، وللسكان الأصليين في أستراليا قصص أخرى، وفي ما يعرف الآن بالولايات المتحدة قصص ثالثة، وكل منها تنوع بحسب طباع وثقافة الناس في تلك الأماكن، إلا أن الكوكبة حصلت في الأطالس المعاصرة على الجانبين اليوناني والعربي بالأساس، تأمل

مثلًا نجم «يد الجوزاء» أو «منكب الجوزاء» وهو الاسم الأشهر، باللاتينية يكتب Betelgeuse، ويعني ذلك إشارة إلى الجوزاء، لكن لو قررت البحث خلف تاريخ التسمية ستكتشف أنه لم يكن يُكتب كذلك تحديدًا، بل كان شيئًا قريبًا من Bedlgeuze، أو «بد الجوزاء»، بحسب بول كونتش وهو أستاذ متمرس في جامعة ميونيخ اهتم بتاريخ النجوم العربية، وكما تلاحظ فإن الكلمة العربية الحقيقية هي «يد الجوزاء»، ولكن في أثناء الترجمة من العربية إلى اللاتينية فُقدت نقطة من «يد» فأصبحت «بد»، وبعدها -لأن النجم يقع بالفعل تحت إبط الصياد- سُمي «بت» من إبط، أي «إبط الجوزاء».

نجوم كثيرة في الكوكبة ترتبط بالجوزاء «الفتاة» وليس الصيَّاد الرجل، خذ مثلًا منطقة حزام الجبار، أولهم نجم النطاق وفي اللاتينية يسمى Alnitak، هو نطاق الجوزاء، والنطاق تربطه الفتاة حول وسطها فنقول إن أسماء بنت أبي بكر هي «ذات النطاقين»، إلى جواره تجد نجمين آخرين يتعلقان بنفس الفكرة وكأنهما أجزاء من نطاقها، وهما النظام Alnilam والمنطقة Mintaka، في النظام أبدلت الـ Z بـ L في خطأ حدث في أثناء النقل من العربية إلى الاتينية (تجد الأسماء المرفقة بكل نجوم هذه المنطقة من السماء في الخريطة رقم 9 من الأطلس المرفق بالكتاب)، الآن نعرف أن هذه النجوم الثلاثة هي عمالقة ضخمة ساخنة تشع ضوءًا أزرق - أبيض اللون.



مكتبة
t.me/soramnqraa

على الجانب الآخر تأتي أسماء عربية أخرى لتخدم الأسطورة اليونانية ومنها رجل الجبار Rigel وسيف الجبار Saiph، كانت العربية في تلك الفترة من لغات العلوم المهمة، ولأن

العرب كانوا ممن نسقوا مواضع النجوم في السماء وتسمياتها بشكل ممتاز، فقد نقلت عنهم الأسماء التي ابتكروها للنجوم، بل وترجمت أسماء النجوم حتى التي كانت يونانية إلى المعنى العربي ثم انتقلت إلى اللاتينية.

الجبار هو مركز تلك الشريحة من سماء الليل، وهو محاط بمجموعة من أهم وألمع كوكبات السماء، أعلاه ترى الثور وممسك الأعنَّة، وإلى يمين هاتين الكوكبتين تجد كوكبات أقل لمعانًا هي حامل رأس الغول وبقايا من الحمل والحوت وقيطس، أما أسفل الجبار وفي السماء الجنوبية، فيظهر الأرنب والنهر، والأخيرة كوكبة طويلة حقًّا تمتد إلى عمق السماء الجنوبية، وحولها تتوزع كوكبات بديعة مثل الكور والعنقاء والساعة وأبو سيف والحمامة والإزميل، وبعضها كوكبات قلما تسمع عنها لأنها تزين سماء سكان الجنوب العالمي.

تعد كوكبة الجبار المركز الرئيسي لسماء الشتاء، وبها مجموعة من ألمع نجوم السماء كلها، إلا أن ألمعها هو رجل الجبار، مع لمعان ظاهري يبلغ 0.18، ورغم ذلك فهو لا يحمل تسمية «ألفا» في الكوكبة على عكس الشائع، بل يحمل هذا اللقب منكب الجوزاء، وهو ثاني ألمع نجوم الكوكبة. تستند تسمية النجوم باستخدام الحروف اليونانية (ألفا، بيتا، جاما، إلخ) إلى نظام باير، الذي طوره عالم الفلك الألماني يوهان باير في أوائل القرن السابع عشر. في نظام باير، يتم تصنيف النجوم عادة وفقًا للمعانها الظاهري داخل الكوكبة، ولكن في بعض الحالات القليلة يمكن أن يعتمد التصنيف أيضًا على موضع النجم في السماء أو أهميته التاريخية، وربما يكون رجل الجبار واحدة من تلك الحالات، حيث إن نجم منكب الجوزاء يمثل «كتف» الجبار ويقع في نقطة مركزية أكثر مقارنة برجل الجبار، الذي يمثل «القدم».

من جانب آخر، فنجم منكب الجوزاء متغير، مما يعني أن لمعانه يتغير بمرور الوقت، وفي بعض الأحيان، قد يكون أكثر لمعانًا من رجل الجبار، وربما رصده باير في تلك الحالة، أضف إلى ذلك أنه عندما أنشأ باير فهرس النجوم الخاص به في عام 1603، كانت أدوات الرصد والقياس أقل دقة مما هي عليه اليوم.

منذ عام 2019، كان منكب الجوزاء محل اهتمام عالمي من الهواة والمتخصصين وحتى عامة الناس، حيث انخفض لمعانه بمقدار الثلث بشكل مفاجئ واستمر الأمر على هذا الحال حتى العام التالي، وعاد اللمعان للانخفاض مجددًا في عام 2024 لكن بشكل يسير. يعتقد فريق من العلماء أن سبب ذلك يتعلق بالضخامة الهائلة لمنكب الجوزاء، فهو عملاق أحمر فائق في نهاية حياته، وربما انفصلت سحابة من مكونات النجم وطافت حوله، ولأنها ابتعدت عن النجم وأصبحت أبرد، فإنها ستتسبب في انخفاض لمعانه بينما تمر بيننا وبينها، وافترض فريق آخر أن ما يحدث هو تغيرات حقيقية في جسم النجم ترتبط بأنه سينفجر قريبًا، لو

حصل ذلك للمع في السماء لأسابيع، وربما تمكن الناس من مشاهدته في النهار، وقد حدث ذلك من قبل، وبعد قليل نتعمق في تلك النقطة.

سحب عملاقة بشكل مدهش

رجل الجبار هو عملاق أزرق ساخن جدًّا، يبلغ سطوعه 85 ألف مرة ضعف الشمس ويساوي قرابة 20 ضعف كتلتها، نتحدث عن عملاق لو وضع مكان الشمس لمحا الحياة على الأرض بقوة إشعاعه. وهو نجم قصير العمر، حيث بلغ للتو 10 مليون سنة، لكن النجوم الضخمة ذات الكتلة الهائلة عادة ما تحرق وقودها من الهيدروجين بسرعة، ولا تلبث أن تتحول إلى عملاق أحمر فائق مثل منكب الجوزاء، هو الآخر سينفجر يومًا ما في صورة مستعر أعظم شديد القوة.

رجل الجبار هو عضو بارز في «تجمع الثور-الجبار ر1» وليس ذلك تجمعًا لمشجعي أحد نوادي كرة القدم أو محبي الرجل العنَّاب أو السيد عادل شكَل، بل سحابة من الغاز والغبار مجموعة تسيطر عليها النجوم الشابة الساخنة من الفئة OB، وهي نجوم ساخنة ضخمة من النوع الطيفي O أو النوع B المبكر (تحدثنا عن أطياف النجوم في الفصل السابق) والتي تنشأ في مجموعات كبيرة، تمتد هذه النجوم بين كوكبتي الجبار والثور القريبتين من بعضهما بعضًا.

غالبًا ما ترتبط نجوم النوع OB بمناطق تكوين النجوم النشطة، حيث عادةً ما تطلق تلك النجوم رياحًا نجمية قوية وإشعاعًا فوق بنفسجي، مما يؤدي إلى إثارة ومن ثم ضغط السحب الغازية القريبة، فتتراكم كتل من الهيدروجين على بعضها بعضًا، ومع الزمن والتراكم يكون مركز ذلك التكتل الهيدروجيني حارًّا بما فيه الكفاية ليبدأ تفاعل اندماج نووي، ومن هنا تنشأ النجوم الجديدة (راجع الفصل الثاني).

يعد هذا التجمع جزءًا نشطًا ساخنًا من «مركب سحابة الجبار الجزيئية» Orion Molecular Cloud Complex وتمثل منطقة كبيرة لتكوين النجوم الجديدة تقع في كوكبة الجبار، وهي واحدة من أبرز المناطق المدروسة لميلاد النجوم النشطة في سماء الليل، تبتعد عنا قرابة 1300 إلى 1500 سنة ضوئية، ويعتبر سديم الجبار أحد أشهر وألمع أجزاء هذه السحابة، والذي يظهر في الخريطة على باسم مسييه 42.

السحب الجزيئية بشكل عام ليست إلا سحب هائلة الضخامة من الغاز والغبار الكثيف نسبيًّا، يختلف ذلك الغبار عما تراه خلال أشعة الشمس المتسللة من فتحات النافذة خاصتك، فالأخير هو فقط بقايا الأشياء، خلايا أجسادنا الميتة بالإضافة إلى مخرجات المنزل الخفيفة

جدًّا وبعض الأحلام التي تحللت لأننا لم نطاردها. لكن السحب الجزيئية عبارة عن سحب كثيفة من المركبات الكيميائية، وبشكل خاص وأساسي الهيدروجين، الذي يمثل موضع تولد النجوم الجديدة بكثافة ضمن هذه السحب (ولذلك تُعرف أيضًا باسم حضانات النجوم)، وتلك هي السمة التي تميزها بالأساس.

السحب الجزيئية شديدة البرودة، حيث تتراوح درجات حرارتها عادة من 10 إلى 20 كلفن (تحت الصفر بـ 253 - 263 درجة!)، تسمح درجات الحرارة المنخفضة للغاز بالتكتل وتكوين مناطق كثيفة، والتي يمكن أن تتكدس على ذاتها في النهاية تحت تأثير الجاذبية لتكوين النجوم مستقبلًا، حينما تنشأ تلك النجوم وتصبح ساخنة يافعة فإنها تسخن محيطها من الغاز لتكوين مناطق مثل تجمع الثور-الجبار ر1.

ويُعتقد أن الكتلة الإجمالية للسحب الجزيئية في مجرتنا تبلغ نحو 5 مليارات كتلة شمسية. ولكن على الرغم من أن هذه السحب الجزيئية ضخمة للغاية، فلا تنخدع بالاعتقاد بأننا نتحدث عن شيء يشبه، في بنيته، ظروفًا مماثلة ليوم ضبابي أو السحب في السماء بيوم ممطر، فإذا تمكنَّا من الدخول داخل إحدى هذه السحب الجزيئية، لوجدنا قرابة 200 أو 300 جزيء هيدروجين فقط في كل سنتيمتر مكعب (مقدار عقلة إصبع صغير مثلًا)، وهذا ليس كثيرًا بالمرة، بل هو أقل كثافة بألف مرة من الهواء الذي نتنفس.

«السحب الجزيئية العملاقة» هي أكبر السحب الجزيئية، ويمتد عرضها من 50 إلى عدة مئات من السنوات الضوئية، وهي المواقع الأساسية لتكوين النجوم الضخمة وعناقيد النجوم المفتوحة، التي تنشأ معًا في تجمعات تغذت على هيدروجين نفس السحابة، ويعد مركب سحابة الجبار الجزيئية مثالًا عليها.

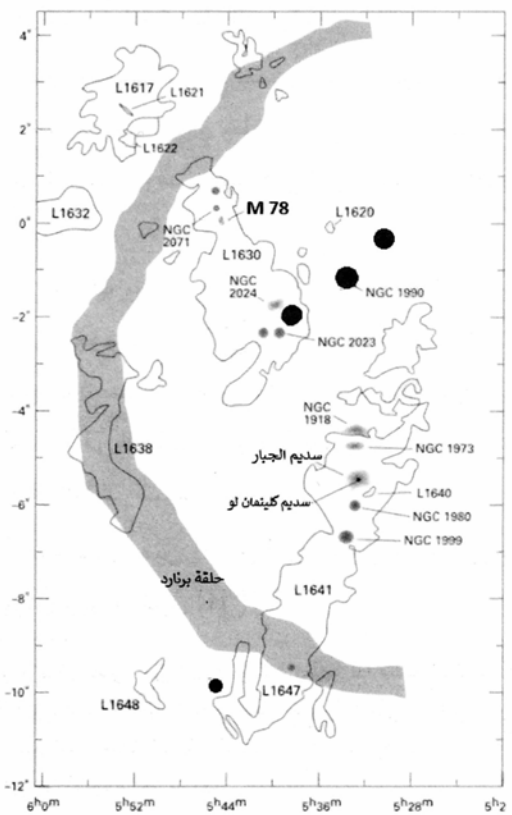
أما «السدم المظلمة» فهي نوع آخر من السحب الجزيئية، لكنها أصغر وأكثف، وتظهر على شكل بقع داكنة تحجب ضوء النجوم في الخلفية، وهي داكنة لأنها لا تشع ضوءًا ولا يوجد إلى جانبها نجم قريب يشع ضوءًا فتعكسه، وتحوي هذه السحب ما يكفي من الغاز والغبار لتكوين النجوم ولكنها ليست كبيرة بما يكفي لتكوين عناقيد نجمية ضخمة، ومن الأمثلة على ذلك سديم رأس الحصان في كوكبة الجبار كذلك، أما «كرات بوك» فهي سحب جزيئية صغيرة ومعزولة ومظلمة يبلغ عرضها عادةً أقل من سنة ضوئية، وغالبًا ما تحوي ما يكفي من المادة لتكوين نجم أو نجمين.

في المرة القادمة حينما تنظر إلى كوكبة الجبار، حاول أن تتخيل هذه المنطقة من السماء على ما هي عليه حقًّا، سحابة ضخمة بعرض قرابة 200 إلى 250 مجموعة شمسية مثل مجموعتنا، مسكونة بالغاز والغبار الكثيف، بين جنباته تنشأ النجوم الأطفال كل سنة، بعضها

يمتلك أقراصًا كبيرة نسبيًّا من الغاز والغبار تحيط به، بما يكفي ليبدأ مجموعة شمسية مثل مجموعتنا، ستكبر يومًا لتصبح شابة يافعة بكواكبها، أنت تنظر إلى ماضيك حينما تنظر إلى كوكبة الجبار!

ولتحقيق قدر من الواقعية في تخيلك، فقط تأمل مركبتي فوياجر 1 و2، فقد انطلقتا من الأرض في السبعينيات من القرن الفائت، وهي تجري بسرعة قرابة 60 ألف كيلومتر في الساعة، وخلال كل ما مضى من عقود فكل ما فعلته أنها تقف الآن على الحدود الخارجية للمجموعة الشمسية، لم تقترب حتى من أقرب النجوم (قنطورس الأقرب) والذي يتطلب السفر إليه بتلك التكنولوجيا 80 ألف سنة، بينما نحتاج إلى ملايين السنوات، فقط لعبور سحابة الجبار الجزيئية!

هيدروجين خاص جدًّا



في التصميم المرفق تلاحظ التركيب الدقيق لمركب سحابة الجبار الجزيئية، لاحظ أولًا موضع نجوم حزام الجبار الثلاثة ونجم سيف بالأسفل لتضبط المنظور أمام عينيك بشكل

صحيح، حتى تعرف مواضع السحابة حينما تتأمل كوكبة الجبار في سماء الليل، أما تلك التشكلات المحددة بالخطوط المتعرجة فهي كتل هائلة من سحب الغاز والغبار التي لا تراها عينيك، لن أتحدث عنها جميعًا ويمكنك البحث خلف كل تلك الأسماء للتعلم بشكل أفضل عن تلك المنطقة المهمة من سماء الليل.

لاحظ حجم سديم الجبار (وفي منتصفه سديم «كلينمان لو» وهو أنشط مناطق نشأة النجوم في سديم الجبار) بالنسبة إلى كل هذه السحابة الضخمة التي تشمل كل الكوكبة تقريبًا، سديم الجبار هو مسييه 42، وهو أشهر السدم في هذه المنطقة ويمكن بسهولة أن تراه كغيمة خافتة لكنها واضحة المعالم في تلسكوب صغير، وهناك جرم آخر تابع لقائمة مسييه في هذه المنطقة، يقع أعلى قليلًا من نجوم حزام الجبار، هو مسييه 78، والمعروف أيضًا باسم NGC 2068، اكتشفه بيير ميشين في عام 1780 وأدرجه مسييه في فهرسه في نفس العام، وهو سديم انعكاسي[1]، ينتمي هذا السديم مع رفاقه «ان جي سي» 2064 و2067 و2071، إلى مركب سحابة الجبار الجزيئية.

لاحظ كذلك حلقة برنارد الضخمة، وهي سديم انبعاثي كبير وخافت في كوكبة الجبار[2]، وتشكل الحلقة قوسًا واسعًا نصف دائري بطول 300 سنة ضوئية كاملة يغطي جزءًا كبيرًا من مركب سحابة الجبار الجزيئية، وقد سُميت على اسم عالم الفلك الأمريكي إدوارد إيمرسون برنارد، الذي صورها لأول مرة في عام 1894.

لا يزال الأصل الدقيق لحلقة برنارد محل جدال، ولكن يُعتقد عمومًا أنها تكونت نتيجة لانفجار واحد أو أكثر من النجوم الضخمة في هذه المنطقة قبل عدة ملايين من السنين، ومن المحتمل أن تكون الموجات الصدمية المتوسعة من هذه الانفجارات قد تسببت في تصاعد وتيرة تكوين النجوم الجديدة في السحب الجزيئية المحيطة[3]. فكما أسلفنا، كل ما يحتاج إليه الأمر أن تعكر صفو الغبار الراكد، فتنشط الحياة!

تعد هذه الحلقة منطقة هيدروجين II، أي أنها تتكون من هيدروجين متأين يدفعها إلى التوهج، لكن ما هو الهيدروجين المتأين (H^+)؟

---

(1) نوع من السدم الذي لا ينتج ضوءًا من نفسه، ولكنه يظهر لنا مضيئًا لأنه يعكس ضوء النجوم القريبة، وبشكل عام هناك 5 أنواع أساسية من السدم، انعكاسي وانبعاثي ومظلم وكوكبي وبقايا مستعر أعظم، الثلاثة الأولى منها سدم تنشأ فيها النجوم الجديدة، وهي جميعًا صور عملة لنفس الشيء، أما الاثنان الأخيران فهما ما تبقى من النجوم بعد موتها.

(2) السديم الانبعاثي هو سحابة من الغاز والغبار المتوهج في الفضاء.

(3) يصعب رصد حلقة برنارد بالعين المجردة أو التلسكوبات الصغيرة بسبب انتشارها الواسع، ولكنها مرئية في الصور الفلكية أو من خلال استخدام التلسكوبات المزودة بمرشحات خاصة.

نعرف أن ذرة الهيدروجين تتكون من نواة فيها بروتون واحد، وإلكترون يدور حول هذه النواة، حينما يُضرب هذا الهيدروجين بواسطة الضوء فوق البنفسجي الصادر من النجوم الضخمة القريبة من الأنواع الطيفية O وB والتي تبلغ درجات حرارة سطحها 30 ألف كلفن أو أعلى، فإن ذلك يوفر طاقة كافية لنزع الإلكترونات من ذرات الهيدروجين، وكأنها كرة تلقت ضربة من مضرب بيسبول، ثم تتحد ذرات الهيدروجين المؤينة مع الإلكترونات مرة أخرى بعد ذلك، مما ينتج عنه توهج مميز[1]، ولذلك فإن مناطق الهيدروجين المتأين توجد عادة حول النجوم الشابة الساخنة.

وتختلف مناطق الهيدروجين II بشكل كبير في الحجم. بعضها صغير، يبلغ عرضه عدة سنوات ضوئية فقط، بينما يمكن أن يصل قطر البعض الآخر إلى عدة مئات من السنين الضوئية، ويعتمد حجم منطقة الهيدروجين II على عدد وقوة النجوم المُؤيِنة وكثافة الغاز المحيط بها، وتتراوح درجة الحرارة داخل تلك المناطق عادة بين 8000 إلى 10000 كلفن، وهي أعلى بكثير من غاز الهيدروجين الجزيئي (المحايد غير المتأين) المحيط بها، والذي يظل باردًا.

تستمر مناطق الهيدروجين II لفترة قصيرة نسبيًّا (بضعة ملايين من السنين)، ففي النهاية، تموت النجوم الساخنة بسرعة نسبية، وينخفض ضغط الإشعاع القادم منها بشكل جذري، مما يسمح للغاز المحيط بتبريد المنطقة وبالتالي تتوقف عن التوهج، مثلما تتوقف قطعة حديد عن التوهج بالأحمر بعد أن توقف تعرضها للنار.

ومن أمثال هذه المناطق تجمع الثور-الجبار ر1 الذي تحدثنا عنه قبل قليل وغيرها من السحب القريبة، مثل سديم الجبار، وسديم كارينا، وسديم البحيرة، وسديم العقاب الذي يحتوي على أعمدة الخلق الشهيرة، وسديم العنكبوت في سحابة ماجلان الكبرى، وهي واحدة من أكبر المناطق المعروفة، وتمتد على مسافة مئات السنين الضوئية، وسديم الشعلة وسديم تريفد، وسديم أمريكا الشمالية، وسديم الفقاعة، وسديم الروح، وسديم كاليفورنيا، وسديم الوردة.

(1) في المقام الأول يظهر التوهج في الجزء الأحمر من الطيف ويسمى خط ألفا الهيدروجين عند 656.3 نانومتر، ما تعلمته في سابق الفصول يساعدك في فهم تلك النقطة.

عند برج الثور

والواقع أن تلك الشريحة من السماء التي نقوم بدراستها في هذا الفصل تعطينا لمحة عن كل أشكال الماضي وكل أشكال المستقبل كذلك، تأمل مثلًا كوكبة الثور، نجمها الألمع هو الدبران، وهو عملاق أحمر من الضخامة بحيث لو كانت الشمس بحجم حبة بازلاء لكان في حجم بطيخة كبيرة، لكن هذا النجم كان يومًا ما شبيهًا بالشمس، إلا أن هذه النوعية من النجوم متوسطة الكتلة تتضخم في نهاية أعمارها، وتبقى على هذا الحال فترة، ثم تبدأ في نفض أغلفتها الخارجية عنها في صورة رياح نجمية هائلة، وبعد ملايين من السنوات تتجمع تلك الأغلفة المنبثقة من النجم في صورة سديم كوكبي ملون، يدور عادة حول قزم أبيض كثيف، وهو ما تبقى من النجم الذي مات، لاحظ أن الحياة والموت هنا هي فقط تعبيرات نستلهمها من عالمنا الحي.

الأقزام البيضاء كثيفة حقًّا، وزن حبة رمل منها يساوي تقريبًا مئة كيلوجرام كاملة، مع بعض الحسابات البسيطة ستجد ملعقة سكر من مادة القزم الأبيض تزن عدة أطنان، لذلك فتلك النجوم رغم أن وزنها يتخطى حاجز الشمسي فإنها بحجم الأرض أو أكبر قليلًا، وربما تصل إلى حجم نبتون مثلًا أو أورانوس.

وبحسب دراسة في دورية «نيتشر أسترونومي»، فقد وجد العلماء كوكبًا صخريًّا بكتلة تعادل 1.9 مرة كتلة كوكب الأرض، يدور حول قزم أبيض يبعد نحو 4200 سنة ضوئية عن نظامنا الشمسي، وبدراسة متفحصة وجد الباحثون مفاجأة مدهشة، فهذا الكوكب دار حول النجم بينما كان في مرحلة الشمس العمرية الحالية، وكان كذلك في نطاق صالح للحياة، ما يعطينا نموذجًا على ما يمكن أن يحدث للشمس بعد أربع مليارات من الأعوام أو أكثر قليلًا.

وجد الباحثون أنه عقب تضخم النجم وفقدانه أغلفته الخارجية دُفع الكوكب، الذي سمي KMT-2020-BLG-0414، إلى مسافة تساوي ضعف المسافة السابقة. إنه عالَم متجمد حاليًّا لأن القزم الأبيض خافت مقارنة بحالته عندما كان نجمًا طبيعيًّا، كما أن كوكبنا قد قُذف للخلف، ويتوقع العلماء أن هذا سيكون مستقبل الأرض بعد عدة مليارات من الأعوام، حيث ستتضخم الشمس أولًا ومن ثم تتحول إلى قزم أبيض، سيخرج ذلك الأرض من النطاق الصالح للحياة، لكن هل يعني هذا هلاك الحياة؟ بحلول الوقت الذي ستصير فيه الشمس عملاقًا أحمر، ربما تجد الحياة ملاذا في المجموعة الشمسية أو خارجها.

الثريا على الجانب الآخر، والتي توجد أيضًا في كوكبة الثور، تمثل ماضينا قبل عدة مليارات من السنوات. تحدثنا قبل قليل عن السحب الجزيئية العملاقة التي تولد النجوم الضخمة في صورة تجمعات في حضاناتها، الآن سرِّع الزمن ملايين السنوات للأمام، ماذا تتوقع أن ترى؟

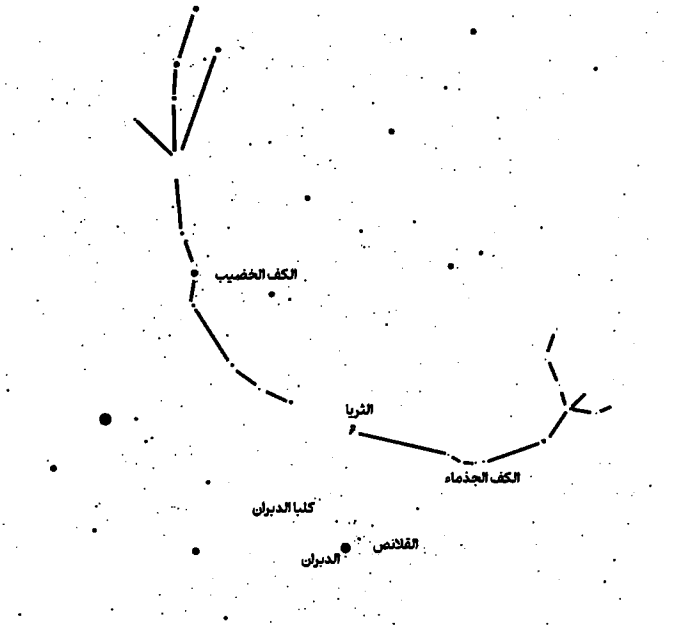
ربما تجمع لآلاف النجوم، كانت يومًا ما قريبة من بعضها جدًّا لكن مع الزمن ابتعدت قليلًا واتخذت مساحة أوسع في الفضاء، كذلك لا بد أن إشعاعها الشديد قد بدد جانبًا مما تبقى من السحابة التي نشأت منها، ما سبق هو بالضبط توصيف الثريا.

الثريا هي عنقود نجمي مفتوح يبتعد عن الأرض قرابة 440 سنة ضوئية، يضم أكثر من 1000 نجم، متوسط أعمارها قرابة 100 مليون سنة، وهي واحدة من أجرام مسييه تحمل الرقم 45. يمتد عنقود الثريا على مساحة بعرض قرابة 8 سنوات ضوئية، وتحيط بنجومه سحب خافتة من الغبار، هي بقايا السحابة الجزيئية التي تشكلت منها النجوم. معظم النجوم في الثريا هي نجوم ساخنة وشابة من النوع B، تتألق باللون الأزرق بسبب درجة حرارتها العالية.

كلمة الثريا هي تصغير «ثروى» أي «ذات ثروة»، وكلمة الدبران Aldebaran من الأصل أدبر، والقصة أن الدبران كان راعي غنم، وقع في حب الثريا وأراد أن يخطب ودها، لكنه احتاج إلى رفيق معه، فتحدث مع القمر الذي وافق أن يذهب إلى الثريا ويخبرها بحب الدبران، لكن حينما قال القمر للثريا إن الدبران يحبها ويريد أن يخطبها رفضت وقالت: مالي ولهذا السبروت (أي الفقير المدقع)، يرجع القمر للدبران ويخبره بما حدث، فيقرر الدبران أن يعطيها مما يملك من الغنم والجمال، لكنها تستمر في الرفض، فيظل يدبرها بلا توقف.

المشهد الفلكي يجد لنفسه مكانًا في الحكاية الخاصة بالدبران والثريا، فنحن نعرف أن الثريا تسبق الدبران إلى الغروب وتخرج قبله عند الشروق، أضف إلى ذلك أنهما منزلتان قمريتان، أي أن القمر يمر عليهما كل شهر، يمر القمر أولًا بالثريا، فينقل لها مطالب الدبران، ثم ينتقل إلى الدبران ليخبره برد الثريا، فيقدم الدبران وعود أخرى، هنا يغيب القمر 27 يومًا قبل أن يصل إلى الثريا، ثم يومًا إضافيًّا حتى يصل إلى الدبران.

بجانب ذلك فإن هناك مشهدًا سماويًّا آخر يضيف إلى الحكاية، حيث يقف الدبران على رأس مجموعة نجوم تتخذ شكل مثلث أو حرف V، يمثل القلائص (Hyades)، وفي العربية فإن القلائص هي صغار النوق، والعرب ترى أن هذه المنطقة هي صغار النوق والأغنام الخاصة بالدبران، والتي ساقها ناحية الثريا كي ترضى بحبه، وهو أيضًا عنقود نجمي مفتوح رائع يمكن أن تراه بعينيك، وكلاهما -الثريا والقلائص- ألمع التجمعات المفتوحة في السماء، ما دونهما يمكن أن يُرى فقط بنظارة معظمة أو تلسكوب أو على الأقل يحتاج إلى سماء حالكة.



كما أسلفنا، فإن العرب قديمًا لم ترَ ثورًا في تلك المنطقة من السماء كما فعل اليونان القدماء، بل رأت الثريا والدبران، وكانت الأسطورة العربية تقول إن الثريا لها كفَّان، الأولى مبسوطة وممدودة سُميت الكف الخضيب، وتمثل كوكبة ذات الكرسي الرسم على كف الثريا بالحناء، وأما الكف الثانية فكانت قصيرة ولذلك سُميت الكف الجذماء (من أجذم أي مقطوع)، الأولى تعبر في كوكبتي حامل رأس الغول وذات الكرسي، والثانية تمر في كوكة الثور نفسه، وتليها قيطس. ابحث عن الكفين في سماء الليل، يحتاج الأمر إلى ليلة حالكة كي تراهما بوضوح.

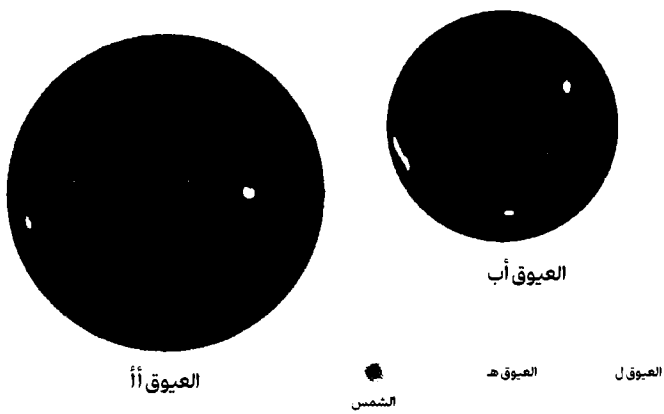
بالأعلى قليلًا يمكن أن تلاحظ كوكبة ممسك الأعنَّة، ونجمها الألمع وهو العيوق، وكانت له حكاية متعلقة بالثريا، فحينما علم العيوق أن الدبران يتبعها وهي ترفض قرر أن يعوقه عن متابعة الثريا، ومن هنا جاء اسم العيوق، ويسمى أيضًا «عيوق الثريا» و«رقيب الثريا» لنفس السبب.

العيوق هو ألمع نجم في كوكبة ممسك الأعنَّة وسادس ألمع نجم في سماء الليل، وهو قريب نسبيًّا من أرضنا، على بعد 42.9 سنة ضوئية، وهو ما يساوي أربعمائة تريليون كيلومترٍ، والتريليون هو ألف مليار!

العيوق نظام نجمي رباعي، في صورة زوج من الثنائيات تدور حول بعضها بعضًا بسبب الجاذبية، وربما الآن تفهم السبب الرئيسي لتكون النجوم الثنائية والمتعددة، وهو أنها نشأت

إلى جوار بعضها بعضًا في تجمعات كبيرة، وبالتالي كان منطقيًّا أن يسمح ذلك الاقتراب بأن يقع نجم في أسر جاذبية الآخر، فيدوران معًا، وربما يقع هذا الثنائي في أسر جاذبية نجم ثالث فنكون أمام نظام ثلاثي، وهكذا تدور تلك النجوم حول بعضها. (مزيد من التفصيل في الفصل الثامن).

يتكون نظام العيوق من الزوج الأساسي، العيوق أ والعيوق أب، وهما عملاقان أصفران ساطعان، وكلاهما أكبر كتلة من الشمس بقرابة 2.5 مرة، استنفدا الهيدروجين الأساسي لديهما، وبردا وتضخما، وهما الآن في طريقهما ليكونا عملاقين أحمرين، أما الزوج الثاني، العيوق هـ والعيوق ل، فيبعدان قرابة 10000 وحدة فلكية عن الزوج الأول وهما قزمان أحمران باهتان وصغيران وباردان نسبيًّا.



سحر مسييه

الآن لنبدأ في التعلم عن أجرام مسييه في هذه المنطقة من السماء، ولنبدأ من كوكبة ممسك الأعنَّة، حيث توجد مجموعة من العناقيد النجمية المفتوحة المثيرة للانتباه، الأول هو مسييه 36، ويُقدَّر أنه يحوي ما يقرب من 1700 نجم، ويقع هذا العنقود مع جاريه مسييه 37 ومسييه 38 على مسافة قرابة 4-5 آلاف سنة ضوئية. على مقربة من هذا الثلاثي وأقرب منهم نسبيًّا للأرض (2000 إلى 3000 سنة ضوئية) تجد مسييه 35، وهو كذلك عنقود نجمي مفتوح كبير يقع في كوكبة التوأم ويتكون من عدة مئات من النجوم.

وحري بنا لا شك أن نتطرق إلى مسييه 79، وهو عنقود كروي في كوكبة الأرنب، يبعد عنا قرابة 42 ألف سنة ضوئية، تبلغ كتلة هذا العنقود قرابة 300 ألف شمس مكدس في قطر يزيد

قليلًا على مئة سنة ضوئية. ويحتمل أنه يحوي ثقبًا أسود مركزيًّا متوسط الكتلة، بكتلة ثلاثة آلاف شمس.

مثل معظم العناقيد الكروية، لا يدور هذا العنقود حول مجرتنا مع القرص المجري كما نفعل، بل في هالة المجرة، لذا تجد أن المسافات لهذه الأجرام دائمًا ما تكون كبيرة (عشرات الآلاف من السنوات الضوئية). يتبع هذا العنقود مدارًا يأخذه إلى مسافة تصل إلى 90 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة ثم يعود إلى مسافة قريبة تصل إلى قرابة خمسة آلاف سنة ضوئية، على مسار مائل إلى القرص المجري (بزاوية قرابة 45 درجة)، ويستغرق قرابة 400 مليون سنة لإتمام مدار واحد حول مجرتنا، وافترض فريق من العلماء أنه ليس من درب التبانة، ولكنه جذب إليها من مجرة قزمة قريبة.

على الجانب الآخر من اللوحة وضمن كوكبة قيطس يمكن كذلك أن تلاحظ مجرة سيفيرت معروفة هي مسييه 77 أو «مجرة الحبار»، مجرات سيفيرت هي نوع من المجرات النشطة التي تتميز بنواة شديدة السطوع تنبعث منها إشعاعات شديدة، تحدث بسبب تراكم المادة على ثقب أسود مركزي ضخم (يُعتقد أن كتلته قرابة 20 مليون شمس)، وهي من بين أكثر الأجسام التي تمت دراستها في علم الفلك بسبب سلوكها النشط الفريد، ونتحدث عن هذه النوعية من النشاط في الفصل الرابع عشر.

مستعرات تاريخية

أعلى الثور يمكن أن تجد صورة أخرى من صور مستقبل النجوم، إنه مسييه 1 أو سديم السرطان، وهو بقايا مستعر أعظم يعد أحد أكثر الأجرام السماوية دراسة. يوجد في مركزه نجم نابض، وهو نجم نيوتروني دوار يبلغ قطره قرابة 10 كم وكتلته قرابة ضعف كتلة الشمس مع مجال مغناطيسي قوي، يدور هذا النجم النابض قرابة 30 مرة في الثانية. النجوم النابضة نوع من النجوم النيوترونية، هي بقايا كثيفة جدًّا جدًّا لنجم انفجر متحولًا إلى مستعر أعظم، قلنا قبل قليل أن ملعقة شاي من الأقزام البيضاء تزن عدة أطنان، لكن ملعقة شاي من هذا النجم تزن قمة إفرست كاملة!

وبالنسبة إلى نجم السرطان النابض، يُعتقد أن النجم السلف كان له كتلة قرابة عشرة أضعاف كتلة شمسنا، أما السديم نفسه فيتكون من بقايا المواد التي قذفها انفجار هذا النجم، وهي ما زالت تتحرك إلى الخارج بسرعة تزيد على ألف كيلومتر في الثانية.

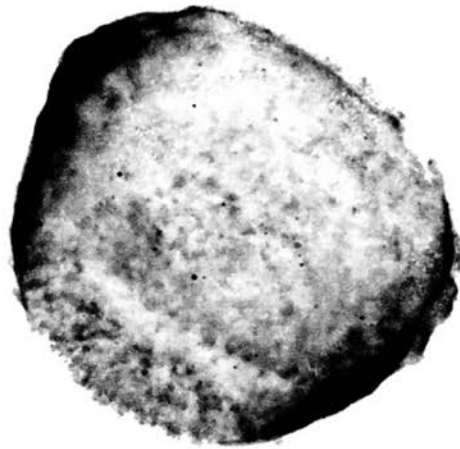
لوحظ انفجار هذا النجم على الأرض في مناطق عدة عام 1054، وكان حاضرًا في بعض السجلات الصينية حيث شاهده «يانغ وي تي» أحد فلكيي البلاط الملكي الصيني كنجم لامع بشكل غير معتاد في الأفق، واستمر بإضاءة تشبه القمر البدر لمدة 23 يومًا، ثم اختفى.

وهنا نذكر أن المؤرخ الشهير ابن أبي أصيبعة (المتوفى سنة 1270 ميلادية) نقل في كتابه «طبقات الأطباء» أن نهر النيل كان منخفضًا عام 446 هجرية (التي توافق 1054 ميلادية)، بينما شهدت السماء ظهور نجم لامع بشكل استثنائي.

رصد المستعرات العظمى تاريخيًّا يعد نطاقًا ثريًّا يلتقي فيه علماء الفلك المؤرخين، ومن أشهرها المستعر الأعظم الذي انفجر ولمع في السماء الجنوبية (في كوكبة السبع أسفل العقرب) في ربيع عام 1006 ميلادية. وممن سجلوا هذه الظاهرة الفلكي المصري علي أبو الحسن علي بن رضوان في تعليقه على كتاب «تيترابيبلوس» (أي الكتب الأربعة) من تأليف بطليموس، ويناقش الكتاب جوانب من الفلسفة والتنجيم. قال بن رضوان إنه سيصف مشهدًا غريبًا ظهر فيه «نيزك عظيم مستدير الشكل يكون عظمه قدر الزهرة مرتين ونصف أو ثلاث مرات. وكان نوره يضيء منه الأفق، ويلمع لمعانًا شديدًا، ومقدار ضيائه ربع ضياء القمر وأكثر قليلًا».

وتعطي هذه الملامح بيانات واضحة عن مستعر أعظم قيل في هذه الفترة إنه لمع ليلًا لدرجة أن البعض تمكن من القراءة على ضوئه في السماء. وبحسب دراسة من جامعة أكسفورد فإن المصادر العربية والصينية واليابانية تتفق في أوصافها على هذا المشهد، والذي ربما كان ألمع ما سجلته البشرية.

وفي عام 2016 كشف فريق بحث ألماني عن أدلة ترجح بقوة أن العالم «ابن سينا» شاهد وسجل بيانات عن المستعر الأعظم نفسه في أبريل من عام 1006. واشتهر ابن سينا أساسًا في دراسة الطب والفلسفة، لكن الدراسة تشير إلى أن أحد النصوص في «كتاب الشفاء» خاصته كانت عن الفيزياء والأرصاد الجوية، وما لفت انتباه الباحثين هو جزء من هذا النص يصف جسمًا لامعًا ظهر في السماء بشكل مفاجئ عام 1006 وتغير لونه بمرور الوقت قبل أن يتلاشى، قال ابن سينا في النص سالف الذكر: «كالذي ظهر في سنة سبع وتسعين وثلاثمائة للهجرة، فبقي قريبًا من ثلاثة أشهر يلطف ويلطف حتى اضمحل، وكان في ابتدائه إلى السواد والخضرة، ثم جعل كل وقت يرمي بالشرر، ويزداد بياضًا ويلطف حتى اضمحل».



ومع حلول عصر الفضاء في الستينيات من القرن الفائت، تمكن العلماء من رصد جوانب السماء بالأشعة السينية، وكان المستعر الأعظم 1006 واحدًا من أضعف مصادر الأشعة السينية التي اكتشفها الجيل الأول من الأقمار الصناعية المختصة (راجع الفصل التاسع)، ويقترح العلماء الآن أنه كان مستعرًا من النوع 1 إيه، ونعلم اليوم أن قُطر بقاياه يبلغ نحو 60 سنة ضوئية (تجد رسم مرفق يعبر عن الشكل الحالي للسديم المتبقي)، ولا يزال هذا المستعر يتوسع بسرعة هائلة.

ويعد المستعر الأعظم 185 أقدم الأحداث المؤكد أنها سجلت تاريخيًّا من هذا النوع إلى الآن، تم رصده في عام 185 بعد الميلاد، ومن المرجح أنه كان مستعرًا أعظم. حدث بين كوكبتي البيكار وقنطورس الجنوبيتين، وقد لاحظ علماء الفلك الصينيون هذا «النجم الضيف» وكتب عنه في «كتاب هان اللاحق»، وظل مرئيًّا في سماء الليل لمدة ثمانية أشهر.

يقدم كتاب هان اللاحق الوصف التالي للمستعر: «في السنة الثانية من عصر تشونج بينج، الشهر العاشر، في يوم جويهاي (يوافق ذلك السابع من ديسمبر، سنة 185)، ظهر «نجم ضيف» في منتصف البوابة الجنوبية (مجموعة من نجوم كوكبة قنطورس) وكان حجمه نصف حصيرة من الخيزران، وقد أظهر ألوانًا مختلفة، سواء كانت مبهجة أو غير مبهجة، ثم تضاءل تدريجيًّا. وفي الشهر السادس من العام التالي اختفى».

الآن يرجح العلماء أن ذلك يتوافق مع بقايا مستعر أعظم سمي RCW 86، يبتعد عنا قرابة 8000 سنة ضوئية، قطره يبلغ قرابة 85 سنة ضوئية، ويشغل منطقة من السماء في كوكبة البيكار الجنوبية أكبر قليلًا من القمر المكتمل.

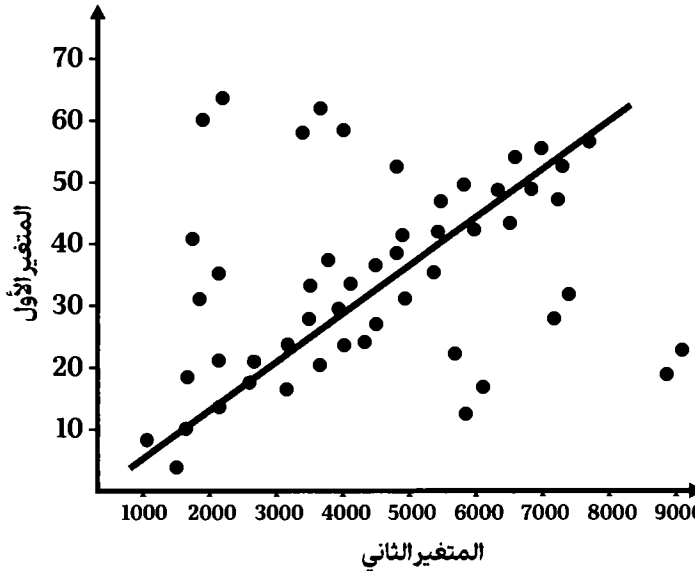
الفصل السابع

الجدول الدوري للنجوم

خلال العقد الثاني من القرن العشرين، قام عالما فلك هما إجنار هرتزبرونج في كوبنهاجن وهنري راسل في الولايات المتحدة، بالتفكير بشكل منفصل في نفس السؤال، وهو ببساطة يقول: إذا كنا الآن نتمكن من معرفة كم كبير من البيانات عن النجوم، مثل درجة حرارة سطحها والمسافة بيننا وبينها، وضيائيتها بالتبعية، ما الذي يحدث لو قررنا الإلقاء بالضيائية على أحد محاور الرسوم البيانية وحرارة السطح على المحور الآخر؟ ما نتج عن هذه العلاقة كان من الأهمية بحيث بات اليوم يحمل اسم هذين الرجلين، لكن لمَ هو مهم إلى هذا الحد، أو قل، ما هي العلاقة أصلًا؟!

حسنًا، لنهدأ قليلًا، فكل شيء سهل إذا أعطيناه ما يكفي من الوقت والتركيز والبحث. ولنبدأ بالحديث عما تعنيه «العلاقة»، ولنفترض مثلًا أننا بدأنا في عمل استطلاع يسأل عدد من الأشخاص عما إذا كانت بيوتهم تحوي مكتبة وهم في سن المراهقة، وكم عدد الكتب في هذه المكتبة؟ ثم يسألهم كذلك عن مستواهم المادي والاجتماعي.

في هذه الحالة، فإننا نريد أن نفهم شكل العلاقة بين القراءة في المراهقة، والمستوى المادي والاجتماعي، هل هي علاقة طردية؟ بمعنى أنك كلما قرأت أكثر ازداد مستواك المادي والاجتماعي أكثر، أم عكسية؟ بمعنى أن القراءة تؤثر سلبًا على مستواك المادي والاجتماعي، أو أن النتيجة عشوائية تمامًا ولا توجد علاقة، من يقرأ كمن لا يقرأ، على الأقل بالنسبة إلى المستوى المادي والاجتماعي؟



أول شيء، سنحصل على بيانات المشاركين، كل منهم سيعطينا قيمة لعدد الكتب وقيمة لدخله الشهري. مثلًا، سيقول أحدهم مثلًا إن مكتبة والده كان بها 50 كتابًا تقريبًا وهو الآن يحصل شهريًّا على راتب ألف دولار، وسيقول آخر إنها كانت تحوي تقريبًا 10 كتب أو ربما أقل بينما يحصل هو الآن على راتب شهري مقداره 7 آلاف دولار، وهكذا.

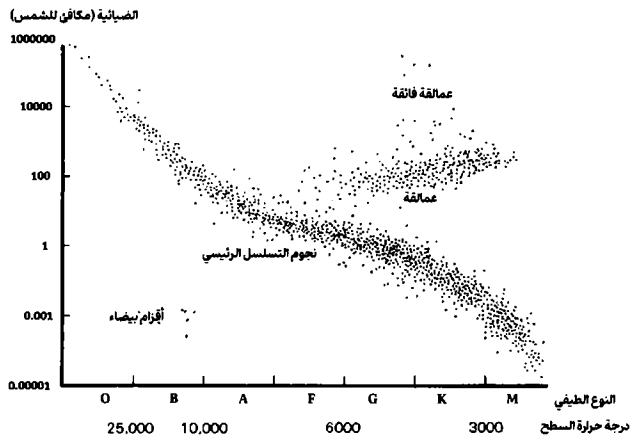
بعد ذلك نقوم برسم هذه البيانات، فنضع مثلًا المتغير الأول (وهو عدد الكتب) على مستوى رأسي والمتغير الثاني (وهو المستوى المادي) على مستوى أفقي، مثلما كنا نرسم المسائل في المرحلة الابتدائية، بعد ذلك نسجل بيانات المشاركين، كل منهم يمثل نقطة على الشكل، وكل نقطة تمثل عدد الكتب التي أورده في الاستقصاء ودخله الشهري.

هنا سنلاحظ في البداية أن النقاط منتشرة في كل مكان، فهناك الغني الذي لم يقرأ أي كتب والفقير الذي قرأ الكثير منها، لكن بعدما نملأ الشكل ببيانات عدد كبير من الأشخاص، ليكن مئة ألف مثلًا أو مليونًا، نلاحظ أن هناك شيئًا ما؛ نمط ما بدأ يظهر ظهر بوضوح، حيث يبدو أنه كلما ازداد عدد الكتب ازداد الدخل الشهري (وهي نتائج حقيقية لإحدى الدراسات الأسترالية لكن مع تبسيط مُخل لكيفية معالجة النتائج).

هيرتسبرونج-راسل

هذا هو مفهوم العلاقة، أن نقوم بالربط بين البيانات المتاحة لمتغيرين، ونرى ماذا تظهر النتائج، وإذا قررنا أن نفعل نفس الشيء مع النجوم، في محاولتنا للبحث عن العلاقة بين درجة حرارة النجم وقدر الضيائية الخاص به، يظهر لنا شكل هو نفسه الذي ظهر لهيرتسبرونج وراسل، شكل يمكن من خلاله فهم طبيعة النجوم بشكل أعمق، كما تمكنا منذ دقائق من فهم طبيعة العلاقة بين القراءة ومستوى الإنسان المادي، لكن من أين حصلنا على تلك البيانات؟

من الفصول الثلاثة السابقة، فالتحليل الطيفي علمنا عن درجة حرارة ملايين النجوم، وتحديد المسافة هو أحد الطرق التي علمتنا عن ضيائية ملايين النجوم[1]، وهنا يظهر ما يعرفه علماء وهواة الفلك حول العالم باسم مخطط هيرتسبرونج-راسل، وهو الشكل الذي تراه أمامك، إنه أعقد قليلًا مما رسمناه قبل قليل، لكن هذه هي الحياة يا صديق، المسألة التي تشرح لك في الحصة تختلف تمامًا عن مسألة ورقة الامتحانات!



الآن لنتأمل الشكل ببعض من التمحيص، إنه يمثل علاقة كتلك التي تحدثنا عنها قبل قليل، كل نقطة في هذا الشكل هي أحد النجوم التي توجد في منطقة الحي الشمسي، تلك التي تشمل الشمس وجيرانها من النجوم ضمن عدة عشرات من السنوات الضوئية، وهي مسافة صغيرة نسبيًّا كما تعرف. وتمثل كل نقطة خاصيتين كما أسلفت، الضيائية ودرجة حرارة السطح

(1) المسافة والضيائية شيئان مترابطان، فإذا تمكنت من معرفة المسافة عن طريق التزيح مثلاً، أمكنك بالتبعية التعرف على الضيائية، بالضبط كما يمكنك تحديد إضاءة المصباح الفعلية إذا ما تمكنت من تحديد المسافة بينك وبين الشخص الذي ابتعد عنك (راجع مثال الشخص والمصباح في الفصل الأول)، وإذا تمكنت من الحصول على شمعة معيارية تعلمك عن الضيائية، فيمكنك استخدامها لتحديد المسافة.

(ومذكور كذلك النوع الطيفي كونه مرتبطًا بالحرارة)، وهو نفس ما حصل قبل قليل حينما مثلنا عدد الكتب ومقدار الراتب الشهري[1].

أول الملاحظات التي كانت ظاهرة بوضوح أمام هيرتسبرونج وراسل كانت أن معظم النجوم تسكن على طول شريط قطري، من أعلى اليسار نزولًا إلى أسفل اليمين، تسمى تلك النجوم بـ«نجوم التسلسل الرئيسي»، وهي النجوم التي لا تزال تحرق الهيدروجين في نواتها عبر الاندماج النووي، وتستهلكه على مدى 90% من حياتها، الشمس من هذه النجوم.

القاعدة البسيطة أنه كلما كانت درجة الحرارة أعلى كانت الضيائية أعلى، وهذا مفهوم، فالنجوم الزرقاء مثلًا صاحبة حرارة سطح مرتفعة، ولكي تصل إلى هذه الحرارة فلا بد أنها تمتلك تفاعل اندماج نووي شرس في مركزها، وهذا يعني أنها نجوم ضخمة لأن تفاعل شرس إلى هذا الحد يتطلب ضغطًا شديدًا وذلك لا يتحقق إلا بكتلة، وبالتبعية حجم كبير. ضخامة النجوم مثل ضخامة المصابيح، فكلما كان المصباح أكبر أشع ضوءًا أكثر.

ولكن عندما تتحرك من أعلى اليسار إلى أسفل اليمين، تصبح النجوم أقل في حرارة سطحها وبالتبعية في ضيائيتها، لأنها تكون أقل كتلة وأصغر في الحجم، وعندما نقطع قرابة ثلثي الطريق إلى الأسفل، نواجه الشمس، نجم من النوع G أصفر اللون مع ضيائية تساوي 1[2]، وعندما ننتقل إلى نجوم التسلسل الرئيسي الأسفل نلتقي بالنجوم البرتقالية والأقزام الحمراء، التي تمتلك ضيائية أقل وحرارة أقل، لأنها أصغر في الكتلة والحجم وأبرد[3].

يشبه ما سبق العلاقة الطبيعية بين الطول والوزن، فهناك دائمًا خطة عامة يتناسب فيها الطول مع الوزن، فكلما كان الشخص أطول كان أثقل، لكن هناك استثناءات لا شك، فقد تكون طويلًا ونحيلًا، أو قصيرًا وسمينًا، وهذه الاستثناءات توجد أيضًا في مخطط هيرتسبرونج راسل، حيث يمكن أن يكون هناك نجم ذو ضيائية عالية وحرارة منخفضة، فيضعه ذلك في قسم العمالقة الحمراء، وهو مصير النجوم المتوسطة في آخر حياتها حينما تتضخم، في

(1) لاحظ نقطتين غريبتين، الأولى أن درجات الضيائية تتصاعد بشكل غريب، ليس 1 ثم 2 ثم 3 أو 10 ثم 20 ثم 30، بل تصاعد لوغارتمي، 1 ثم 100 ثم 10 آلاف، يستخدم علماء الفلك هذا النمط من التصاعد كثيرًا، لأنه يسهِّل عرض البيانات. ولاحظ كذلك أن درجة الحرارة تزداد من اليمين إلى اليسار. وذلك لأن هيرتزسبرونج وراسل استندا في الأصل في رسمهما التخطيطي إلى التسلسل الطيفي الذي درسناه في الفصل السابق من O (أسخن النجوم) إلى M (أبرد النجوم)، من اليسار لليمين.

(2) لأن الشمس هي المعيار الذي نقيس عليه الضيائية.

(3) لكن ما الذي يعطي النجوم هذا التباين في كتلتها وحجمها؟ في الفصل الثاني تحدثنا عن نشأة النجوم، وكيف أن حجم السحابة الذي نشأت منه يحجج معايير مثل كتلة النجم وحجمه.

هذه الحالة يبتعد سطح النجم عن مركزه الساخن فتنخفض درجة حرارة سطحه، لكنه يظل ضخمًا وبالتالي ذا ضيائية مرتفعة[1].

ومن الاستثناءات كذلك أن تكون نجم ذا ضيائية منخفضة وحرارة مرتفعة، فيضعك ذلك بين الأقزام البيضاء، وهي بقايا نجوم خلت قبل زمن طويل، وتمثل الأنوية المركزة لهذه النجوم، ولأنها مكدسة بالمادة على حجمها الصغير إلى جانب عوامل أخرى، فإنها تكون ذات حرارة سطح مرتفعة، إلا أن ضيائيتها أقل لأنها أصلًا صغيرة الحجم.

طرق أخرى

ممتاز، يعني ذلك أن معرفة درجة حرارة النجم وضيائيته، وهي بيانات يمكن أن نحصل عليها كما تعلمنا في الفصول السابقة، يمكننا بالتبعية من معرفة بيانات أخرى مثل حجم النجم وكتلته، والواقع أن ما شرحته للتو كان صورة مبسطة من علاقات يستخدمها العلماء بالفعل في حساب الكتلة والحجم، فمثلًا من المعروف أنه في نطاق التسلسل الرئيسي تتناسب الضيائية مع الكتلة مرفوعة إلى أس 3.5، ولا يهم أن تفهم ذلك الآن لكن المقصود أنه على سبيل المثال أنه إذا كان النجم أكبر من الشمس في الكتلة بعشر مرات، فسيكون أكثر سطوعًا بـ 3160 مرة تقريبًا.

يعرف العلماء كتل النجوم بطرق أخرى، فمثلًا تمثل النجوم الثنائية فرصة ممتازة للعلماء كي يتعرفوا على كتلة النجوم. لحسن الحظ، لا تعيش كل النجوم مثل الشمس، بمعزل عن النجوم الأخرى. فنحو نصف النجوم هي نجوم ثنائية (نجمان يدوران حول بعضهما بعضًا وهما مرتبطان بفعل الجاذبية، وسنتحدث عن الأمر بتفصيل أكبر في الفصل القادم). ويمكن حساب كتلة النجوم الثنائية من خلال قياس مداراتها، تمامًا كما يمكن استنتاج كتلة الشمس من خلال قياس مدارات الكواكب حولها، يعتمد ذلك ببساطة على قوانين الجاذبية، فنحن نعرف أنه كلما ازدادت كتلة جرم ما ازدادت جاذبيته، وبالتبعية يؤثر ذلك على مدار أي جرم يدور حوله، سواء كان نجمًا (في حالة النجوم الثنائية) أو كوكبًا (في حالة المجموعة الشمسية ومثيلاتها).

مخطط هيرتسبرونج-راسل كذلك ليس الطريقة الوحيدة لقياس حجم نجم ما. إحدى التقنيات، التي تعطي أقطارًا دقيقة للغاية (والقطر هو معيار يحدد الحجم)، ولكن يمكن استخدامها لبضعة نجوم فقط، هي ملاحظة خفوت الضوء الذي يحدث عندما يمر القمر أمام نجم ما، وما يقيسه علماء الفلك في هذه الحالة هو الوقت اللازم لانخفاض سطوع النجم إلى

(1) ويجري الأمر ذاته على العمالقة الفائقة الحمراء.

الصفر مع تحرك حافة القمر عبر قرص النجم. ولأننا نعلم مدى سرعة تحرك القمر في مداره حول الأرض، فمن الممكن حساب قطر النجم.

ويستمر العلماء يومًا بعد يوم في إيجاد طرق ذكية لإيجاد أقطار وكتل النجوم، لكن ما ضربته من نماذج هنا هو مثال على كيفية استخدام طرق غير مباشرة في التوصل إلى بيانات عن أشياء بعيدة جدًّا جدًّا عنا، ولا يمكننا الوصول إليها بما نمتلكه من عمر وقدرات تقنية!

قال أحد الفلكيين الهواة ذات مرة إنه يمثل «الجدول الدوري للنجوم»، صديقنا يعرف أن التشبيه لا شك غير دقيق كفاية لكنه معبر تمامًا عن الفكرة التي يريد نقلها. في الجدول الدوري للعناصر الكيميائية تتوزع العناصر بترتيب محدد، ويعطي موقع العنصر في الجدول الدوري معلومات حول الكثير من ملامح شخصيته، مثل شدة التفاعل الكيميائي والطبيعة الفلزية والمعدنية والسلوك في أثناء التفاعل الكيميائي، وخصائص أخرى مثل نقطة الغليان والكثافة والصلابة، إلخ.

وبالمثل، فإن موقعك (لو كنت نجمًا) في مخطط هيرتسبرونج-راسل يعلمنا بالتبعية عن كُتلتك وحجمك، وبمعرفة بيانات أخرى مثل الضيائية وحرارة سطحك وتركيبك عن طريق التحليل الطيفي يمكن أن نعرف الكثير عن نموك، هل أنت نجم يافع صغير أم أنك عجوز قارب عمره على الانتهاء؟ يساعد مخطط هيرتسبرونج-راسل على معرفة أعمار النجوم بشكل تقديري، وهناك وسائل أخرى يستخدمها العلماء لهذا الغرض مثل معدل دوران النجوم ذات الأعمار الأصغر من الشمس، وما يسمى بعلم الزلازل النجمي[1]!

والواقع إن بناء الشكل الذي رأيته قبل قليل تطلب سنوات طويلة من رصد ملايين النجوم ودراسة خصائصها بالطرق التي تعلمناها فيما مضى من فصول ثم وضع بياناتها في مخطط هيرتسبرونج-راسل، والتأكد من أنها تناسبت تمامًا مع موقعها، فمثلًا مع قياس الكتلة عن طريق الأنظمة الثنائية تأكد العلماء أن النجوم من النوع O توجد دائمًا في الجزء العلوي من المخطط، مع كتل تصل إلى 100 ضعف كتلة الشمس، وفي الطرف الآخر من التسلسل الرئيسي، تتمتع النجوم الباردة ذات الضيائية القليلة بكتلة منخفضة تصل إلى 0.1 مرة من كتلة الشمس.

---

(1) قد تتعجب من هذا الاصطلاح، لكن النجوم ليست مجرد كرات غازية لامعة، بل إنها -بشكل أو بآخر- «تغني» أيضًا عن طريق الاهتزاز، هذه الاهتزازات تشبه النوتات الموسيقية، لكننا لا نستطيع سماعها، نراها في الطريقة التي يتغير بها ضوء النجم، حيث يستخدم العلماء تلسكوبات خاصة لمراقبة التغيرات الطفيفة في سطوع النجم أو حركته، وتساعدهم هذه التغيرات على فهم ما يحدث داخل النجم.

جميل جدًّا، بنهاية الفصل الرابع أصبحت لدينا معرفة بكيفية تحديد المسافات إلى النجوم والمجرات البعيدة، ومن ثم خصائص مثل الضيائية، وتركيب النجوم ودرجة حرارة سطحها، وهو ما ساعدنا في معرفة بيانات أخرى عن النجوم مثل القطر والكتلة ومن ثم استخدام ذلك كله لفهم المرحلة التي يمر بها النجم في حياته الآن، وبالتبعية عمره، الآن نعرف تقريبًا كل شيء نسمع عنه في الأخبار عن النجوم والمجرات ونتساءل عن كيفية معرفته، لكن بقي أن نتعلم قليلًا عن الأدوات التي استخدمت لهذا الغرض.

الفصل الثامن

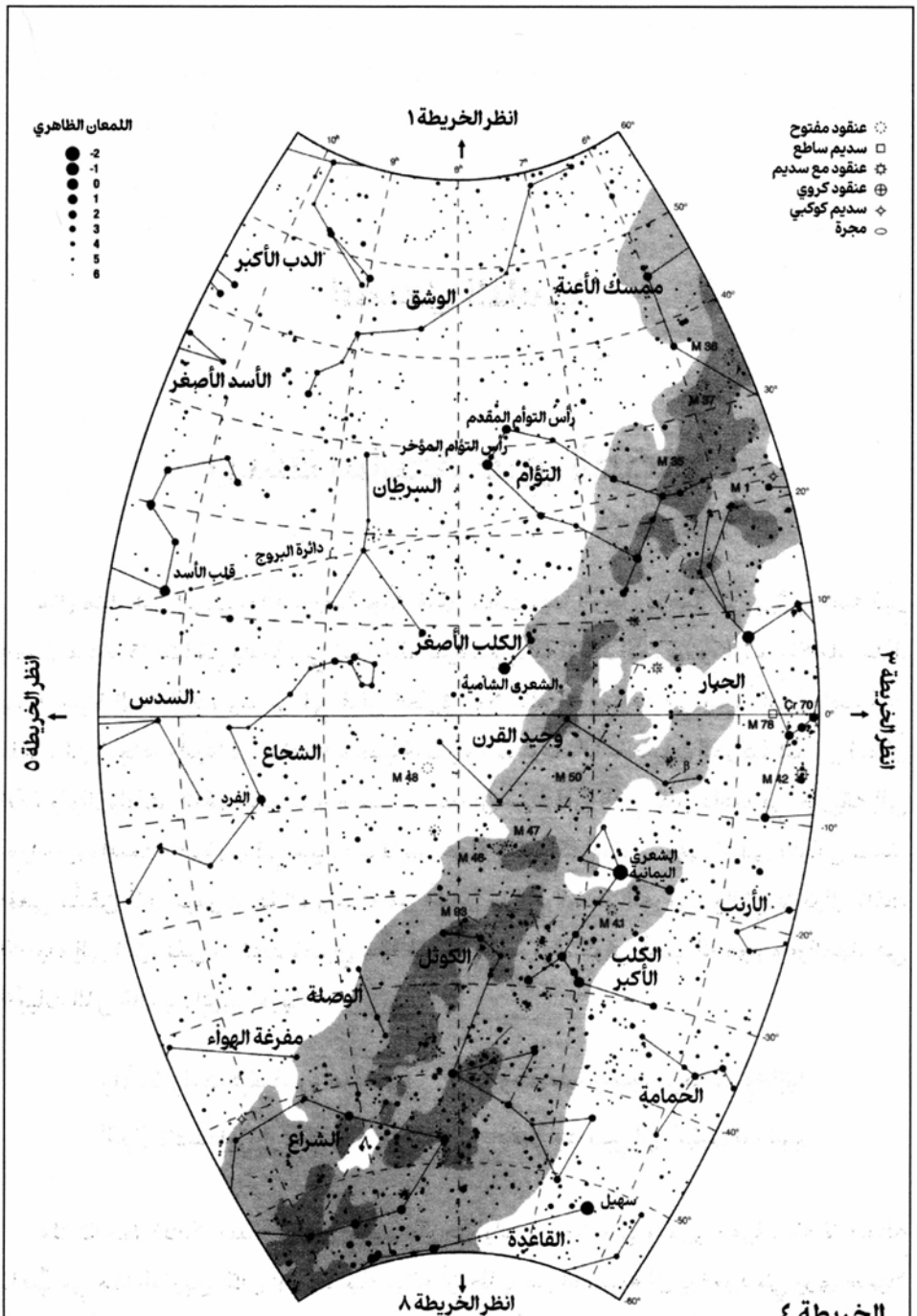
ريشة سابحة في الفضاء

مثَّل مالك ابن الريب حالة خاصة جدًّا، فلقد حانت لهذا الرجل فرصة كي يرثي نفسه قبل الموت مباشرة! نشأ في بادية بني تميم بالبصرة مع بداية العهد الأموي، وكان مشاكسًا، صلبًا، يتخذ حياة الصعاليك، ويعمل في قطع الطرق، ولا ينام إلا وسيفه في يديه، إلى جانب ذلك فلقد كان شجاعًا وأنيقًا في هندامه وحديثه، بدرجة تذكرنا بالشخصيات المركبة لبعض أبطال الأفلام والروايات، التقى ذات مرة سعيد بن عثمان بن عفان الذي كان ذاهبًا في طريقه إلى خراسان وأقنعه بالدخول في جيشه بدلًا من حياة الصعلكة فوافق، وفي إحدى الليالي لدغته أفعى فأيقن أنه سيموت، فقال واحدة من أجمل روائع الشعر العربي، والتي لا تزال تلفت الانتباه إلى الآن، لكن ما لفت نظري حقًّا في هذه المرثية، كوني أحب النجوم وعوالمها، هي الأبيات التي قال بن الريب فيها:

وَلَمَّا تَـراءَت عِندَ مَـرو منِيتـي ... وَخَلَّ بِها جِسمي وَحانَت وَفاتِيا

أَقولُ لأَصحابي اِرفَعوني فَإِنَّهُ ... يَقَـرُّ بِعَينـي أَن سُهَيلٌ بَدا لِيـا

هلا تلاحظ ذلك؟ حينما تراءى الموت للرجل بالقرب من مدينة مرو وعرف أنه لا محالة ذاهبٌ في هذا الطريق، كان أول ما جاء بباله أن طلب من أصحابه أن يرفعوه كي يرى سهيلًا (لأن سهيلًا نجم جنوبي قريب من الأفق يحتاج إلى أن تكون عاليًا قليلًا عن مستوى الأرض لتراه)، فهو يحب هذا النجم جدًّا، ربما يذكره بألعاب الطفولة مع الرفاق عند البادية، أو يذكره بحبيبة قديمة لم ينسها قط، تقول بعض المصادر إن هناك بيتًا متممًا للبيت الأخير يقول فيه:


انظر الخريطة ١
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
الدب الأكبر
الوشق
مِيسك الأعنة
الأسد الأصغر
رأس التوأم المقدم
رأس التوأم المؤخر
التؤام
السرطان
دائرة البروج
قلب الأسد
الكلب الأصغر
الشعرى الشامية
السدس
الحمار
وحيد القرن
الشجاع
ألفرد
الشعرى اليمانية
الأرنب
الكوثل
الكلب الأكبر
الوصلة
مفرغة الهواء
الحمامة
الشراع
سهيل
القاعدة
انظر الخريطة ٥
انظر الخريطة ٣
انظر الخريطة ٨
الخريطة ٤

بِأَنَّ سُهَيْلًا لاحَ مِنْ نَحوِ أَرضِنَا وَأن سُهَيلًا كانَ نجمًا يَمانِيَا

يعني أن سهيلًا ظهر من اتجاه أرضه البعيدة، فهي في الجنوب وهو أيضًا نجم يماني أي جنوبي. شيء عجيب! تخيَّل أن شخصًا ما، في مواجهة الموت نفسه، كان حزينا جدًّا لكنه هادئ كفاية لأن يطلب من أصدقائه أن يرى النجم الذي يحب، ليذكره بشيء ما قاسٍ، أو جميل، أو طيِّب، أو حزين، أو ممتع ومؤجج للنفس، أو أي شيء، المهم أنه أصبح جزءًا من ذكرياته، من جوهره.

سهيل ورفاقه

علاقة البشر بالنجوم عميقة، وسهيل تحديدًا كان من الأساسات المهمة عند العرب القدماء، وقيل إنه «البشير اليماني» لأنه بظهوره في أواخر أغسطس تنكسر حدة الحر الشديد. أما في الصين، يظهر النجم منخفضًا في السماء الجنوبية ولا يظهر في السماء الشمالية، لذلك ارتبط باسم «الرجل العجوز في القطب الجنوبي»، وهو رجل نبيل ذو لحية بيضاء (كان هناك مفهوم مماثل في اليابان)، وكان النجم بالنسبة إلى السكان في شرقي آسيا عمومًا رمزًا لطول العمر والسعادة.

وفي إفريقيا جنوبي الصحراء كان سهيل معروفًا لدى بعض القبائل باسم «نجم بيض النمل» نظرًا إلى ظهوره خلال الموسم الذي يكثر فيه البيض، وربما صورته بعض القبائل كواحدة من الزرافات، وفي أكتوبر كانت الزرافات تحلق فوق الأشجار في الأفق المسائي، لتذكر الناس بإكمال الزراعة. مرة أخرى، السماء دائمًا ما تعكس جانب من هويتك.

الآن نعرف أنه عملاق يعد ثاني ألمع نجم في سماء الليل، ولا يتفوق عليه سوى الشعرى اليمانية (الذي يظهر كذلك في الخريطة الخاصة بهذا الفصل). بكتلة تبلغ ثمانية أو تسعة أضعاف كتلة الشمس، يتمتع نجم سهيل بمحيط مذهل يزيد على محيط الشمس بسبعين ضعفًا، كما أن لمعانه يزيد على لمعان نجمنا بعشرة آلاف إلى ثلاثة عشر ألف مرة، الشعرى اليمانية في المقابل يلمع أكثر من الشمس بـ 25 ضعفًا، لكن لأنه قريب (قرابة 8 سنوات ضوئية فقط) يبدو ألمع، أما سهيل فيبتعد عنا 300 سنة ضوئية!

السماء الجنوبية بوجود سهيل ورفاقه، أكثر تميزًا في اللوحة السماوية التي ندرسها بهذا الفصل مقارنة بالسماء الشمالية، حيث نلاحظ وجود كوكبات خافتة نوعًا ما، مثل وحيد القرن، وجانب من كوكبة الشجاع، وصولًا إلى السرطان على دائرة البروج، وإلى جوارها تلاحظ كوكبة التوأم اللامعة، وهي من أهم ملامح الشتاء.

هذه المنطقة من السماء، والتي عادة ما تميز فصل الشتاء بنصف الكرة الشمالي (والصيف بالجنوبي) بها نجوم كثيرة ذات اسم عربي، الكلب الأكبر في الأسطورة اليونانية هو أحد كلبي أوريون أو الجبار، أما في الأسطورة العربية فإن الكوكبة لم تكن كذلك، بل حَوتْ نجم الشعرى اليمانية، أو Sirius باللاتينية، والمُلاحظ أنه حينما نقلت أسماء النجوم من العربية إلى اللاتينية، قام المترجمون بنقل الكثير من الأسماء العربية للنجوم الخافتة، لكن ألمع نجوم الكوكبة غالبًا ما كان يأخذ اسمًا لاتينيًّا، والشعرى اليمانية ليست ألمع نجوم الكوكبة فحسب، بل ألمع نجوم السماء كلها.

إلى جوار الشعرى اليمانية نجد كذلك نجمًا آخر أقل لمعانًا سمته العرب المرزم، والمرزم في اللغة هو النجم قليل اللمعان الذي يقف إلى جوار نجم لامع، وسمَّتِ الشعرى نفسها مرزم الجوزاء لأن العرب تخيلت أنها تابعة للجوزاء. نجم المرزم ما زال يمسك بنفس الاسم إلى الآن Mirzam، وعلى الرغم من أن المرزم بطبيعته شديد السطوع (فهو نجم أزرق عملاق من الفئة B، أكثر سطوعًا من الشمس بأكثر من ثمانية آلاف مرة ودرجة حرارة سطح تقدر بـ 20 ألف كلفن)، فإن بعده الحالي عن الأرض (قرابة 500 سنة ضوئية) يجعله أقل لمعانًا من النجوم القريبة الأكثر سطوعًا، مثل الشعرى اليمانية نفسه.

ويعتقد العلماء أن نجم المرزم كان أقرب كثيرًا إلى الأرض منذ قرابة 4.42 مليون سنة بسبب الحركة الطبيعية للنجوم داخل مجرة درب التبانة، وربما كان بلمعان مقداره قرابة 3.7 أي أكبر من ضعف الشعرى اليمانية الآن، ويماثل لمعان كوكب الزهرة في أوضح حالاته.

تتحرك نجوم عبر الفضاء بسرعات واتجاهات مختلفة، متأثرة بقوى الجاذبية داخل المجرة، بالضبط كما تتحرك الكواكب حول النجوم، وكما تتحرك الأقمار حول الكواكب، مع اختلاف السياقات، إلا أن حركة النجوم حول مركز المجرة تختلف عن حركة الكواكب حول الشمس، فهي ليست سلِسة، بل تشبه حركة السيارات في يوم مزدحم على الطريق الدائري حول القاهرة مثلًا، تتسبب هذه الحركات في تغير مواقع النجوم في السماء ببطء على مدى آلاف أو ملايين السنين.

مكتبة
t.me/soramnqraa

ريشة في الفضاء

والواقع أن مسار الشمس في درب التبانة قد عرضها لحوادث سابقة مثيرة، فمثلًا يقترح فريق من العلماء أنه قبل 70 ألف سنة من الآن، وفي وقت كان البشر فيه قد بدأوا في الهجرة من إفريقيا إلى أوروبا، رأى الناس في السماء، على مدى سنوات، واحدًا من أروع العروض الممكنة: كرة حمراء لامعة في السماء لم يُرَ مثلها من قبل (ولا بعد). وكان السبب، حسب دراسة نشرت من جامعتي مدريد وكامبردج، هو نجم كان قد مر بالمجموعة الشمسية سُمي «نجم سكول»، وكان قريبًا لدرجة أنه اخترق سحابة أوورت في خلفية المجموعة الشمسية، وأثر جذبويًّا على المذنبات الخاصة بها، وهو الآن يقف على مسافة 20 سنة ضوئية.

ويتوقع العلماء أن نجمًا يمر بمسافة 10 آلاف وحدة فلكية فقط من الشمس مرة كل 36 مليون سنة، وهي مسافة قريبة جدًّا نسبيًّا، بل وتوصل الباحثون من جامعة برشلونة ومختبر الدفع النفاث في باسادينا إلى دليل يؤكد أن نجمًا قد مر بقرب الشمس خلال المليون عام الماضية، وربما سوف يكون العبور القادم لقزم أحمر يدعى جليز 710 خلال 1.4 مليون سنة. هل تعتقد أننا سوف نكون كبشر موجودين لنراه؟ كم تمنيت أن أرى شيئًا كهذا.

وقبل قرابة مليوني سنة، سقطت الأرض في حالة تجمد عميق، مع ظهور عصور جليدية متعددة وذهابها حتى قرابة 12 ألف سنة مضت. ويرى العلماء أن العصور الجليدية تحدث لعدد من الأسباب، تتضمن ميل الكوكب ودورانه (راجع الفصل الرابع عشر)، وتغيرات الصفائح التكتونية، والانفجارات البركانية، ومستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ولكن ماذا لو كانت مثل هذه التغيرات الجذرية ليست نتيجةً لبيئة الأرض فقط، بل أيضًا لموقع الشمس في المجرة؟

السؤال السابق كان محور دراسة نشرت في «نيتشر أسترونومي» في 2024 أجراها فريق من علماء الفلك الذين أوضحوا أن هناك دلائل على أن المجموعة الشمسية مرت قبل مليوني عام عبر سحابة من الغاز والغبار بين النجمي والتي كانت كثيفة وباردة جدًّا. وأوضح الباحثون، أن هذا الأمر ربما أثر على مناخ الكواكب، بما في ذلك الأرض.

تمكنت هذه السحابة من ضغط الغلاف الشمسي والوصول إلى الكواكب داخله. والغلاف الشمسي أشبه بفقاعة منتفخة بالفضاء تنشأ من تدفق مستمر من الجسيمات التي تسمى الرياح الشمسية، وهي جسيمات مشحونة عالية الطاقة تصدر من الشمس بشكل مستمر وتمتد إلى ما بعد بلوتو، وتغلف الكواكب «بفقاعة عملاقة» تعمل كدرع وقائي ضد الإشعاع الكوني والمواد الموجودة بين النجوم.

قام الباحثون ببناء نماذج محاكاة حاسوبية لتصور موقع الشمس قبل مليوني سنة، ومسارها المتوقع. وأظهرت عمليات المحاكاة أن إحدى السحب القريبة، المسماة بـ «سحابة الوشق المحلية الباردة»، ربما تكون قد اصطدمت مع النظام الشمسي، وتداخلت مع الكواكب، الأمر الذي يمكن أن يؤثر على مناخ الكواكب، ومنها الأرض.

وللتأكد من صحة تلك الفرضية أجرى الباحثون دراسةً لنسب وجود نظائر الحديد 60 والبلوتونيوم 244 في المحيطات وثلوج القطب الجنوبي والعينات القمرية في الفترة الزمنية نفسها، لأن أي زيادة في تركيز تلك العناصر الذرية المتبقية من النجوم المنفجرة والتي توجد في مثل تلك السحب، تعني مرور المجموعة الشمسية داخل السحابة، وتبين أن هناك ذروتين واضحتين تم اكتشافهما في هذه النظائر المشعة في رواسب أعماق البحار وقشور المنجنيز الحديدي وفي ثلوج القطب الجنوبي وفي العينات القمرية منذ قرابة 2-3 ملايين سنة مضت، وقبل 7 ملايين سنة مضت، وهذه النتائج تؤسس لنموذج تفكير جديد يشير إلى أن موقع الشمس له تأثير مباشر محتمل على الأرض.

مرة أخرى، تبدو مجموعتنا الشمسية، ومن ثم أرضنا الطيبة، وكأنها ريشة تسبح في الفضاء، تتعاقب عليها التأثيرات الكوكبية بلا تدخل منا.

حديقة عربية لامعة

أطلقت العرب على مجموعة النجوم في ذيل الكلب اسم العذارى أو عُذرة الجوزاء، والعُذرة هي خُصْلة من الشَّعر، كذلك أطلقت العرب على النجمين أسفل رجل الكلب (وهما من كوكبة أخرى سميت الحمامة) اسمَيْ حَضار والوزن، وإلى جانبهما وجدت مجموعة خافتة من النجوم سُميت الفرود، جمع فرد، وكذلك سُميت القرود والأغربة، جمع غراب، وفي بعض الحكايات سُمي كلٌّ مِن حَضار والوزن بالمُحلفين والمُحنثين، وتقول الحكاية إن هذين النجمين يشرقان قبل سهيل اللامع، ويظن البعض أن أحدهما سهيل، ويقول البعض الآخر إنه ليس سهيلًا، فيحلف هذا على أنه سهيل ويحلف ذاك على أنه ليس سهيلًا، ثم يتبين أن أحدهما قد أخطأ، ومَن أخطأ في حلِفه سُمي المحنث.

والواضح أن مجموعة من نجوم الكوكبة تتخذ أسماء عربية متعلقة بكل ما سبق، لكنها ليست في مواضعها الحقيقية، بسبب أخطاء النقل والترجمة أو ربما أخطاء مقصودة، فمثلًا تجد المحلفين Muliphein بالأعلى عند رأس الكلب، وتجد قرب ذيله نجم وزن Wezen، لكن العذارى Adhara والعذراء Aludra ما زالا في مكانيهما، كذلك الفرود Furud وبالطبع المرزم Mirzam.

إلى جوار كوكبة الكلب الأكبر توجد كوكبة أخرى هي الحمامة Columba، وكانت قديمًا جزءًا من كوكبة الكلب الأكبر، وبها نجوم تنتمي بتسميتها العربية إلى حكايتنا فتجد مثلًا القرود Elkurud إلى جوار الفرود، وتجد نسخة أخرى من الوزن مكتوبة بطريقة مختلفة Wazn ونجمًا آخر متعلقًا بالكوكبة ذاتها وهو Phact الذي يعتقد أنه مأخوذ من «فاخِتة» وهو نوع من الحمام المطوّق (تعرف على موضع كل ما سبق من النجوم في الخرائط رقم 9 و10 و13 بالأطلس المرفق بالكتاب).

تزخر تلك المنطقة من السماء بعمالقة من النجوم، فكثيرًا ما ستلتقي بنجوم ضخمة مثل العذارى، أو المرزم، أو وزن، أو العذراء التي تتخطى كتلة كل منها 10 كتل شمسية، هذه النجوم متوقع يومًا ما أن تنفجر محدثة مستعرًا أعظم، وهو انفجار مؤثر، يغير في طبيعة محيطه بشكل كبير، فقد يكون سببًا في تحرك كتلة من الغاز والغبار للتراكم وإنشاء النجوم الجديدة، والتي تنمو مع الزمن وتصبح نجومًا ناشئة، وربما تكون كواكب تنشأ عليها وتزدهر صور من الحياة، وقد تكون تلك الانفجارات سببًا للموت كذلك، ولهذا قصة تستحق أن تُحكى.

في عام 2023 أعلن فريق بحثي بقيادة علماء من جامعة لاكويلا الإيطالية عن رصد تأثر واضح حصل للغلاف الجوي لكوكب الأرض في أثناء حدوث أسطع انفجار لأشعة جاما رُصد على الإطلاق حتى وقتها، في سابقة نادرة جدًّا.

وتعد انفجارات أشعة جاما أشعة يرصدها العلماء على الأرض تبين حدوث عمليات نشطة للغاية في المجرات البعيدة، تعرَّف عليها العلماء منذ الستينيات من القرن الفائت، ومؤخرًا باتوا يعرفون أنها تحدث بسبب انهيار نجم عملاق على ذاته مما يتسبب بنشأة مستعِر أعظم هائل، أو اندماج النجوم النيوترونية.

تطلق انفجارات أشعة جاما كمية هائلة من الطاقة في مدة زمنية قصيرة نسبيًّا. وفي حالة الانفجار الجديد الذي سمي «جي بي آر 221009 إيه» فقد استمر الإشعاع الصادر من الانفجار مدة 800 ثانية، وتبين أنه بسبب انفجار نجم عملاق على بعد أكثر من ملياري سنة ضوئية. كان الانفجار من القوة بحيث أحدث تأثيرات شديدة في طبقة الأيونوسفير من الغلاف الجوي، والتي تقع على ارتفاع يتراوح بين 80 و600 كلم من سطح الأرض.

جدير بالذكر أن ما حدث لم يؤثر على حياتنا على الأرض، وجُل ما يمكن أن يحدث من انفجارات بعيدة كهذه هو تأثيرات راديوية وتأثيرات على اتصالات الأقمار الصناعية لا تدوم طويلًا. لكن هذا الحدث الكوني لفت انتباه العلماء لأن أي انفجار نجمي شبيه لكن في محيط الأرض يمكن أن يكون كارثيًّا، لدرجة أنه يمكن أن يزيل طبقة الأوزون الأرضية بالكامل.

ولحسن حظنا، فإن محيطنا الكوني القريب لا يحوي حاليًّا نجومًا مرشحة لأن تطلق هذا النوع من الدفقات الإشعاعية، إلا أن ذلك سيحدث يومًا ما، حيث يُعتقد أن هذا النمط من الانفجارات قد أثر في الأرض بقوة في ماضينا السحيق، حيث يحتمل فريق من العلماء أن انفجارًا واحدًا على الأقل من تلك التي حدثت خلال الخمسة مليارات سنة الماضية قرب الأرض كانت كفيلة بإحداث ضرر كارثي. ويُعتقد أن الانقراض الأوردوفيشي السيلوري الذي حصل منذ 450 مليون سنة كان بسبب انفجار أشعة جاما قريب نسبيًّا، بحسب دراسة نشرها باحثون من الجمعية الأمريكية لعلم الفيزياء.

واقترحت تلك الدراسة أن الإشعاع المكثف الصادر من انفجار أشعة جاما القريب من الأرض أدى إلى محو نحو 40% من طبقة الأوزون، الأمر الذي سمح للأشعة فوق البنفسجية الضارة بالوصول إلى الأرض، وأثر ذلك بشكل خاص في الحياة النباتية فأفقد الأرض 20-60 % منها. وبالإضافة إلى استنفاد طبقة الأوزون، ربما يكون انفجار أشعة جاما هو الذي أطلق موجة البرد العالمية المفاجئة التي بدأت في نفس وقت الانقراض تقريبًا، حيث تقوم أشعة جاما بتفكيك جزيئات النيتروجين والأكسجين الموجودة في الغلاف الجوي وتحويلها إلى ثاني أكسيد النيتروجين، الذي يحجب ضوء الشمس عن الأرض. مرة أخرى، ريشة في الفضاء.

الثنائيات المدهشة

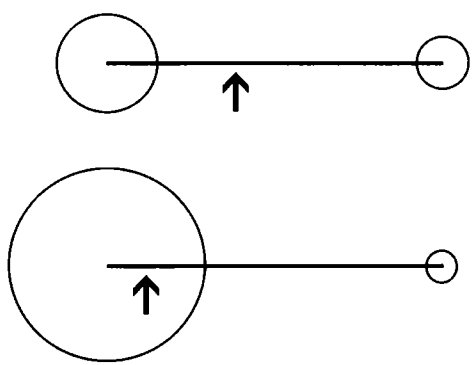
هذه اللوحة السماوية زاخرة كذلك بالنجوم الثنائية، وهي كما أسلفت في أكثر من موضع بالكتاب نجوم تدور حول بعضها بعضًا، وقد تُدهش حينما تعرف أن قرابة نصف النجوم الظاهرة في السماء ليلًا هي نجوم ثنائية. لكن من الصعب أن نلاحظ النجوم الثنائية بأعيننا لأنها بعيدة جدًّا فلا يبدو إلا ألمع النجمين، يشبه الأمر أن يقف صديقان إلى جوار بعضهما بعضًا على مسافة كيلومتر أو كيلومترين منك، يمكن أن تراهما إذا كان نظرك حادًّا، لكنك غالبًا ستراهما وكأنهما شخص واحد واقف، بسبب قربهما النسبي من بعضهما بعضًا، مقارنة بالمسافة بينهما وبينك.

ويعتقد العلماء أن النجوم الثنائية أكثر شيوعًا بفارق كبير من النجوم المنفردة في مجرتنا درب التبانة، ويظن فريق منهم أن الشمس نفسها كانت يومًا ما نجمًا ثنائيًّا، بني هذا الافتراض على دراسة هيكل «سحابة أوورت» الموجودة في الباحة الخلفية لمجموعتنا الشمسية، حيث يشير ثباتها إلى وجود سابق لقوى جاذبية أكبر من الشمس وحدها، ما يعني أن هناك نجمًا آخر مع الشمس قد ثبَّتها في موضعها، وفي عام 2018 أعلن فريق بقيادة علماء فلك برتغاليين أنهم حددوا توأم الشمس على بعد 184 سنة ضوئية تقريبًا من الأرض، وهو نجم سُمي اتش

دي 186302، فريق آخر من العلماء قال إن هذا النجم هو على الأقل أحد أقرباء الشمس، وسأتحدث في هذا الأمر بالتفصيل بعد قليل.

السبب في وجود النجوم الثنائية مفهوم بالطبع، فغالبية النجوم تنشأ بالأساس في صورة مجموعات تشبه الحضانات الضخمة داخل سحب غبارية شاسعة زاخرة بالهيدروجين يحوي كل منها عدة مئات أو ربما آلاف من النجوم الطفلة، وبالتبعية فإن قرب تلك النجوم من بعضها بعضًا يفتح الباب لأن تتأثر بجاذبية بعضها بعضًا (راجع الفصل السادس).

والواقع أن دوران الأجرام السماوية حول بعضها بعضًا يخضع لنفس القوانين سواء كنا نتحدث عن كواكب أو نجوم، هذه القوانين تفرض أن يدور الجرمين حول ما يسمى بمركز الكتلة بينهما، وهو نقطة تعتمد على كتلة كلٍّ من الجرمين، فإذا كانت كتلتا الجرمين متساويتين فإنهما يدوران معًا حول نقطة في المنتصف تمامًا بينهما، وكلما ازدادت كتلة جرم منهما على الآخر اقتربت تلك النقطة من الجرم الأكبر في الكتلة، وإذا كان فارق الكتلة كبيرًا ستقترب النقطة من الجرم الأكبر في الكتلة حتى تدخل فيه.



فإذا كنا نتحدث عن الشمس وكوكب الأرض مثلًا فإن مركز الكتلة يكون عادة قريبًا جدًّا من مركز الشمس لدرجة أنه يكون داخل جسم الشمس نفسه. أما في حالة النجوم، فإن فارق الكتلة لا يكون كبيرًا بهذا الشكل مثل حالة الشمس والأرض، ولذلك فإنهما يدوران معًا عادة حول مركز مشترك بينهما.

ويرجع تاريخ ملاحظة النجوم الثنائية إلى بدايات اختراع التلسكوب، لكن أول دليل على أن تلك النجوم ليست مجرد محاذاة بصرية ظهر في عام 1767 عندما أدخل الفيلسوف الإنجليزي

جون ميشيل الإحصاء إلى دراسة النجوم، موضحًا في ورقة بحثية رائدة أن العديد من النجوم تنشأ في صورة في أزواج تُشد إلى بعضها بعضًا عن طريق الجاذبية.

بعد هذا التاريخ بقرابة 8 سنوات أشار الفلكي والملحن البريطاني ويليام هيرشل إلى أن بعض ثنائيات النجوم قد تصنع نظامًا مستقلًّا يتأثر كل من فرديه بجاذبية الآخر، كان هيرشل يقيس تغير موقع ولمعان مجموعة من النجوم في السماء عبر تلسكوبه الضخم، واكتشف أن بعض النجوم تبدو وكأنها تتخذ مدارات حول بعضها بعضًا. جمع هيرشل أكثر من سبعمائة زوج منها في قائمة خاصة، وكان أول من أطلق عليها لقب ثنائيات.

ولد فريدريش فيلهلم هيرشل في هانوفر بألمانيا عام 1738، وسعى في البداية إلى مهنة في الموسيقى، وقبل أن يتم عامه العشرين انتقل إلى إنجلترا حيث عمل مدرسًا للموسيقى، كما كان يؤلف السيمفونيات ويؤدي في الأوركسترا، ومع ذلك، سيطر شغفه بعلم الفلك تدريجيًّا على حياته، وفي سبعينيات القرن الثامن عشر، أصبح هيرشل مفتونًا بعلم الفلك وبدأ في بناء التلسكوبات لمراقبة السماء الليلية.

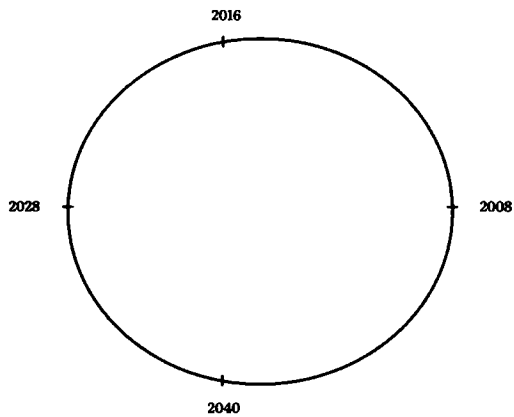
أمضى هيرشل وأخته الكبرى كارولين، التي أصبحت متعاونة وثيقة معه، 401 ليلة متتالية من الرصد، فيقوم أحدهما بالرصد والآخر بتدوين البيانات، وتمكن من تعريفنا بقرابة 2500 جرم سماوي في واحد من أعظم الفهارس الفلكية في التاريخ، ضمت الكثير من السدم والعناقيد النجمية، أجرى هيرشل كذلك مسحًا تفصيليًّا للنجوم وخلص إلى أن مجرة درب التبانة عبارة عن قرص مسطح من النجوم.

الشعرى اليمانية هو أحد النجوم الثنائية، حيث يمتلك قزمًا أبيض يدور حوله يسمى الشعرى ب، أو بمعنى أوضح يدور كل منهما حول مركز مشترك يميل بشكل أكبر ناحية الشعرى اليمانية. هنا يمكن ملاحظة أن نظام تسمية الثنائيات بسيط، يوضع الحرف A أو «أ» بجانب النجم الرئيس في النظام وB أو «ب» بجانب الذي يليه، ويمكن إن كان النجم متعددًا -أي يتكون من أكثر من نجمين- أن نضيف حروفًا تالية كـ C أو «ج» ثم D أو «د» وهكذا. وإذا كان نجم من هؤلاء بدوره نجمًا ثنائيًّا فينقسم إلى حروف أصغر، فمثلًا ينقسم C إلى Ca «ج أ» وCb «ج ب»، وهكذا.

مثل الشعرى اليمانية، فإن الشعرى الشامية (Procyon) يمتلك قزمًا أبيض، كان عالم الفلك الألماني فريدريش بيسل قد افترض وجوده في وقت مبكر من عام 1844، وتمكن مواطنه آرثر أويرز من حساب مدار «الشعرى الشامية ب» في عام 1862 كجزء من أطروحته البحثية لنيل الدكتوراه، ولم يتم تأكيد وجود هذا القزم الأبيض بصريًّا حتى عام 1896 عندما

رصده جون مارتن شايبرل في الموضع المتوقع من حسابات السابقين باستخدام تلسكوب مقاس 36 بوصة.

كنظام نجمي ثنائي، يدور الشعرى الشامية ورفيقه حول بعضهما بعضًا، في مدار بيضاوي (راقب الشكل المرفق) ولمدة 41 سنة في الدورة الواحدة، والمسافة بين النجمين تتراوح بين 8.9 وحدة فلكية في أقرب مسافة بينهما و21.0 وحدة فلكية في أبعد مسافة، ولفهم تلك المسافات فالأرض تبتعد عن الشمس بمقدار وحدة فلكية واحدة فقط (150 مليون كيلومتر)، بينما يبتعد زحل قرابة 10 وحدات فلكية عن الشمس، وفي الخلفية نبتون بقرابة 30 وحدة فلكية.



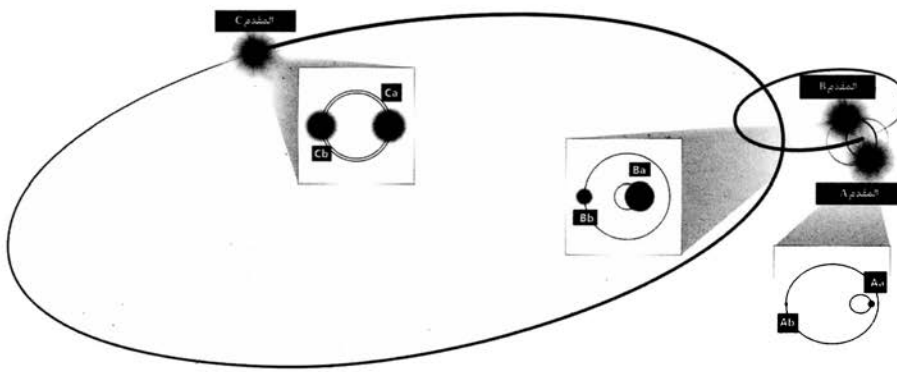
نجوم متعددة

مدارات النجوم الثنائية والمتعددة حول بعضها بعضًا متفاوتة بطريقة مدهشة، فمثلًا في أكتوبر 2024 تمكن علماء فلك محترفون وهواة من اكتشاف نظام نجمي ثلاثي فريد يُسمى «تي آي سي» 290061484، وفيه يدور نجمان حول بعضهما بعضًا كل يومين تقريبًا، إلى جانب نجم ثالث يدور حول هذا الثنائي في 25 يومًا فقط. يحطم هذا الاكتشاف الرقم القياسي السابق لأقصر فترة مدارية خارجية في مثل هذه الأنظمة، والذي تم تسجيله في عام 1956 مع نجم ثالث يدور حول زوج داخلي في 33 يومًا.

ولتقريب الفكرة، تخيل أن النجم الأول -وهو نجم أضخم وأشد حرارة من الشمس- يوجد موضع الشمس الآن، يجعل ذلك النجم الثاني والثالث (وهما كذلك أضخم وأشد حرارة من الشمس) يدوران حول بعضهما بعضًا عند مدار كوكب عطارد!

الآن لنرتفع قليلًا إلى الأعلى ونتأمل بعضًا من روائع كوكبة التوأم، وهي من الأساسات المهمة لكل مطلع على سماء الليل في فصل الشتاء، ولنبدأ من نجم رأس التوأم المقدم أو كاستور Castor، أحد النجمين الممثلين لكوكبة التوأم (إلى جانب أخيه بولكس أو رأس التوأم المؤخر)، ويعد كاستور أحد ألمع النجوم في السماء، وهو في الواقع نظام من النجوم يتألف من ستة أعضاء فريدة!

إذا تأملت كاستور باستخدام تلسكوب صغير فسترى أن النجم ينقسم بصريًّا إلى نقطتين مضيئتين رئيسيتين. وهذان النجمان هما كاستور A وكاستور B، وهما زوجان من النجوم قريبان من بعضهما بعضًا، يدوران حول مركز مشترك كما وصفهما ويليام هيرشل لأول مرة في عام 1803، كلاهما أكبر من الشمس وتبلغ فترة مدارهما المشتركة قرابة 467 عامًا، لذلك لا تتوقع رؤية تغييرات في مواقعهما ليلًا في أي وقت قريب.

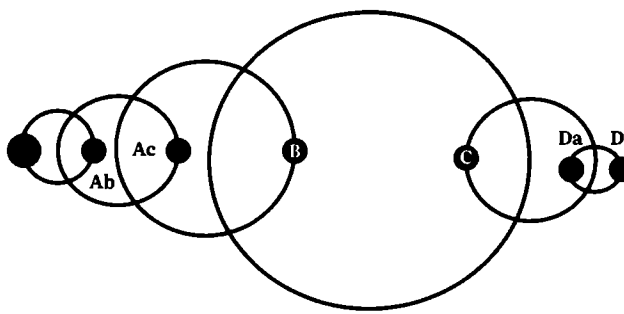


ولكن هناك دائمًا في سماء الليل أكثر مما تراه العين، حيث مكنت أجهزة قياس الطيف العلماء من اكتشاف أن كلا النجمين هو في حد ذاته نجم ثنائي، وبعد ذلك كشفت أرصاد تالية أن نظام كاستور المكون من أربعة نجوم، هو نفسه بكل تلك النجوم يعد طرفًا في دورة سماوية أخرى، حول زوج ثالث من الثنائيات الطيفية يُطلق عليه بشكل مشترك كاستور C، وينقسمان إلى Ca وCb، بكتلة تساوي نصف الشمس تقريبًا لكل منهما، هذا الزوج يدور بدوره يدور حول نظام كاستور A وB في مدار بيضاوي طويل خلال فترة تزيد على عشرة آلاف عام.

هذا النظام الغريب يدفعنا لا شك إلى التساؤل: ما هو أكبر عدد ممكن من النجوم التي يمكن أن تكون في نظام نجمي متعدد؟ من الناحية النظرية، لا يوجد حد أقصى صارم لعدد

النجوم التي يمكن أن ترتبط عبر الجاذبية في نظام نجمي متعدد، لكن هناك قاعدة بسيطة تقول إنه كلما ازداد عدد النجوم ارتفع عدم استقرار هذه المنظومة بشكل متزايد، وفي مرحلة ما تتفكك الأنظمة الأعقد مع الزمن لتصنع نجوم ثنائية أو ثلاثية أبسط.

«نيو العقرب» Nu Scorpii هو مثال مدهش على هذه الحالات فهو نظام نجمي سباعي، وهو أحد نظامين معروفين فقط يتكونان من 7 نجوم تدور حول بعضها بعضًا، والآخر هو «إيه آر ذات الكرسي» AR Cassiopeiae، لاحظ تركيب هذا النظام النجمي ومدى تعقيده، فهو يتكون من مجموعتين من النجوم تدوران حول بعضهما، كل منهما لدور ينقسم لثنائيات أصغر تنقسم بدورها لثنائيات، ويعتقد العلماء أن ذلك هو ما يدفعه إلى استقرار نسبي، لكنه لن يلبث أن ينفك قريبًا، وقريبًا هنا نقصدها بمعايير فلكية.



ترشيحات للهواة

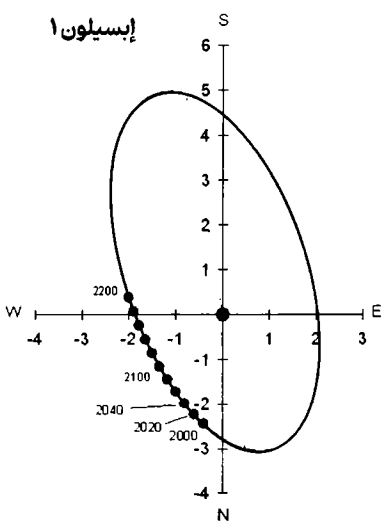
أحد النجوم التي لفتت انتباه العرب قديمًا كان السها، وهو نجم خافت يقف قريبًا جدًّا من نجم لامع يسمى الآن بالمئزر Mizar (راجع الفصل الثاني)، كان يضرب بالسها المثل في خفوت الموضوع في أثناء النقاش، فيقول أحدهم مثلًا «أريه السها ويريني القمر»، وكذلك كان الناس يستخدمونه لاختبار قوة أبصارهم، لو رأيته فإن ذلك يعني حدة البصر. وإلى جانب ذلك كان البعض ينظرون إليه من أجل التأمين من السرقة ولسع العقرب والحية، حيث يقول الشخص قبل نومه «أعوذ برب السُّهيَّة من كل عقرب وحية!».

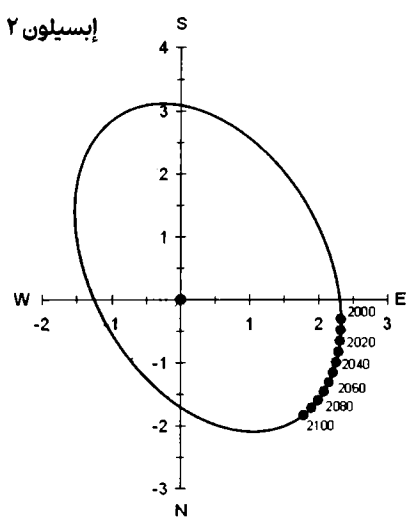
يسمى السها في الأطالس النجمية المعاصرة بـ ألكور Alcor، الآن نعرف أنه نجم أبيض ضخم يعد أكبر في الكتلة من الشمس بقرابة الضعف، وأكبر في اللمعان كذلك بحيث إنه لو وضع في سمائنا لكان اليوم مشمسًا بفارق 14 ضعفًا!

في تلسكوب صغير للهواة يبدو ثنائي المئزر بديعًا حقًّا، بل وربما قد يزيد من شعورك بالسحر أن تعرف أن ما تنظر إليه خلال تلسكوبك البسيط ليس فقط نجمان يدوران حول بعضهما، بل هما ستة نجوم، فالمئزر يتكون من نجمين يدوران حول بعضهما، أما السها فيتكون من نجمين يدوران حول بعضهما بعضًا، وكل منهما نجم ثنائي بدوره.

بعد رصد الثنائي «المئزر والسها»، يمكن لك أن تنتقل إلى الثنائي «إبسيلون القيثارة» Epsilon Lyrae من كوكبة القيثارة، ويبتعد عنا قرابة 160 سنة ضوئية. يمكن لك رؤية الثنائي (والمسمى إبسيلون 1 وإبسيلون 2) ببساطة عبر تلسكوب صغير، لكن عبر تلسكوب أكبر قليلًا بقطر 8 بوصة مثلًا سوف تكتشف أنه حتى كل فرد منهما يتكون من نجمين يدوران حول بعضهما بعضًا، ولذلك تسمى هذه المنظومة بين هواة الفلك بـ «ثنائي الثنائي»، وفي عام 1985 حدد العلماء أن واحدًا من هذه النجوم الأربعة هو بدوره ثنائي آخر، ما يعني أننا نتحدث عن نظام نجمي يتكون على الأقل من خمسة نجوم، ونقول «على الأقل» لأن الباب بالفعل مفتوح لدراسة المنظومات الثنائية في إبسيلون القيثارة.

في التصميم المرفق تلاحظ حركة الثنائيين كما سجلت من قبل أحد هواة الفلك المهتمين بدراسة النجوم الثنائية، على المحورين الأفقي والرأسي الثواني القوسية، تتحرك النجوم ببطء على مدى زمني واسع، وقد يتطلب الأمر منك سنوات لتسجيل حركة ضئيلة، لكن مهمة تتبُّع النجوم الثنائية تظل ممتعة جدًّا في كل الأحوال، وهي مثل تتبع النجوم المتغيرة، ومثل الصيد، تلهمك بقدر من الصبر.





أما «إيتا ذات الكرسي» Eta Cassiopeiae ويسمى أيضًا ظهر الناقة (Achird)، فهو ثنائي جميل يقع من الأرض على مسافة قرابة 20 سنة ضوئية تم اكتشافه أول مرة قبل ثلاثة قرون على يدي ويليام هيرشل، وهناك ميزة لطيفة لهذا الثنائي، وهي الفارق اللوني الواضح بين الرفيقين (أبيض وبرتقالي) والذي يمكن رؤيته بسهولة عبر التلسكوب، ولذلك فهو واحد من أفضل وأشهر الثنائيات بالنسبة إلى هواة الفلك. المسافة بين هذا النجم ورفيقه تسمح بدورة قدرها قرابة 500 سنة، لكن المسافة الظاهرة بينهما في السماء بالنسبة إلينا هي 11 ثانية قوسية.

وهناك طريقة مبسطة يمكن لك خلالها أن تفحص قدرة تلسكوبك على فصل الثنائي، قم بقسمة الرقم 750 على الفارق بالثواني القوسية بين الرفيقين (وهي بيانات متاحة بسهولة عبر الإنترنت)، الناتج سيكون أنسب قوة تكبير يمكن خلالها أن ترى الثنائي بأفضل صورة، هنا يمكن أن تستخدم عدسات تلسكوبك العينية للوصول إلى التكبير المناسب، ويمكن لك حساب قوة تكبير تلسكوبك بشكل عام عبر قسمة البعد البؤري للتلسكوب على البعد البؤري للعدسة العينية، ولا تقلق فلا تعقيد في ذلك، فكلها بيانات تجدها مدونة على التلسكوب والعدسات.

نظام نجمي لآخر ممتع للرصد في تلسكوب صغير للهواة هو «جاما المرأة المسلسلة» Gamma Andromedae، وهو ثالث ألمع نجم في كوكبة «المرأة المسلسلة»، إنه نظام نجمي متعدد يبعد عن الأرض قرابة 350 سنة ضوئية عن الأرض، هذا النظام يقترب من الشمس بسرعة 12 إلى 14 كيلومترًا في الثانية.

في عام 1778، اكتشف الفيزيائي الألماني يوهان توبياس ماير أن «جاما المرأة المسلسلة» ليس نجمًا منفردًا، بل نجمًا ثنائيًّا، أحدهما أصفر ذهبي لامع والآخر أزرق نيلي باهت، ومع تباين اللون المدهش فإن هذا الثنائي يوضع في قائمة الأهداف الأكثر إثارة لانتباه هواة الفلك حول العالم مع تلسكوباتهم الصغيرة. مع تلسكوبات أضخم وأدوات فلكية أكثر تعقيدًا، تمكن العلماء من التأكيد على أن أحد طرفي هذا الثنائي يتكون بدوره من منظومتين تدوران حول بعضهما، وبذلك يكون جاما المرأة المسلسلة هو نظام يتكون من أربعة نجوم تدور حول بعضها بعضًا في شكل ثنائيين.

شيء لا يصدق

النجوم الثنائية ممتعة في رصدها، وبشكل خاص عندما تتعلم عن مداراتها حول بعضها بعضًا، والسماء تزخر بها حقيقة. وقد تحدثنا، وسنتحدث عنها في أكثر من موضع بهذا الكتاب. لكن دعنا الآن نلتف إلى أحد النجوم الجنوبية، وقلما نفعل ذلك لسبب بسيط وهو أننا، في مصر والعالم العربي، نعيش في أجواء سماء الليل الشمالية. لكن ذلك لا يمنعنا من التعرف إلى نجم من فئة خاصة جدًّا، هو «جاما الشراع»، ويسمى سهيل المحلف بشكل غير رسمي، وهو ألمع نجوم وولف رايت المعروفة، حيث يمكن رؤيته بعينين مجردتين بسهولة، وإذا سافرت جنوبًا يومًا ما فاحرص على أن تتأمله.

في عام 1863، انضم فيزيائي شاب يُدعى جورج رايت إلى مرصد باريس كجزء من خدمة التنبؤ بالطقس، وبدأ في المشاركة في بعض أنشطة البحث الفلكي التي كان تشارلز وولف يقوم بها، والذي كان أستاذًا للفيزياء في ذلك الوقت. في 4 مايو 1866، ظهر مستعر أعظم مدهش في السماء، وبعد أن خفت بشكل كبير بحلول 20 مايو، لاحظ وولف ورايت أن الطيف الناتج منه أظهر نطاقات ساطعة لم يسبق رؤيتها من قبل في أطياف النجوم. وقد توصلت المزيد من الفحوص إلى وجود ثلاثة نجوم أخرى في كوكبة الدجاجة لها أطياف مماثلة، وكانت مدهشة لدرجة أنها استحقت تصنيفًا نجميًّا خاصًّا بها وهي تُعرف اليوم باسم نجوم وولف-رايت.

نجوم وولف-رايت (WR) هي فئة نادرة ومتطورة للغاية من النجوم المعروفة بخصائصها المتطرفة الفريدة، وهي تمثل مرحلة لاحقة في دورة حياة النجوم الكبيرة بعد تضخمها ووصولها إلى فئة العمالقة الفائقة، ويعتقد أنها تسبق المستعرات العظمى مباشرة. هذه النجوم مضيئة للغاية، ويمكن أن تكون أكثر سطوعًا من الشمس بآلاف إلى ملايين المرات.

نجوم وولف-رايت ضخمة للغاية، وعادة ما تبدأ بكتلة تزيد على 20 ضعف كتلة الشمس. كما أنها شديدة الحرارة، حيث تتراوح درجات حرارة سطحها من 30 إلى أكثر من 200 ألف كلفن (قارنها بدرجة حرارة الشمس البالغة 5778 كلفن)، وهذا يجعلها من أسخن النجوم المعروفة. كما أنها بمرور الوقت، تفقد الكثير من كتلتها في صورة رياح نجمية قوية، في الواقع يمكن لهذه النجوم أن تفقد ما يعادل كتلة الشمس في بضع مئات الآلاف من السنين فقط.

هذه الرياح قوية بشكل لا يصدق ويمكن أن تنتقل بسرعات تصل إلى ألفي كيلومتر في الثانية، مما يؤدي إلى التخلص السريع من الطبقات الخارجية للنجم. ولذلك فإن نجوم وولف-

رايت لها أعمار قصيرة، وعادة ما تعيش لبضع مئات الآلاف إلى بضعة ملايين من السنين قبل أن تنتهي في صورة مستعرات عظمى أو تنهار في الثقوب السوداء.

تتميز نجوم وولف-رايت بأطياف مميزة للغاية وهذا ما لاحظه الفرنسيان وولف ورايت، تأتي هذه الخطوط من العناصر مثل الهيليوم والكربون والنيتروجين والأكسجين، يرجع هذا إلى حقيقة أن هذه النجوم فقدت الكثير من أغلفة الهيدروجين الخاصة بها، مما كشف عن طبقاتها الداخلية الغنية بهذه العناصر الثقيلة، وبالتالي كانت هي ما ظهر في الطيف وجعله استثنائيًا. وفي هذا السياق فهناك ثلاثة أنواع رئيسية من نجوم وولف-رايت، الأول غني بالنيتروجين (WN) والثاني غني بالكربون (WC) وينضم جاما الشراع إلى هذه الفئة، والثالث غني بالأكسجين (WO).

إخوة الشمس

دعنا الآن ننتقل إلى كوكبة السرطان، حيث توجد واحدة من أهم علامات السماء ليلًا على بساطتها، وهي عنقود «القفير» النجمي أو مسييه 44، والذي يعد واحدًا من أقرب العناقيد المفتوحة إلى الأرض على مسافة قرابة 600 سنة ضوئية، ويحوي ألف نجم تقريبًا.

إذا كانت السماء حالكة، يمكن أن ترى هذا العنقود بعينيك كغيمة خافتة. وقد عُرفت منذ العصور القديمة، أعطاها الصينيون القصر القمري الثالث والعشرين في علم التنجيم القديم، ورأوا أنها شبح أو شيطان يركب عربة وشبهوا مظهره بـ«سحابة من حبوب اللقاح نفخها أحدهم من أزهار الصفصاف». ووصفها بطليموس بأنها «كتلة سديمية في صدر السرطان»، وأطلق عليها العرب قديمًا اسم «النثرة»، في عام 1609، رصد جاليليو لأول مرة القفير بالتلسكوب وتمكن من فصل 40 نجمًا منها، وأضافها شارل مسييه إلى فهرسه في عام 1769 بعد قياس موقعها بدقة في السماء.

يتطابق العمر (600 مليون سنة تقريبًا) والحركة الخاصة بين هذا العنقود وعنقود القلائص، مما يشير إلى أنهما قد يشتركان في أصولهما، تحوي كلتا المجموعتين أيضًا عمالقة حمراء وأقزام بيضاء إلى جانب العديد من نجوم التسلسل الرئيسي.

مثل العديد من العناقيد النجمية من جميع الأنواع، شهد القفير انقسامًا كتليًا، وهذا يعني أن النجوم الضخمة الساطعة تتركز مع الزمن في قلب العنقود، بينما تملأ النجوم الخافتة والأقل كتلة هالته. تحدث هذه العملية بسبب تفاعلات الجاذبية بين النجوم داخل العنقود ويتم ملاحظتها بشكل شائع في كل من العناقيد الكروية والعناقيد المفتوحة الشابة.

يمكن فهم الفصل الكتلي في العناقيد النجمية باستعارة بسيطة تتضمن أطفالًا يلعبون في ملعب. الأطفال الأكبر في الحجم (النجوم الضخمة) أقوى ويتحركون بشكل أبطأ لأنهم ثقيلون، في حين أن الأطفال الأصغر (النجوم الأخف) أسرع ويركضون بسهولة أكبر. في أثناء اللعب، قد يصطدم الأطفال ببعضهم بعضًا. وعندما يصطدم طفل كبير الحجم بطفل صغير الحجم، بالكاد يتحرك الطفل الكبير، لكن الطفل الصغير يُدفع بعيدًا.

الأمر كذلك في النجوم، فالنجوم الضخمة تتحرك ببطء وحينما تلتقي بالنجوم الصغيرة في العنقود النجمي، فإنها تتأثر بجاذبية تلك النجوم الصغيرة بشكل يسير، أما النجوم الصغيرة فتتأثر بجاذبية النجوم الأكبر وتندفع بعيدًا، ومع الوقت ينتهي الأمر بالنجوم الأضخم في منتصف الملعب، حيث يتباطؤون ويقتربون من بعضهم بعضًا، بينما تتحرك النجوم الأصغر بعيدًا إلى الحواف لأنهم يُدفعون بعيدًا بسهولة أكبر[1].

وأعتقد أنه قد حان الوقت لنتعلم عن تقسيم ترامبلر، فهو مهم جدًّا لكل هواة العناقيد المفتوحة وهم كثر، في هذا الكتاب أعرض عليك عددًا من التصنيفات المهمة، وإنه لتدريب جيد أن تحاول فهمها وتطبيقها على الصور أو أرصادك الخاصة. توصل عالم الفلك السويسري روبرت ترامبلر إلى هذا النظام لتصنيف العناقيد المفتوحة قبل نحو قرن من الآن، ويستخدم هذه الخصائص الثلاث:

أولا: درجة تركيز العنقود، ويتم كتابة هذا الجانب بالحروف اللاتينية فيدل I على عنقود منفصل عن محيطه من النجوم ذي تركيز مركزي قوي، وII على عنقود منفصل عن محيطه ذي تركيز مركزي ضئيل، وIII على عنقود منفصل لكن ليس له تركيز مركزي ملحوظ، وIV على عنقود غير منفصل بشكل جيد عن محيطه من النجوم.

ثانيًا: يلي ذلك نطاق السطوع، ويعبر عنه بالأرقام، ويعني درجة تجانس لمعان نجوم العنقود الظاهري، ويعبر 1 عن أن معظم نجوم المجموعة لها نفس السطوع الظاهري تقريبًا، و2 عن نطاق متوسط في السطوع و3 يعني أن المجموعة تتكون من نجوم ساطعة وخافتة.

ثالثًا: عدد النجوم في العنقود، فيعبر عنه بالحروف، p يعني ضعيفة (أقل من 50 نجمًا) و m يعني متوسطة غنية (50-100 نجم)، وr يعني غنية (أكثر من 100 نجم). ويعني الحرف n، إذا جاء بعد تصنيف ترامبلر أن هناك سديمًا مرتبطًا بهذا العنقود من النجوم، الثريا هي واحدة من السدم التي تنتمي إلى تلك الفئة، ولذا فإنها تأخذ تصنيف ترامبلر (I 3 r n).

(1) في العناقيد الكروية الأكبر سنًّا، يمكن أن تؤدي عملية فصل الكتلة إلى انهيار النواة، حيث تصبح المنطقة المركزية للعناقيد أكثر كثافة مع تجمع النجوم الضخمة، وتنفصل عن بقية التجمع، وربما تنشأ ثقوب سوداء في تلك المناطق.

في الجانب السفلي من كوكبة السرطان تجد عنقودًا آخر هو مسييه 67، لكنه ليس شابًّا مثل القفير، بل تتراوح تقديرات عمره بين 3.2 و5 مليارات سنة. مسييه 67 ليس أقدم عنقود مفتوح معروف، لكن العناقيد الأخرى أبعد منه، ولذلك يهتم العلماء بدراسته، فهو مكتظ بالنجوم، ويحوي كميات ضئيلة من الغبار، وجميع نجومه على نفس المسافة والعمر، باستثناء قرابة 30 نجمًا أزرق.

يحوي العنقود 150 قزمًا أبيض، بقايا نجوم مثل الشمس عاشت ربما قبل ملايين السنوات، ويحوي كذلك أكثر من 100 نجم مشابه للشمس، والعديد من العمالقة الحمراء. وقد تم تقدير إجمالي عدد النجوم بأكثر من 500 نجم. أدى عمر وانتشار النجوم الشبيهة بالشمس في هذا العنقود إلى دفع بعض علماء الفلك إلى وضع فرضية مفادها أنه العنقود الأم المحتمل للشمس، حيث تشير دراسة صدرت في مارس 2016 أن 20 نجمًا تم فحصها في العنقود يبلغ عمرها قرابة 4 مليارات عام وتدور في قرابة 26 يومًا حول نفسها مثل الشمس، لكن من غير المؤكد إلى الآن وجود علاقة بين هذا العنقود وشمسنا، لأن العلماء لم يتوصلوا إلى أي طريقة تسمح لمساري الشمس وعنقود مسييه 67 بالتقاطع في الماضي.

إلى الآن مررنا بعدة نماذج كل منها يمثل ماضِيَ الآخر لكن في مكان مختلف، فسديم الجبار مثلًا هو أحد النماذج على ماض الشمس السحيق، قبل نحو 4.5 مليار سنة، تولد النجوم في صورة تجمعات ضخمة بسدم كهذه، تستهلك هيدروجين سحابتها لتنمو وتصبح نجومًا يافعة، فإذا تأملت الثريا مثلًا لوجدت أن بقايا من السحب لا تزال عالقة بالنجوم، الثريا إذن هي مرحلة متقدمة عن الجبار، من تاريخ الشمس، وتليها مراحل عدة حيث تختفي السحب تمامًا عن طريق إشعاع تلك النجوم اليافعة التي تبددها، كما تنفخ الدخان بعيدًا، القلائص مثلًا نموذج لهذه الحالة، فقد بدأت النجوم في التباعد، وبدا أن كلًّا يمضي في حاله.

تتباعد النجوم في العناقيد المفتوحة لأسباب عدة، منها حركة النجوم في العنقود، وحركة العنقود حول المجرة، ويستمر هذا التباعد في الحدوث شيئًا فشيئًا. تأمل مثلًا الدب الأكبر، هي كوكبة من النجوم نعرفها ونحبها، لكن العلماء يعتقدون أن النجوم الأساسية لتلك الكوكبة تنتمي إلى عنقود قديم، فبالدراسة تبين أن ستة من النجوم الثمانية الأساسية في الكوكبة تتحرك في نفس الاتجاه عبر الفضاء، يطلقون عليها اسم مجموعة الدب الأكبر المتحركة، تشكلت هذه النجوم منذ عدة مئات من ملايين السنين، على بعد ما بين 78 و84 سنة ضوئية، وهي الآن منتشرة على مساحة يبلغ قطرها 30 سنة ضوئية، إنها صورة أوسع من الانفصال.

مجموعة بيتا آلة المصور المتحركة تمثل حالة أوسع من الدب الأكبر، هي مجموعة من النجوم الشابة المتحركة تقع بالقرب من الأرض نسبيًّا. المجموعة المتحركة، في علم الفلك،

هي مجموعة من النجوم التي تشترك في حركة مشتركة عبر الفضاء ما يرجح وجود أصل مشترك، أي أنها كانت يومًا ما جزءًا من نفس السحابة، ثم أصبحت عنقودًا مفتوحًا، ثم انفصلت مع الزمن.

مجموعة بيتا آلة المصور المتحركة تعد هدفًا مهمًّا للدراسات الفلكية لأنها أقرب مجموعة متحركة من النجوم الشابة إلى الأرض، حيث يبلغ متوسط المسافة إلى النجوم في هذه المجموعة قرابة 115 سنة ضوئية من الأرض، على الرغم من أن النجوم نفسها متناثرة على مساحة واسعة، كما أنها تشترك في سمة مميزة، حيث تحيط أقراص من الحطام والغبار بالعديد من النجوم في هذه المجموعة.

أفراد هذه المجموعة ليسوا من كوكبة واحدة كما حصل مع الدب الأكبر قبل قليل، بل تناثروا في السماء الجنوبية مع الزمن بالفعل، فمنها مثلًا نجم بيتا آلة المصور (كوكبة آلة المصور) وإيه يو التلسكوب وبي زد التلسكوب (كوكبة التلسكوب) وبيتا المثلث الجنوبي (كوكبة المثلث الجنوبي) ودي العقرب (كوكبة العقرب) وإتش دي 165190 (كوكبة الإكليل الجنوبي)، وغيرها من النجوم. بدأت تلك النجوم حياتها معًا في حضانة واحدة، وتناثرت مع الزمن.

وفي حين أن النجوم تتكون في المقام الأول من الهيدروجين والهيليوم، إلا أنها تحوي أيضًا آثارًا لعناصر أخرى كانت موجودة في السديم الأصلي. إذا درست أطياف النجوم في الثريا مثلًا، فستجد أن نسبة هذه العناصر النزرة هي نفسها بالنسبة إلى كل النجوم التي نشأت من نفس السديم، بشكل يشبه إلى حد ما البصمة التي تميز نجوم كل عنقود عن نجوم العناقيد الأخرى، ومن هنا جاءت للعلماء فكرة، ماذا لو قررنا استخدام تلك البصمة للبحث عن عائلتنا المفقودة، أقاربنا الذين عاشوا معنا في نفس السديم قبل مليارات السنوات؟

ليس الأمر بالسهل قط، لكنه بالنسبة إلى فريق من العلماء ممكن، لقد قدمت مركبة جايا التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية مسافات وحركات دقيقة لأكثر من مليار نجم. يستخدم الباحثون البيانات لتحديد النجوم ذات الحركات المشابهة للشمس عبر مجرة درب التبانة، ومن ثم يدرسون تركيبها، على أمل أن يكون بعضها أشقاء للشمس.

في عام 2014، أعلن علماء الفلك في جامعة تكساس في أوستن عن اكتشاف أول النجوم التي يحتمل أنها من عائلة الشمس، يسمى اتش دي 162826، وأول حرفين هنا (HD) ممثلين لهنري درابر وهو فلكي هاوٍ وطبيب أمريكي صاحب فهرس شهير للنجوم نُشرت أول نسخة منه بين عامي 1918 و1924، حوى تصنيفات طيفية لـ 225300 نجم؛ تم توسيعه فيما بعد وسُمي ملحق هنري درابر، الذي نشر بين عامي 1925 و1936.

يتوهج هذا النجم بلمعان ظاهري مقداره 6.6، في كوكبة هرقل على بعد قرابة 110 سنة ضوئية، وفي نوفمبر 2018 ظهر قريب محتمل آخر هو اتش دي 186302 ويقع على بعد 184 سنة ضوئية في كوكبة الطاووس الجنوبية البعيدة، بلمعان مقداره 8.8، وفي عام 2020 أعلن فريق آخر عن مرشح ثالث هو «2 ماس جي 19354742+4803549».

لكن إلى الآن لا توجد تأكيدات حول الأمر، ما هو مصير أقاربنا، ومن هم من بين مئات المليارات من النجوم في درب التبانة؟ لا أحد يعرف بعد، ما زلنا ريشة في الفضاء تبعثرها التأثيرات هنا وهناك، ولكن أليست الحياة بنفس الفوضى والثقل؟ أوليست نفوسنا بشكل أو بآخر مثل شمسنا، تتراكم عليها التأثيرات من هنا وهناك، وفي بعض الأحيان نكون بلا قدرة على التصرف، وفقط ننحني قليلًا مع العاصفة لتمر بسلام؟

يظل تتبع ورصد العناقيد المفتوحة مدهشًا لكل الفلكيين كانوا هواة أو متخصصين، وهذه المنطقة من السماء التي تشرحها الخريطة زاخرة بعدد منها يمكن رصده عبر تلسكوبات صغيرة، منها مثلًا مسييه 46 ومسييه 47 ومسييه 48، إلى جانب مسييه 50 ومسييه 93، والعناقيد الخمسة توجد في حزام المجرة البارز الذي يمر بين كوكبتي الكلب الأكبر ووحيد القرن.

الفصل التاسع

ضوء غير مرئي

أكتب هذه الكلمات بينما تمر مصر ومعها العالم العربي بموجة شديدة الحرارة، أظن أنني لم أختبرها في حياتي من قبل، لكنني متأكد أنني سأختبر ما هو أشد مستقبلًا. اعتدت أن أخرج للمشي يوميًّا في موعد من اثنين، إما مع الشروق وإما قبل الغروب بساعة، لكن حتى تلك المواعيد اللطيفة كانت حارة في هذا الموسم، وكأنك دائمًا محاط بلسعات الشمس، أو كأنك قد دخلت في سرب من البعوض. لكن هل تساءلت يومًا عن سبب تلك اللسعات؟ كان ذلك غريبًا حقًّا حينما عرفت أنها غير ذات علاقة بضوء الشمس الذي أراه، ولكن ضوء الشمس الذي لا أراه!

قصة «الضوء غير المرئي» كانت لتبدو مفارقة لو قررنا أن نحكيها إلى الحسن ابن الهيثم، فهذا الرجل مثل غيره من العلماء من هذا الوقت كان يتعامل مع ما يراه من «ضوء» على أنه «الضوء»، الكلمة المعرفة بالألف واللام والتي تعبر عن كل شيء يشمله هذا الاصطلاح، لكن تطلب اكتشاف الضوء غير المرئي ثمانمائة عام كاملة بعد ابن الهيثم، عندما لاحظ ويليام هيرشل، الملحن وعالم الفلك الذي تحدثنا عنه في الفصل السابق شيئًا غريبًا بينما يقوم بتجاربه على الضوء.

أمضى هيرشل تسعينيات القرن الثامن عشر مفتونًا بأشعة الشمس، وعندما نظر إليها من خلال صفائح زجاجية خوفًا على عينيه، تحلل ضوء الشمس إلى ألوان قوس قزح كما تعرف (الفصل الثالث)، لاحظ هيرشل أنه يشعر بدرجات مختلفة من الحرارة على عينيه عند ألوان مختلفة في الطيف، كان هذا غريبًا حقًّا فكأن كل لون يمتلك حرارة خاصة به تختلف عن اللون

الآخر. هنا قرر هيرشل إجراء تجربة تحليل طيفي معتاد، فقام بتمرير ضوء الشمس خلال منشور، ثم أخذ مقياس حرارة واختبر مدى سخونة كل جزء (لون) من الطيف.

النتيجة كانت كما توقع هيرشل بالضبط، كانت درجات الحرارة مختلفة للألوان المختلفة، لكن هنا تحديدًا تجيء اللحظة الحاسمة، حيث قرر هيرشيل في لحظة إبداعية تمر على كل منا في أحيان نادرة لكننا نتجاهلها، أن يضع مقياس الحرارة بعد آخر ألوان الطيف الظاهرة أمامه، اللون الأحمر؛ في هذا الفراغ الداكن الممتد مباشرة إلى جوار اللون الأحمر، فقرأ المقياس درجة حرارة مرتفعة! تأكد هيرشل من أن هناك مكونًا آخر للضوء الصادر من الشمس، شيئًا لا نراه، ولكن يظهر أثره على الترمومتر، شيئًا كان ابن الهيثم ونيوتن ليظنا أنه مستحيل تمامًا أو ربما هو جزء من فيلم رعب، وهو نفس الشيء الذي شعرت بأثره اللاسع قبل قليل في يوم حار، إنه ضوء غير مرئي.

لم يتمكن هيرشل من فهم ما حصل، وبعدها بعام واحد فقط (سنة 1801) سمع الكيميائي الألماني يوهان فيلهلم ريتر عن تجربة هيرشل وراء اللون الأحمر لطيف الضوء المرئي، وحاول رصد أي تغيرات حرارية مختبئة في الطرف المقابل وراء اللون البنفسجي، لكن شيئًا لم يحدث، إلا أنه لاحظ شيئًا جديدًا تمامًا، حيث بدا أن بعض التفاعلات الكيميائية عندما توضع وراء الطرف البنفسجي من الطيف فإنها تتسارع بشكل ملحوظ، شيء ما خفي بعد اللون البنفسجي يمد يديه ليحفز تلك التفاعلات، ما هو ذلك الشيء الغريب في حالتي هيرشل وريتر؟

طيف الأطياف

الضوء كما أسلفنا هو نوع من الإشعاع الذي يتكون من فوتونات، تشعه الشمس ويشعه المصباح، ويتكون من طيف من الأطوال الموجية التي تبدأ من 400 نانومتر تقريبًا إلى 700 نانومتر، لكن الضوء -هنا المفاجأة- ليس النوع الوحيد من الإشعاع، إنه فقط النوع الذي نراه، فهناك أنواع أخرى من الإشعاع التي تتكون كذلك من فوتونات الضوء، لكن مع أطوال موجية مختلفة!

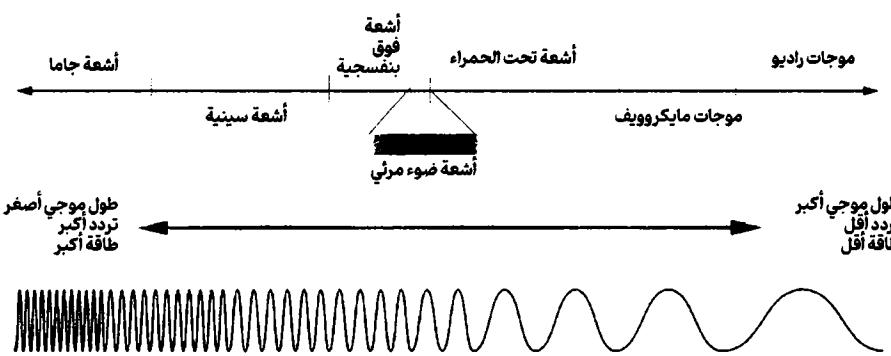
الضوء المرئي ببساطة هو جزء من طيف أكبر يسمى الطيف الكهرومغناطيسي، ولفهم الأمر تخيل أن هناك أوركسترا ضخمة تعزف لحنًا بديعًا، تتكون الأوركسترا من أدوات عدة؛ فهناك مثلًا الكونترباس، وهو من القطع الموسيقية التي تنتج أدنى الأصوات وأعمقها، مما يضع الأساس للموسيقى، وهناك التشيلو والباصون والتي تضيف بعضًا العمق مع الرنين، مما يسد الفجوة بين أدنى الأصوات والنطاق المتوسط منها، أما الكمان المتوسط فيوفر نغمات غنية ودافئة، وهناك الناي والفيولين حيث يخلقان ألحانًا ساطعة حيوية هي الأكثر وضوحًا

وتذكرًا، أما الكلارينت فتضيف حدة وتألقًا، وتقطع الأصوات الأخرى بنغماتها، أما الترومبون والساكسفون فتنتج أصواتًا قوية ونفاذة يمكنها أن تهيمن على الأوركسترا، أما أدوات مثل السُّرناي فتوفر إيقاعات عالية النبرة هي أعلى الأصوات وأكثرها طاقة، مما يضيف لمسة حادة وكثيفة.

كل هذه الأدوات تنتج أصواتًا، وهذه الأصوات هي موجات تسري في الهواء فتصل إلى أذننا ونسمعها جميعًا، بعضها عميق وبعضها حاد وبعضها دافئ وبعضها عالي النبرة، إلا أنها جميعًا أصوات متداخلة تصنع لحنًا بديعًا، ولطالما أحببت أن أستمع لموسيقى بعض الأفلام على مسرح كبير مع أوركسترا كاملة، «شمس الزناتي» مثلًا و«الهروب» و«عصابة حمادة وتوتو».

الآن تخيل أن نفس الأوركسترا يعزف، تراه بوضوح يعزف لكنك لا تسمع إلا صوت الناي والفيولين، إنه صوت بديع تستمتع به، لكن عدم استماعك لبقية الأصوات لا يعني أنها غير موجودة، إنها هناك على المسرح. هذا هو الأمر في حالة الإشعاع الكهرومغناطيسي، الذي يمثل كل أنواع الإشعاع في الكون، فهناك طيف واسع جدًّا من الأشعة لكننا لا نرى إلا الضوء المرئي.

كل تلك الأشعة تتكون من نفس الوحدات، فجميعها يتكون من فوتونات ضوء، وجمعيها يتصرف كموجات بالشكل الذي تحدثنا عنه في الفصل الثالث، لكن هذه الموجات تمتلك أطوالًا موجية مختلفة (وبالتبعية تردد مختلف، وبالتبعية طاقة مختلفة)، بالضبط كما كانت الأدوات المختلفة في الأوركسترا قبل قليل تتكون من أصوات، لكنها اختلفت في ترددها[1].



(1) للأطوال الموجية في الطيف الكهرومغناطيسي اختلافات مدهشة، فمثلًا تبدأ أشعة جاما على الطرف شديد القصر من أرقام تنزل تحت جزء من مئة مليار جزء من المتر، وصولًا إلى الإشعاع الراديوي على الطرف الآخر الذي يزيد طول الموجات فيه على نطاق المليمترات ويتجاوز قطر كرة القدم وصولًا إلى أكبر من كوكبنا!

وربما الآن تفهم السر في تسمية الأشعة تحت الحمراء بهذا الاسم، لأنها ما يلي آخر حد للضوء المرئي في الطول الموجي، أو قل إنها «أكثر احمرارًا من أكثر درجات الأحمر احمرارًا»، لكننا لا نراها ولا ندرك هذا الوصف! أما الأشعة فوق البنفسجية فهي ما يلي اللون البنفسجي في طيف الضوء المرئي مباشرة، والواقع أن الطيف الكهرومغناطيسي كله عبارة عن مجال واسع ممتد لا حدود واضحة بين مكوناته، مثلما الضوء المرئي هو طيف ممتد، لا يقف عند لون ويبدأ لون جديد، بل يخفت الأحمر مع الوقت ليظهر البرتقالي مع الوقت، وهكذا.

لكنك قد تسأل: لمَ لا نرى إلا الضوء المرئي فقط؟

السبب تشريحي بحت، فالمستقبلات الضوئية في أعيننا حساسة فقط لهذا النطاق المحدد من الأطوال الموجية ويمكنها ترجمته إلى ألوان، لكن هناك كائنات أخرى تمتلك القدرة على رؤية أجزاء من الطيف الكهرومغناطيسي خارج نطاق الضوء المرئي الذي يمثل حدود العينين البشريتين، فمثلًا تمتلك أفاعي الحفر، مثل الأفاعي الجرسية، أعضاء متخصصة يمكنهما إدراك الأشعة تحت الحمراء، وبالتالي تتمكن من رؤية الحرارة المنبعثة من الفريسة، حتى في الظلام الدامس، إلى جانب ذلك يمكن للعديد من أنواع الطيور والنحل والفراشات إدراك الأشعة فوق البنفسجية، تساعدها هذه القدرة على اكتشاف أنماط أكثر تفصيلًا في ريش الفرائس مثلًا، أو في الفواكه والزهور، والتي غالبًا ما تعكس الأشعة فوق البنفسجية، وبالتالي يمكن لهذه الكائنات رؤية تفاصيل لا يراها البشر أصلًا.

أما روبيان السرعوف، فلديه أربعة أضعاف أنواع الخلايا المخروطية الحساسة للألوان مقارنة بالبشر، ويتمتع هذا الكائن في الواقع بنظام بصري لم يتم اكتشافه من قبل في مملكة الحيوان، يتمكن من إدراك الضوء في نطاقات بين 300 إلى 720 نانومترًا، والذي يبدأ في الأشعة تحت الحمراء، ويمتد عبر الطيف المرئي بالكامل، ويدخل في الأشعة فوق البنفسجية، يمكن لهذا الكائن تمييز تفاصيل ورؤية ألوان لا يمكن لنا نحن البشر إدراكها، فقط لأنه يمتلك أدوات لذلك.

والواقع إن ما سبق يتعلق كذلك بقدرتنا نحن البشر على استشعار اللسع، الذي تحدثت عنه في بداية الفصل، فالأشعة تحت الحمراء تمثل الجزء الوحيد من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن للإنسان أن يشعر به، لكن ليس عبر الرؤية بعينيه بل عبر جلده، حيث يحوي جلدنا مستقبلات يمكنها اكتشاف التغيرات في درجة الحرارة، وعندما يضرب الإشعاع تحت الأحمر جلدنا، فإنه يمتلك القدر المناسب من الطاقة ليزيد من الطاقة الحركية للجزيئات في جلدنا بحيث يؤثر على تلك المستقبلات، مما يسبب إحساسًا بالدفء، ولا يحوي جلدنا مستقبلات متخصصة للكشف عن أشكال أخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي، مثل الموجات الراديوية، وموجات الميكروويف، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة السينية، أو أشعة جاما. وفي حين

أن هذه الأشكال الأخرى من الإشعاع يمكن أن تتفاعل مع أجسامنا، فإنها تفعل ذلك بطرق لا تنتج بشكل مباشر إحساسًا يمكننا الشعور به.

ممتاز، الآن تعرف أن ما تراه من ضوء (طيف الضوء المرئي صاحب ألوان الطيف) ليس إلا جزءٌ صغيرٌ جدًّا من طيف أوسع هو الطيف الكهرومغناطيسي. تخيل مثلًا أن الطيف الكهرومغناطيسي بأكمله شاطئ متسع، يمتد إلى أبعد مدى يمكن للعين رؤيته، ورغم أنه شاطئ طبيعي كان يمكن أن يترك للناس ليستمتعوا قليلًا بجزء يسير من خيرات هذا الكوكب، إلا أن أحدهم قرر تقسيمه إلى مجموعة من الشواطئ الخاصة، الشاطئ الأول سيكون مثلًا في أقصى اليمين، وسمي شاطئ الموجات الراديوية، ويمتد إلى ما يعادل كيلومترات من الشاطئ الرملي، بل يبدو وكأنه بلا نهاية.

يليه بعد ذلك شاطئ موجات الميكروويف، وقد أُعطي جزءًا أصغر من الشاطئ، لكنه لا يزال يمتد إلى مئات الأمتار، يليه شاطئ الأشعة تحت الحمراء، وقد حصلت على عدة أمتار من الشاطئ، هذه المنطقة أضيق ولكنها لا تزال كبيرة، يليه شاطئ طيف الضوء المرئي، ولأنه الشاطئ الوحيد المجاني فقد أُعطي ما يساوي عرضه حبة أو حبتي رمل صغيرتين، إنه جزء صغير بشكل لا يصدق، ومع ذلك فهو الجزء الوحيد المتاح لنا، يليه شاطئ الأشعة فوق البنفسجية، ورغم أنه بضعة سنتيمترات من الشاطئ إلا أنه على الأقل أكبر من حبة رمل، تليه الأشعة السينية وتمثل عدة مليمترات من الشاطئ، ومن ثم شاطئ جاما الذي يقاس طوله بالميكرومتر، ويمثل جزءًا من مليون من المتر.

هل تلاحظ ذلك؟ حجم طيف الضوء المرئي، ذلك الذي نسميه «الضوء» لا يساوي إلا نزرًا يسيرًا جدًّا من كم إشعاع الكون. والسؤال المهم هنا هو: لقد تحكمنا في النطاق الكهرومغناطيسي من قبل؛ تحكمنا في موجات الأشعة تحت الحمراء وأنتجنا أجهزة التحكم في التلفاز ونظارات الرؤية الليلة، وتحكمنا في موجات الراديو وأنتجنا -حسنًا- أجهزة الراديو[1]، الآن ماذا لو تمكننا عبر التكنولوجيا من التحكم في هذا الطيف لإنتاج تلسكوبات تنظر إلى هذا الكون الواسع في نطاقات الضوء الأخرى، مثل ذلك السرعوف أو تلك النحلة بل أوسع بكثير، ألا يفتح لنا ذلك بابًا شاسعًا لفهم الكون بصورة أعمق بقدر هائل؟

حسنًا، سأحرق لك الفيلم، هذا هو ما حصل! بل هذا هو جوهرة تاج علم الفلك المعاصر، وهو أهم الأسباب في أن العلماء يعرفون ما يعرفونه الآن عن جوانب هذا الكون الواسع.

يغطي الطيف الكهرومغناطيسي نطاقًا واسعًا من الأطوال الموجية، وكنا في سابق الفصول قد تحدثنا عن العلاقة بين درجة الحرارة والطول الموجي (قانون فيين)، والواقع أن

(1) عندما تستمع إلى الراديو الخاص بك، أو تستخدم هاتفًا محمولًا أو تشاهد التلفزيون، فأنت تستخدم جهازًا (تلسكوب) يستقبل الموجات الراديوية.

الأمر سهل الفهم، فكلما ازدادت درجة الحرارة سنتوقع أن الطاقة الخاصة بالفوتونات ستزيد لأنها تحتك بالمزيد من الذرات، وبالتالي فإن ذلك يعني أن التردد سيزيد، ما يعني أن الطول الموجي سينخفض.

وبالتالي، سنتوقع أنه كان الجسم الذي يطلق الإشعاع ساخنًا أكثر، تحركت ذروة إشعاعه ناحية موجة أقصر، فإذا ارتفعت درجة حرارة سطح الشمس مثلًا إلى 12 ألف كلفن، انتقلت ذروة إشعاعاتها من نطاق الضوء المرئي إلى الأشعة فوق البنفسجية. لا يعني ذلك أن الشمس ستتوقف عن إطلاق إشعاع في نطاق الضوء المرئي، لكنه لم يعد ذروة إشعاعاتها، سيكون موجودًا لكن بقدر أقل ومعه الأنواع الأخرى من مكونات الطيف الكهرومغناطيسي.

ومثلًا يمكن رصد الموجات الراديوية وموجات الميكروويف كذروة إشعاع أجسام درجة حرارتها أقل من 10 كلفن، ولذا يمكن لنا رصد إشعاع الخلفية الكونية (راجع الفصل الثالث عشر) وبعض السحب الجزيئية الباردة عند تلك النقطة[1]، وعلى الجانب الآخر تظهر لأشعة تحت الحمراء عند درجات الحرارة الدافئة نسبيًّا، وتصدر الأشياء مثل أجسام البشر والأرض والنجوم الأكثر برودة الأشعة تحت الحمراء.

أما الأشعة فوق البنفسجية فتبرز من النجوم شديدة الحرارة، وتبرز الأشعة السينية بشكل أساسي من بيئات شديدة الحرارة، مثل هالة الشمس والنجوم النيوترونية والأقراص المحيطة بالثقوب السوداء، أما في الأحداث ذوات درجة الحرارة الأعلى مثل انفجارات المستعرات الأعظمية وتصادمات النجوم النيوترونية فتبرز أشعة جاما.

الموجات الراديوية	أقل من 1 كلفن
الموجات الدقيقة	حتى 10 كلفن
الأشعة تحت الحمراء	حتى 1000 كلفن
الضوء المرئي	1000 إلى 10000 كلفن
الأشعة فوق البنفسجية	10000 إلى 100000 كلفن
الأشعة السينية	1000000 كلفن إلى 10000000 كلفن
أشعة جاما	أكبر من 100000000 كلفن

(1) تعمل أفران الميكروويف عند درجات حرارة أعلى بكثير، ولكنها تستخدم موجات الميكروويف لتسخين الطعام.

دعنا الآن من الكلام النظري ولنتأمل مثلًا الصورة متعددة الأطوال الموجية التي نشرتها وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) بالتعاون مع وكالة الفضاء الأوروبية (إيسو) في 2017 لسديم السرطان (مسييه 1 في لوحة أجرام مسييه المرفقة بالكتاب)، ولأن الأجرام الفلكية تصدر الضوء بأطوال موجية مختلفة، فإن رصد سديم السرطان بتلسكوبات مختلفة ترصد أنواعًا مختلفة من الضوء يعطينا صورًا مختلفة تمامًا لنفس السديم، لفهم الفكرة تخيل أننا الآن قررنا التقاط ثلاث صور لك، الأولى بكاميرا عادية في نهار صيفي معتاد، والثانية بجهاز أشعة سينية في أحد المستشفيات والثالثة عبر منظار رؤية ليلية في مكان ناءٍ، صحراء مثلًا، وكانت الساعة 10 مساءً.

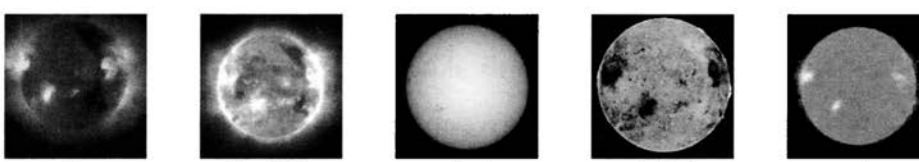
في الصورة الأولى ستظهر بشكل طبيعي، في نطاق الضوء المرئي، لكن في الصورة الثانية لن نرى جسمك أصلًا، لكن سنرى هيكلك العظمي لأننا لا نصور في نطاق الضوء المرئي، بل في نطاق الأشعة السينية التي تخترق جسدك وتبرز عظامك، أما في الصورة الثالثة فسنرى جسمك برتقالي اللون، بلا ملامح، في خلفية سوداء تقريبًا، لأن الكاميرا تلتقط ما يشعه جسدك من حرارة عبر الأشعة تحت الحمراء.

الآن دعنا نتأمل سديم السرطان، ستلاحظ أن مظهر السديم يتغير تبعًا للأطوال الموجية التي يتم رصدها، لأنها تنبعث من مكونات أو ظواهر مختلفة في هذا الجسم. يهيمن الغاز البارد والغبار على الانبعاث في نطاقي الراديو والأشعة تحت الحمراء، ببساطة لأنها سحب باردة جدًّا، وفي الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية نرى جانبًا آخر من الغاز الذي تم تسخينه بواسطة النجم النيوتروني المركزي (ما تبقى من نجم ضخم انفجر في نهاية حياته)، وتكشف الأشعة السينية وأشعة جاما عن الانبعاث من النجم النيوتروني نفسه، والذي يحيط به قرص من الغاز الساخن للغاية يظهر في صورة الأشعة السينية.

الموجات الراديوية في هذه الصورة رصدتها مجموعة تلسكوبات كارل جي جانسكي الكبيرة جدًّا، بينما تمكن مرصد تشاندرا من رصد توهج الأشعة السينية القوي، أما مشهد الضوء المرئي الواضح فملتقط من تلسكوب هابل الفضائي، والمنظور بالأشعة تحت الحمراء من تلسكوب سبيتزر الفضائي (لم يكن جيمس ويب قد أطلق بعد)، وأخيرًا تلسكوب إكس إم إم نيوتن الذي التقط صورًا للسديم في نطاق الأشعة فوق البنفسجية.

خمسة مراصد، كل منها يلتقط صورًا في نطاق محدد من الطيف الكهرومغناطيسي، أخرجت لنا تشريحًا ثلاثي البعد لمكونات هذا السديم بينما نحن لا نزال على الأرض، لاحظ أن التحليل الطيفي كذلك ساعد في فهم تركيب السديم إلى جانب تقديم معلومات أخرى، فبات الأمر وكأننا في قاعة سينما ضخمة، يجلس العلماء على الكراسي ويشاهدون سديم السرطان وكأنه يقع أمامهم تمامًا، يقلبونه بأيديهم يمينًا ويسارًا. بعد الحصول على البيانات، قام فريق دولي من العلماء بإجراء تحليل شامل للتفاصيل التي تم الكشف عنها في محاولة لاكتساب رؤى جديدة عن الفيزياء المعقدة لهذا الجرم السماوي البديع، ونشروا النتائج التي توصلوا إليها في دورية «أستروفيزيكال جورنال».

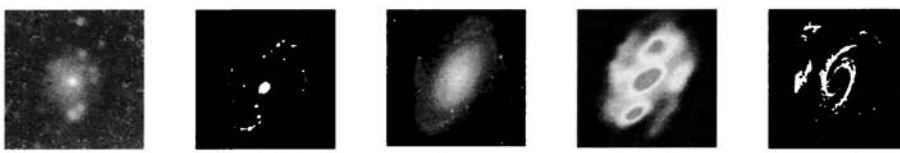
وينطبق الشيء نفسه على الشمس، حيث تتيح لنا مراقبتها في أجزاء مختلفة من الطيف دراسة التفاصيل في طبقات مختلفة من الغلاف الجوي الشمسي. تُظهر لنا صور الأشعة السينية بنية الهالة الساخنة للشمس والتوهجات الشمسية العنيفة ذات درجات الحرارة العالية، وتُظهر الصور فوق البنفسجية مناطق إضافية من النشاط في أعماق الغلاف الجوي للشمس، وفي الضوء المرئي نرى بقعًا شمسية على سطح الشمس، وتُظهر الأشعة تحت الحمراء مناطق كبيرة ومظلمة من الغاز الأكثر برودة وكثافة، وتُظهر لنا الصورة الراديوية الطبقة الوسطى من الغلاف الجوي للشمس.



وكما يجري ذلك على النجوم والسدم فإنه يجري على المجرات، حيث تُظهر لنا صور الضوء المرئي البنية التفصيلية لأنواع مختلفة من المجرات، بينما تُظهر الصور الراديوية النفثات الضخمة والفصوص الهائلة من المواد المقذوفة الساخنة من نوى المجرات، بفعل الثقب الأسود العملاق المركزي، وتُستخدم الأشعة السينية للكشف عن موضع تلك الثقوب وخصائصها، وتُستخدم الأشعة تحت الحمراء لاكتشاف المجرات التي تشهد عمليات نشأة النجوم بصورة كثيفة.

وكمثال على المعلومات القيمة المكتسبة عن مجرة أخرى من خلال مشاهدتها بأطوال موجية متعددة، دعنا نُلقِ نظرة متعددة الأطوال الموجية على المجرة الحلزونية مسييه 81

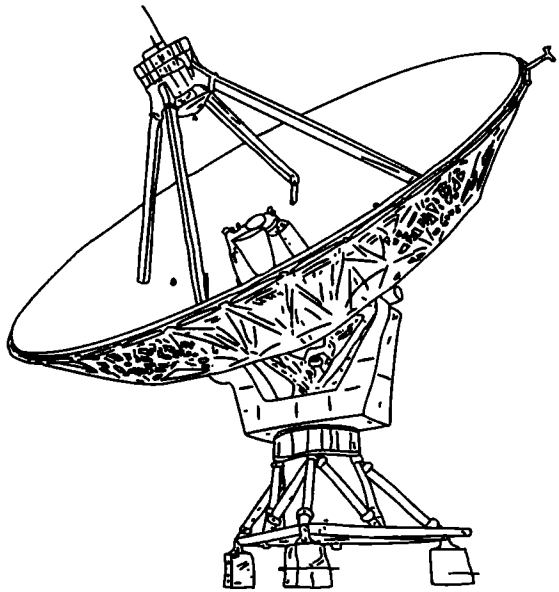
في كوكبة الدب الأكبر، فالمنطقة الأكثر سطوعًا في صورة الأشعة السينية هي النواة المركزية لمجرة مسييه 81، وتكشف الصورة فوق البنفسجية عن نجوم ساخنة وشابة تنتشر في الأذرع الحلزونية للمجرة، ويُظهر الضوء المرئي أذرع حلزونية تخرج من القرص الداخلي للمجرة وتلتوي إلى الخارج، أما في نطاق الأشعة تحت الحمراء منخفضة الدقة، فنرى مناطق من الغبار الدافئ التي يتم تسخينها بواسطة النجوم الوليدة، وتُظهر الخريطة الراديوية توزيع غاز الهيدروجين الذي ستولد منه النجوم المستقبلية.



الآن، دعنا نبدأ بالتحدث ببعض من التفصيل عن نطاقات الطيف الكهرومغناطيسي التي يعمل علماء الفلك عليها، والواقع أن الأمر ليس مجرد أدوات، بل أصبحت تلك النطاقات فروعًا كاملة لعلم الفلك. بشكل شخصي، طالما عشقت علم الفلك الراديوي إلى جانب التلسكوبات البصرية، وأظن أن ذلك الحب لم يكن ذا علاقة كبيرة بجمال وعظمة علم الفلك الراديوي (وهو بالفعل كذلك) بقدر ما كان مرتبطًا بحبي لفيلم «اتصال» Contact من بطولة جودي فوستر وماثيو ماكوناهي، ومن تأليف كارل ساجان، وكانت بطلة الفيلم تستخدم التلسكوبات الراديوية.

علم الفلك الراديوي

تتكون التلسكوبات الراديوية عادة من هوائيات كبيرة (على شكل طبق كما تلاحظ في الشكل المرفق لأحد تلسكوبات المصفوفة الكبيرة جدًّا)، يعمل الطبق مثل المرآة في التلسكوبات البصرية، حيث يركز الموجات الراديوية الواردة على جهاز استقبال، وهو ما يحول الموجات الراديوية إلى إشارات كهربائية، بعد ذلك يتم تعزيز تلك الإشارات الكهربائية الضعيفة لمزيد من الوضوح، ثم يتم تحليل الإشارات لاستخراج معلومات حول المصدر.



وللمراصد الراديوية خاصيتان مميزتان، أولًا: أنها يمكن أن تستخدم ليلًا أو نهارًا لالتقاط موجات الراديو، وثانيًا: ما يسمى التداخل الراديوي، هو تقنية يتم فيها استخدام تلسكوبات راديوية متعددة معًا لمحاكاة تلسكوب أكبر بكثير، حيث تتمتع الموجات الراديوية بأطوال موجية أطول بكثير مقارنة بالضوء المرئي، وهذا يعني أنه يمكن جمع إشاراتها بواسطة هوائيات متباعدة على نطاق واسع ثم دمجها دون فقدان التماسك.

يساعد علم الفلك الراديوي في إنشاء خرائط مفصلة للكون، من خلال اكتشاف الانبعاثات الراديوية من الأجرام السماوية المختلفة، ويمكن للعلماء رسم خريطة لتوزيع المجرات والنجوم[1]. كما يمكن لعلم الفلك الراديوي اكتشاف الانبعاثات من المادة في أثناء سقوطها في الثقوب السوداء، والواقع أن تلك هي الطريقة التي استخدمت في عام 2019 في تصوير الثقب الأسود الموجود في مركز المجرة مسييه 87، حيث تم ربط العديد من التلسكوبات الراديوية في آنٍ واحد بحيث تعمل معًا بفاعلية طبق واحد عملاق.

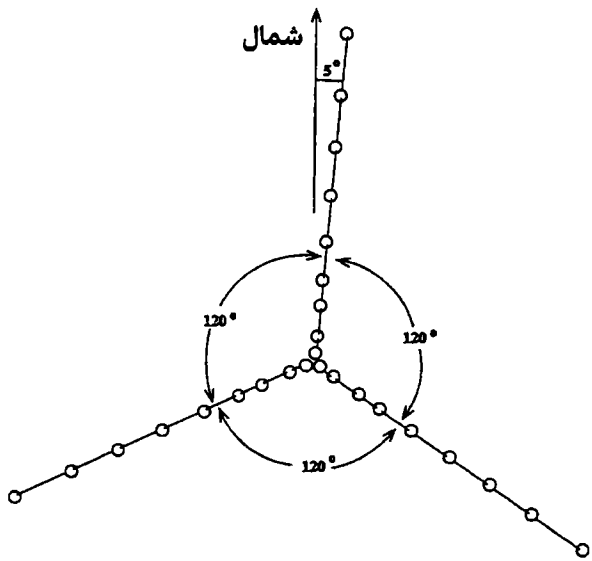
وتساعد المراصد الراديوية في رصد النوى المجرية النشطة، وهي المنطقة المكدسة بالمادة المتزاحمة في مركز المجرات حول الثقب الأسود العملاق، عادة ما يكون لها لمعان شديد، وتطلق إشعاعًا في حيز الطيف الكهرومغناطيسي يمتد من الموجات الراديوية عبر

(1) ما يسمى «خط الهيدروجين بطول 21 سم». شهير جدًّا، ويمتلك أهمية بالغة في نطاق رسم خريطة لبنية مجرتنا، ومثلما كنا نلتقط موجة الشباب والرياضة على تردد 711 كيلوهرتز والشرق الأوسط على 774 كيلوهرتز قديمًا، تلتقط التلسكوبات الراديوية الهيدروجين على الموجة 21 سم.

الأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة السينية وأشعة جاما.

الكوازارات (النجوم الزائفة) هي النوع الأكثر سطوعًا من النوى المجرية النشطة ويمكن أن تتفوق على المجرات المضيفة إليها (نتحدث عنها بالتفصيل في الفصل الرابع عشر)، وهناك كذلك البلازارات (النجوم الزائفة المتوهجة)، والمجرات الراديوية، وهي نوع من المجرات التي تصدر موجات راديوية قوية. عند سقوط المادة في الثقوب السوداء العملاقة بتلك المجرات فإن نفاثات ضيقة تنطلق في بعض الأحيان من أقطاب الثقب الأسود، يمكن أن تمتد هذه النفاثات إلى آلاف أو حتى ملايين السنين الضوئية في الفضاء، تتكون النفاثات من جسيمات مشحونة (مثل الإلكترونات) تتحرك بسرعة الضوء تقريبًا، وعندما تتفاعل هذه الجسيمات مع المجالات المغناطيسية، فإنها تصدر موجات راديوية.

من أشهر التلسكوبات الراديوية «المصفوفة الكبيرة جدًّا» (VLA) في نيومكسيكو، بالولايات المتحدة الأمريكية وهي مجموعة من 27 هوائيًّا راديويًّا تعمل معًا لمراقبة الموجات الراديوية من الفضاء، تصطف هذه التلسكوبات معًا على شكل حرف Y منتظم تمامًا كما بالشكل المرفق (تمثل كل دائرة صغيرة طبقًا)، ويمكن أن تتحرك تلك الأطباق اللاقطة الضخمة (بوزن 230 طنًّا لكل منها) على خطوط سكك حديدية لتقترب أو تبتعد عن المركز حسب حاجة العلماء، فمثلًا يمكن ضمها معًا بنفس التوزيع لكن في نطاق دائرة قطرها كيلومتر واحد، أو توسيع المسافات بين كل منها لتصل مساحتها الكلية إلى دائرة قطرها قرابة 40 كيلومترًا.



ومن المراصد الراديوية الأخرى مصفوفة «أتاكاما الكبيرة للمليمتر/دون المليمتر» (ALMA) في شيلي وتتألف من 66 هوائيًّا عالي الدقة، وتدرس الكون عند أطوال موجية بالمليمتر (من 1 إلى 10 مليمتر) تحت المليمتر (أقل من 1 مليمتر)، وهناك كذلك التلسكوب الصيني الكبير بقطر 500 متر (فاست). الآن تخيل معي الآتي، أنت فلكي راديوي، تعمل في أحد المراصد الكبرى بعيدًا في صحراء أتاكاما في دولة تشيلي، تستهدف رصد نوع محدد من النجوم على مدى زمني يصل إلى عدة أشهر، تسجل بياناتك بهدوء وبطء، لكنك على الأقل تفعل ما تحب.

في بعض الحالات يوصف الإشعاع في نطاق موجات الميكروويف بأنه نطاق فلكي مستقل، ولكنه يُعتبر أيضًا جزءًا من علم الفلك الراديوي، وبالتالي فإن الأبحاث في هذا النطاق تظل قريبة من حديثنا هنا، وبشكل عام فإن الأرصاد في نطاق الميكروويف سمحت لنا بالتعرف على إشعاع الخلفية الكونية، وهو موضوع أتطرق له في الفصل الثالث عشر عن فجر الكون.

علم فلك الأشعة تحت الحمراء

قال أحدهم لي ذات مرة إن صور تلسكوب جيمس ويب الفضائي ليس مختلفًا كثيرًا عن صور هابل إلا في الألوان، هذا الخطأ يقع فيه الكثيرين، لأنهم يتصورون أن ما ننتظره من جيمس ويب أو هابل أو أي من المراصد الأخرى هو «صور جميلة» أو «صور مفصلة»، ولكن ما ننتظره من تلك التلسكوبات هي بيانات دقيقة في نطاقات متنوعة من الطيف الكهرومغناطيسي، هابل يعمل بشكل أساسي في نطاق الضوء المرئي أما جيمس ويب فيعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء.

يمكن للضوء تحت الأحمر أن يمر عبر الغبار الكوني بشكل أكثر فعالية من الضوء المرئي، بسبب طوله الموجي الأطول، فيظهر بوضوح للتلسكوبات التي تعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء، بينما يبدو معتمًا للتلسكوبات الضوئية مثل هابل، لأن جزيئات الغبار قادرة على تشتيت الضوء المرئي. يسمح ذلك لجيمس ويب بمراقبة المناطق التي تتشكل فيها النجوم والأنظمة الكوكبية، وهي المناطق التي غالبًا ما تكون مخفية في الأطوال الموجية المرئية.

يشبه الأمر -لغرض التقريب- أن تنكسر عظمة الفخذ عند أحد الأطفال بينما يلعب الكرة مع أصدقائه، حينما يذهب إلى المستشفى فإن الطبيب يطلب تصويرًا بالأشعة السينية، ذلك لأن الأشعة السينية يمكن أن تخترق طبقات الجلد لتبين العظام، الأمر كذلك في حالة التقاط الصور بالأشعة تحت الحمراء، حيث يمكن لها أن تنفذ في محيطات الغبار الواسعة في الفضاء لتبين تركيبها الداخلي.

إلى جانب ذلك، يتسبب توسع الكون في مطِّ الضوء المسافر من أقدم المجرات إلى الأرض، وهو ما يجعل الطول الموجي ينتقل من النطاق المرئي إلى نطاق الأشعة تحت الحمراء، ولذلك يمكن لجيمس ويب أن يرصد المجرات الأولى التي نشأت منذ أكثر من 13 مليار عام، مما يوفر رؤى مهمة جدًّا حول المراحل المبكرة للكون (راجع الفصل الثالث عشر).

كما تبعث العديد من الأجرام الفلكية الباردة، بما في ذلك النجوم والكواكب، معظم طاقتها بالأشعة تحت الحمراء، وبشكل خاص يسمح التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لجيمس ويب أن يحدد المركبات والعناصر الكيميائية في الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس، وبذلك يرفع من فرص رصد علامات صلاحية الحياة، ويمكنه اكتشاف جزيئات مثل الماء والميثان وثاني أكسيد الكربون بسهولة أكبر، مما يوفر أدلة حول الظروف في هذه العوالم البعيدة (راجع الفصل الحادي عشر).

يعيدنا ذلك إلى الغرض الرئيسي من التلسكوبات مثل جيمس ويب، وهو ليس التصوير كما ظن البعض، بل جمع البيانات من تلك الأجرام البعيدة، ثم نقلها إلى الأرض للعلماء باستخدام شبكة الفضاء العميقة التابعة لوكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا). تأتي البيانات إلى الأرض بمعدلات بطيئة، عدد قليل من الميغا بت في الثانية.

حينما تصل البيانات إلى الأرض فإنها لا تشبه أي شيء تعرفه، يحتاج العلماء إلى العمل عليها لمدة عدة أسابيع إلى شهر كي يصلوا إلى الصورة النهائية الملونة، تلوين هذه الصور لا يكون لأغراض جمالية أو لإثارة انتباه الناس على فيسبوك أو تويتر، بل يريد العلماء تعيين لون محدد لكل عنصر في السديم مثلًا، فالهيدروجين يعيَن عادة باللون الأحمر، والأخضر يشير إلى الأكسجين المتأين.. إلخ. أما في صور المجرات، فإن اللون الأزرق يعني طولًا موجيًّا أقصر، واللون الأحمر يعني طولًا موجيًّا أطول، وكلما مالت المجرات إلى اللون الأحمر في الصور يعني ذلك أنها أبعد.

علم فلك الأشعة فوق البنفسجية

نعرف أن مرصد هابل يعمل بالأساس في نطاق الضوء المرئي، لكنه كذلك امتلك بعض الأدوات لرصد الإشعاع فوق البنفسجي، كشف ذلك عن بعض العمليات الأكثر نشاطًا على النجوم الشابة الساخنة في مجرتنا والمجرات الأخرى، والتي تطلق جل إشعاعها في النطاق فوق البنفسجي. كما التقطت هذه الأداة الرياح النجمية العنيفة المنبعثة من النجوم عالية الكتلة التي تشكلت حديثًا والتي مثلت نماذج مهمة لفهم أصول النجوم الضخمة في الكون المبكر.

كما تساعد الأشعة فوق البنفسجية كذلك في دراسة الوسط بين النجوم، بما في ذلك خصائص الغاز والغبار الساخن المنتشر في جوانب المجرات، وتظهر الصور في نطاق الأشعة البنفسجية بقايا المستعرات الأعظمية القديمة والتي لا يمكن رصدها في نطاق الضوء المرئي بسهولة لأنها انتشرت في الفضاء. ومثلًا، أظهرت أرصاد الأشعة فوق البنفسجية أن النظام الشمسي يقع في تجويف هائل يُعرف باسم «الفقاعة المحلية»، يعتقد أنها قد نشأت عن انفجار مستعر أعظم حدث منذ قرابة 4500 مليون سنة، وربما كان هو نفس المستعر الأعظم الذي يُعتقد أن موجاته الصادمة هي التي دفعت نظامنا الشمسي إلى التشكل.

علم فلك الأشعة السينية

بدأت دراسة الأجرام الفلكية عند أعلى طاقات الأشعة السينية وأشعة جاما في أوائل الستينيات من القرن الفائت، قبل ذلك كان العلماء يعرفون أن الشمس تعد مصدرًا مكثفًا لهذه الموجات، لكنهم لم يلاحظوا أجرامًا أخرى في نطاق الأشعة السينية، حيث يمتص الغلاف الجوي للأرض معظم الأشعة السينية وأشعة جاما (تأمل الشكل في آخر هذا الجزء)، لذلك كانت هناك حاجة إلى رحلات صاروخية يمكنها رفع أجهزة علمية ترصد تلك الأشعة فوق الغلاف الجوي للأرض.

تم إطلاق أول رحلة صاروخية للكشف بنجاح عن مصدر كوني لانبعاث الأشعة السينية في عام 1962 وقد استخدمت كاشفًا صغيرًا للأشعة السينية، والذي وجد مصدرًا شديد السطوع أطلقوا عليه اسم «العقرب إكس- 1» نسبة إلى كوكبة العقرب، ثم في سبعينيات القرن العشرين، طورت أقمار خاصة لدراسة السماء بالأشعة السينية.

افترض العلماء أن الأشعة السينية من المصادر النجمية في مجرتنا كانت في المقام الأول مما يسمى «ثنائيات الأشعة السينية»، تتكون هذه الثنائيات من نجم نيوتروني في نظام ثنائي مع نجم عادي، وتنشأ الأشعة السينية في هذه الأنظمة من احتكاك المادة الشديد في أثناء انتقالها من النجم العادي إلى النجم النيوتروني، حيث يسحبها الأخير (أو قل يمتصها ناحيته) بفعل جاذبيته الشديدة، سمح ذلك للعلماء بقياس كتلة النجم النيوتروني عن طريق قياس كم المادة المنقولة، والذي يتأثر بقوة جذب النجم النيتروني، والتي تتأثر بالتبعية بكتلته.

بعد ذلك اكتُشفت أنظمة أخرى تطلق أشعة سينية بكم أكبر، وهو أكبر لدرجة أنه ليس صادرًا من نجم نيتروني، بل شيء أقوى، إنها الثقوب السوداء. في أثناء التهام الثقب الأسود للنجوم التي شاء حظها السيئ أن توجد على مسافة قريبة للغاية منه، تنتقل مادتها بسرعة كبيرة إلى القرص المزود الضخم الذي يدور حول الثقب، تتسبب تلك السرعة في ارتفاع درجة

حرارة مادة القرص بشدة، ويخرج منها بسبب ذلك كمٌّ من الأشعة السينية يمكن لنا رصده وحساب تدفقه بدقة ومقارنته مع تنبؤات معادلات أينشتاين عن المادة التي تدور حول الثقب الأسود، يمكننا ذلك من التعرف على الثقب الأسود قيد التحري. كانت تلك هي الطريقة التي اكتشفنا بها وجود الثقب الأسود «الدجاجة أكس- 1» سنة 1971، أول جرم سماوي اتفق الفلكيون على أنه مرشح قوي ليكون ثقبًا أسود، ثم تم تأكيده في 2011.

تتضمن حكاية الدجاجة أكس-1 جانبًا ساخرًا، في 1975 قام ستيفن هوكينج برهان على الدجاجة أكس- 1 مع الفيزيائي كيب ثورن ينص على أن يحصل الفائز على اشتراك لمدة سنة في أحد المجلات، كان رهان هوكينج هو أنه ليس ثقبًا أسود، بل نجمًا نيوترونيًّا، بينما راهن ثورن على أنه ثقب أسود، وربح ثورن الرهان بعد أن أصبحت احتمالات كون الدجاجة أكس-1 ثقبًا أسود أكبر من 95%. في الطبعات الأخيرة من كتاب «تاريخ موجز للزمان» يؤكد هوكينج على أن ثورن قد حصل على مجلاته بالفعل.

وجد أيضًا أن المناطق الداخلية لبعض المجرات تنبعث منها الأشعة السينية، وبشكل خاص النوى المجرية النشطة حيث ينشأ غاز شديد الحرارة بالقرب من الثقب الأسود العملاق في مركز المجرة، وتصدر الأشعة السينية كذلك من الأقزام البيضاء والمستعرات العظمى.

علم فلك أشعة جاما

في التاسع من أكتوبر 2022، تمكن فريق بحثي دولي من رصد ما عُدَّ وقتها أقوى انفجارات أشعة جاما في التاريخ، سُمي «جي بي آر 221009 ايه»، وقد أشرت إليه في الفصل الثامن، أطلق الانفجار، الذي كان الأكبر على الإطلاق، فوتونات بقوة 18 تيرا إلكترون فولت من الطاقة. انفجارات أشعة جاما ليست نادرة، لكن هذا النوع القوي جدًّا نادر، يحدث مرة كل قرن، وربما مرة كل 1000 عام، وتبين للعلماء في عام 2024 أنه ناتج عن انهيار نجم هائل الكتلة في صورة مستعر أعظم.

منذ اللحظة الأولى التي اكتشفت فيها انفجارات أشعة جاما في الستينيات من القرن الماضي وهي تدهش العلماء، إنها انفجارات قوية للغاية وقصيرة الأمد تحدث في المجرات البعيدة، تلمع قرابة مليون تريليون مرة ضعف سطوع الشمس، ما يعني أن مصدرها الكوني غاية في القوة، لدرجة أنه يمكن لوهج هذا النوع من الانفجارات أن يرصد في كل الكون المرئي.

تحدث هذه الانفجارات كل لحظة تقريبًا في كوننا، لكن واحدًا منها سُمي «جي بي آر 230307 أ» تم رصده في 2023 عبر تلسكوبات عدة مثل مرصد جيمس ويب الفضائي

ومرصدي فيرمي ونيل جيرلز سويفت الفضائيين لدراسة أشعة جاما، ساعد فريق بحثي دولي على تحقيق إضافة جديدة إلى علم الفلك بالكشف عن نشأة عناصر ثقيلة مثل التيلوريوم في هذه الانفجارات، بحسب دراسة نشرت في دورية «نيتشر» وقتها.

التيلوريوم ينضم إلى عائلة من العناصر التي تحتاج إلى ظروف متطرفة لتكوينها، ويعتقد أنه قد تم إنشاء عناصر أخرى مثل اليود والثوريوم في نفس الانفجار، وكلاهما ضروري للحياة على الأرض، ومن ثم يقترح العلماء أن هذا النوع من الانفجارات ساهم بالفعل -حينما حصل في الماضي في محيط الشمس- على إثرائها بعناصر مهمة ساعدت بدورها في نشأة وازدهار الحياة على كوكبنا.

تبين للباحثين أن انفجار أشعة جاما هذا يجب أن يأتي من نجمين نيوترونيين متصادمين، اتخذ هذا الزوج من النجوم النيوترونية مليارات من السنين من الدوران حول بعضهما بعضًا قبل التحامهما، وقد حدث الانفجار على مسافة قرابة 8.3 مليون سنة ضوئية.

انفجارات أشعة جاما هي واحدة من أهداف علم فلك أشعة جاما والذي يدرس الكون من خلال مراقبة أشعة جاما، وهي أعلى أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي طاقة؛ تمتلك أقصر الأطوال الموجية وأعلى الترددات في الطيف الكهرومغناطيسي.

لهذا السبب، تهتم المراصد التي تختص بدراسة أشعة جاما بدراسة انفجارات النجوم الهائلة والنجوم النابضة والنجوم النيوترونية التي تدور بسرعة وتصدر أشعة جاما جنبًا إلى جنب مع أشكال أخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وكذلك النجوم المغناطيسية، وهي نوع من النجوم النيوترونية ذات المجالات المغناطيسية القوية للغاية، كما تطلق النوى المجرية النشطة أشعة جاما من النفاثات وأقراص التراكم المحيطة بالثقوب السوداء. وقد وفرت أرصاد أشعة جاما كذلك أفكار جديدة كذلك حول العمليات النشطة التي تحدث في بقايا المستعرات العظمى.

علم الفلك متعدد الرسل

لمدة آلاف السنين، كان علم الفلك يقتصر على النظر إلى السماء ليلًا بالعين المجردة، استخدم الفلكيون الأوائل النجوم لتتبع الفصول وحركات القمر والشمس والكواكب، ثم فتح اختراع التلسكوب آفاقًا جديدة تمامًا للبحث والاستقصاء، وبحلول نهاية القرن العشرين، أصبح الطيف الكهرومغناطيسي بالكامل متاحًا للعلماء لدراسة النجوم والمجرات.

لكن علم الفلك الآن يتجاوز الضوء. فعلى مدى العقود العديدة الماضية، تعاون علماء الفلك لجمع المعلومات من عدة مصادر مختلفة، منها الضوء بكل نطاقاته المرئية وغير المرئية،

وكذلك موجات الجاذبية، وأرصاد جسيمات النيوترينو، لبناء نوع جديد من الأرصاد سميت «علم الفلك متعدد الرسل»، وكأن الضوء بشقيه المرئي وغير المرئي رسول ينقل رسالة من الفضاء، وموجات الجاذبية رسول آخر يمكن التقاطه عبر مراصد مثل لايجو، والنيترينوات رسول ثالث تلتقط بمراصد مثل آيس كيوب في القطب الجنوبي

موجات الجاذبية هي تموجات في الزمكان (نسيج الفضاء الفارغ الذي يضم الزمان والمكان معًا) تحدث نتيجة لوجود كتل هائلة تتفاعل في الفضاء، مثل تصادم الثقوب السوداء أو النجوم النيوترونية أو الانفجارات النجمية الكبيرة. هذه الموجات لا تؤثر علينا بشكل مباشر، لكنها تمدد وتضغط الفضاء الذي تمر عبره. بمعنى آخر، عندما تمر موجة جاذبية، فإنها تجعل المسافات بين الأشياء تتمدد ثم تتقلص على نطاق صغير جدًّا جدًّا.

أما النيوترينو جسيم دون ذري خفيف جدًّا لدرجة أن كتلته تكاد تكون معدومة مقارنة بالجسيمات الأخرى، وبالكاد يتفاعل مع المادة، حيث يمكنه المرور عبر الأرض أو حتى جسم الإنسان من دون أن يتأثر أو يُحدث أي تفاعل، بل إنه في كل لحظة، يمر عدد هائل من النيوترينوات عبر جسمك دون أن تشعر بها، يُقدِّره العلماء بقرابة 100 تريليون نيوترينو، وتتولد هذه الجسيمات من العمليات النووية، مثل تلك التي تحدث داخل النجوم (كالشمس)، وفي الانفجارات النجمية العملاقة (المستعرات العظمى)، أو في التفاعلات النووية على الأرض أو مصادمات الجسيمات.

هذه الطرق الثلاثة مختلفة تمامًا، ويشبه الأمر أن يتحدث أحدهم إليك، فتسمع صوته، لكنك في نفس الوقت تلاحظ لغة جسده بعينيك فتتمكن من الإضافة إلى ما تفهمه من هذا الشخص، ثم تسلم عليه وتتحسس مدى التزامه بالكلام الذي قيل للتو من قوة قبضته في يديك. علم الفلك متعدد الرسل يفعل نفس الشيء، فهو يتأمل الكون بطرق متباينة تمامًا، ما يحقق فهمًا أوسع لظواهر الكون الواسع.

أضف إلى ذلك أن بعض أكثر الأجسام الغامضة في الكون لا تصدر أي ضوء للدراسة. على سبيل المثال، لا تسمح الثقوب السوداء لأي ضوء بالهروب من قبضتها، ولكن ثقلها الشديد وتأثيرها على نسيج الزمكان الكوني يمكن أن يرسل موجات عبر الزمكان نفسه، يمكن اكتشافها هنا على الأرض، كما لوحظ لأول مرة في عام 2015 في أثناء اندماج ثقبين أسودين على مسافة 1.3 مليار سنة ضوئية، وهو ما حصل على جائزة نوبل في 2017.

وسأعطيك مثالًا على أهمية علم الفلك متعدد الرسل. في يوليو 2018 اشتعلت الأجواء العلمية المتخصصة فرحًا بسبب كشف جديد فريد من نوعه، حيث تمكن فريق باحثين دولي ضخم من كشف مصدر لأحد أكثر الجسيمات دون الذرية غموضًا وغرابة، وهو النيوترينو فائق

الطاقة، وتبين أن مصدر هذه الجسيمات هو بلازار يدعى (تي إكس إس 0506+056) يقع على مسافة أربعة مليارات من السنين الضوئية من الأرض، نشرت النتائج في دورية ساينس المرموقة.

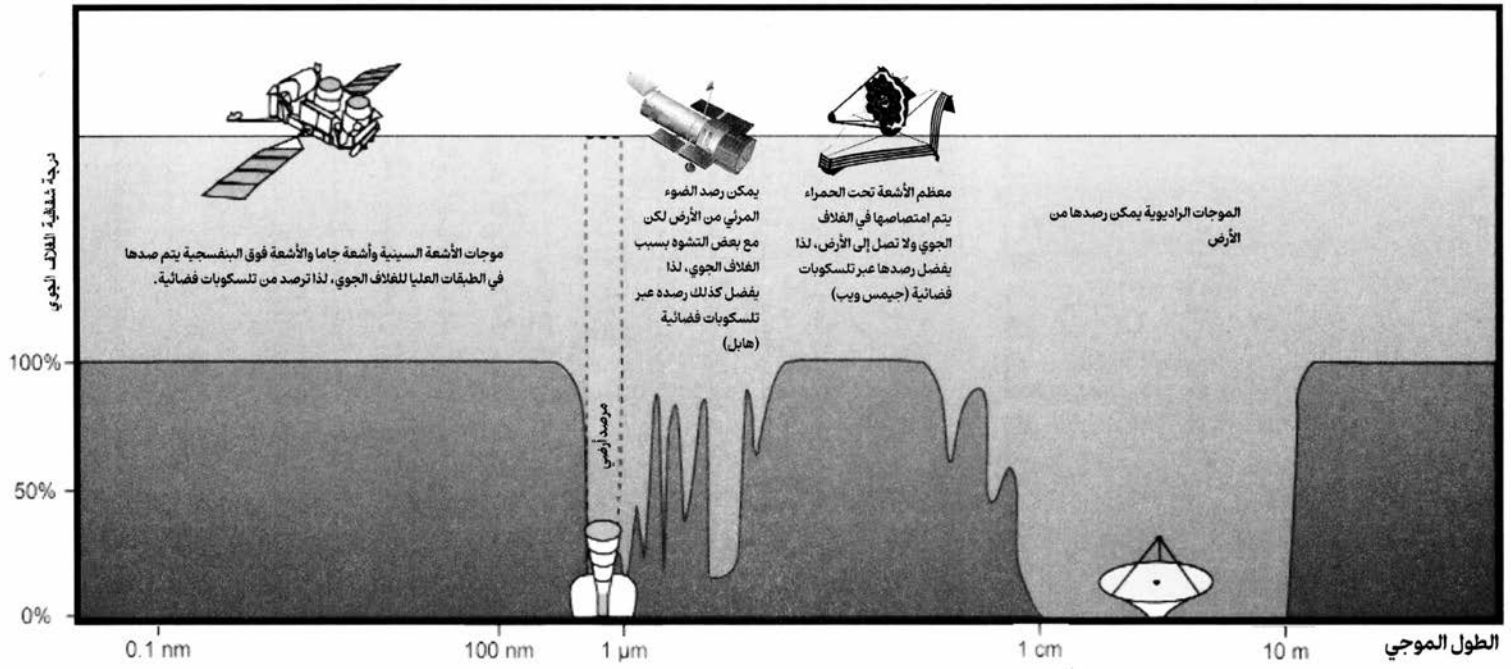
لكن كيف عرف العلماء مصدر النيوترينو عالي الطاقة؟

خلال دقيقة واحدة من رصد أشعة النيوترينو عالية الطاقة القادمة من هذا البلازار في مرصد آيس كيوب بالقطب الجنوبي والذي يتخصص في الإمساك بجسيمات النيوترينو، ثم تم إرسال إخطار تلقائي إلى مجموعة من التلسكوبات الأخرى (قرابة الـ20 منها)، لكي تقوم جميعها بتوجيه أدواتها نحو منطقة في السماء يحتمل أن تستضيف مصدر تلك الأشعة، قامت التلسكوبات بمسح هذه الرقعة من السماء عبر قطاعات مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي، من موجات الراديو منخفضة الطاقة إلى أشعة جاما عالية الطاقة، لتشير جميعها إلى اتفاق حول مصدر هذا النوع من جسيمات النيوترينو، وبمقارنة البيانات تبين أن هذا البلازار هو أيضًا مصدر لأشعة نيوترينو التقطها الآيس كيوب في العامين 2014 و2015. رسولان تداخلا معًا في هذه الحالة، فكشفا عن مصدر الجسيمات.

بعد إعلان فوزه بجائزة نوبل للفيزياء العام الفائت، عن مشاركته في إنشاء وتطوير مرصد موجات الجاذبية لايجو، قال كيب ثورون من معهد كالتيك وهو نفسه المعهد الذي عمل به أحمد زويل: «نعيش في حقبة تأتي الاكتشافات العظيمة فيها بسبب تعاونات كبيرة، بمساهمة عدد كبير من الأفراد». إن هذا هو ما نشاهده اليوم حينما يتدخل 300 عالم من 50 مؤسسة علمية دولية في كشف واحد فقط لم يكن ليتم دون هذا التعاون، وهي إشارة واضحة أن مستقبل العلم لم يعد مرتهنًا بإنجازات الأفراد كالسابق. بل فقط عبر درجات متفاوتة من التعاون، يمكن للكشوف العظيمة أن تحدث.

لكن ما يلفت الانتباه، بصورة أكبر، لهذا الكشف الجديد هو التقدم الذي أحرزناه، قديمًا كان كل ما نمتلكه لرصد السماء هو الضوء المرئي، بعد ذلك انطلقت التلسكوبات لتلتقط إشارات من كل أطياف المجال الكهرومغناطيسي، ثم تظهر موجات الجاذبية لتعطينا وجهة نظر جديدة غاية في الأهمية يمكن أن نتأمل أجرام السماء العميقة من خلالها، وأخيرًا، نتمكن من رصد أشعة النيوترينو لتصبح رسولًا سماويًّا جديدًا، ما يفتح الباب لنا كي نرى السماء كما لم يرَها أحد من قبل.

يدفعنا ذلك بدوره إلى التساؤل عن المستقبل: ما القادم؟ كيف سيستمر العلم في سبر أغوار المجهول الكوني الواسع؟ ما الجديد؟ فاجئني.


درجة شفافية الغلاف الجوي
100%
50%
0%
موجات الأشعة السينية وأشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية يتم صدها في الطبقات العليا للغلاف الجوي، لذا ترصد من تلسكوبات فضائية.
يمكن رصد الضوء المرئي من الأرض لكن مع بعض التشوه بسبب الغلاف الجوي، لذا يفضل كذلك رصده عبر تلسكوبات فضائية (هابل)
مرصد أرضي
معظم الأشعة تحت الحمراء يتم امتصاصها في الغلاف الجوي ولا تصل إلى الأرض، لذا يفضل رصدها عبر تلسكوبات فضائية (جيمس ويب)
الموجات الراديوية يمكن رصدها من الأرض
0.1 nm
100 nm
1 µm
1 cm
10 m
الطول الموجي

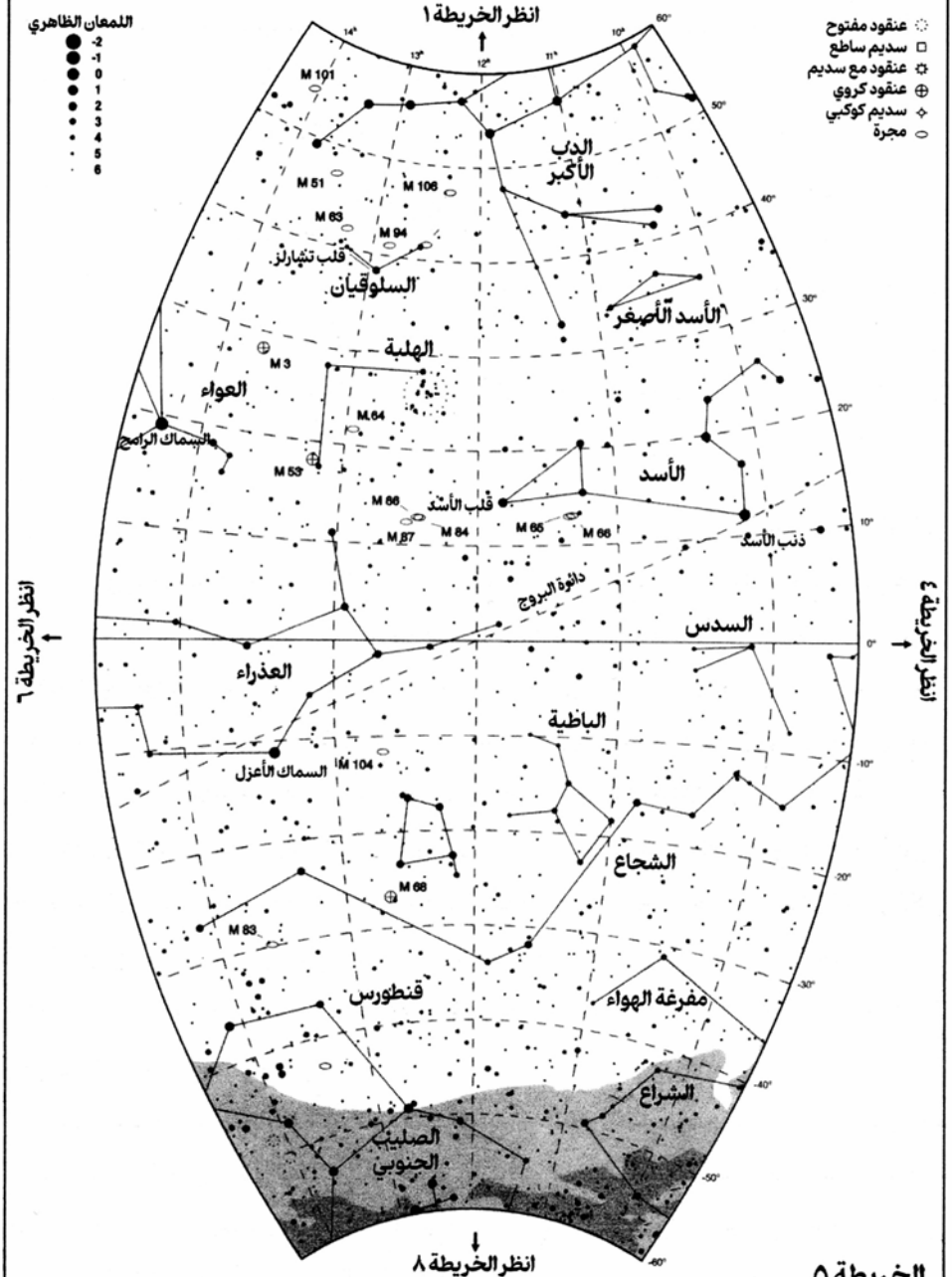
الفصل العاشر

عناقيد العنب الكونية

قلما تجد نجمًا يمتلك هذه المكانة الكبيرة في التراث القديم، في المملكة الفارسية مثلًا كان زعيم النجوم الملكية الرئيسية وحراس السماوات (مع الدبران وفم الحوت وقلب العقرب)، واعتبره المنجمون في كل أنحاء العالم تقريبًا وخلال عصور متفرقة نجمًا محظوظًا، وظن بعضهم أن أولئك الذين يولدون في أثناء طلوعه سيكونون من الملوك والأمراء، والواقع أن سمات الملكية طاردت هذا النجم من كل ثقافة تقريبًا، والسبب في ذلك ربما أبسط مما تظن، وهو أنه ألمع نجوم كوكبة الأسد، والتي تتخذ شكل أسد واضح في السماء، ما وحد الثقافات في علاقتهم بها.

وتعد كوكبة الأسد واحدة من 15 كوكبة توجد على خط الاستواء السماوي وتسمى الأبراج الاستوائية، ويمكن رؤية هذه الأبراج من معظم الأماكن على الأرض، وهي الدلو والعقاب والكلب الأصغر وقيطس والنهر والشجاع ووحيد القرن والحواء والجبار والحوت والحية السدس والثور والعذراء، هذه الكوكبات مهمة بالنسبة إلى كل راصد للسماء (مثل كوكبات الأبراج المعروفة)، لكي يتمكن من بناء صورة ثلاثية البعد حينما يقف ليتأمل السماء ليلًا في كل ليلة.

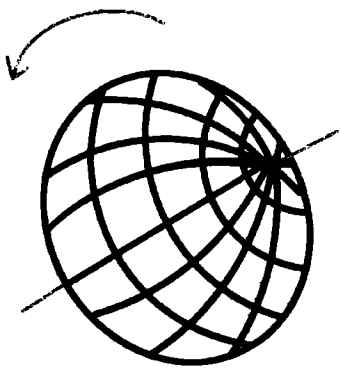
قلب الأسد هو نجم ضخم من الفئة الطيفية B، وبالتالي فهو أبيض مزرق قليلًا، وهو أشد سطوعًا من الشمس بنحو 360 مرة، ويعني ذلك أنه لو قدر أن يقف موضع شمسنا لاختبرنا صباحًا أشد إشراقًا بنفس العدد من الأضعاف، مع تضخم قطر الشمس في السماء بخمسة أضعاف. إلا أن هذا ليس كل ما يحمله هذا النجم من مفاجآت، حيث يوجد لنجم قلب الأسد رفيق له قدر ظاهري 7.7، ويبلغ سطوع هذا الرفيق نصف سطوع الشمس تقريبًا، وهو جرم تلسكوبي سهل.


انظر الخريطة ١
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
M 101
M 51
M 106
M 63
M 94
الدب الأكبر
قلب تشارلز
البلوقيان
الأسد الأصغر
الهلبة
M 3
العواء
M 64
السماك الرامح
M 53
الأسد
M 86
قلب الأسد
M 87
M 84
M 65
M 66
ذنب الأسد
دائرة البروج
السدس
انظر الخريطة ٦
انظر الخريطة ٤
العذراء
الباطية
السماك الأعزل
M 104
الشجاع
M 68
M 83
قنطورس
مفرغة الهواء
الشراع
الصليب الجنوبي
انظر الخريطة ٨
الخريطة ٥

تبلغ المسافة الحقيقية قلب الأسد ورفيقه قرابة 20 مليار كيلومتر، وهذا رقم صغير في الحقيقة، نعم يظل بعيدًا عن رفيقه بمعاييرنا البشرية، بشكل يساوي تقريبًا المسافة بين الشمس و«فارفاراوت» وهو جرم صخري بعرض 400 كيلومتر يعد واحدًا من أبعد الأجرام التي رصدها البشر، إلا أن تلك المسافة بالمعايير النجمية تعد قريبة جدًّا.

على الجانب الآخر من الكوكبة يوجد نجم مهم هو «ذنب الأسد» Denebola، لاحظ أن الاسم اللاتيني غريب، إلا أن كلمة Denebola مأخوذه من «ذنبُ الأسد» ولكن من دون السين والدال (danabo al-asad أصبحت danabo al-a ثم Denebola)، هذا هو ربما نقل خاطئ في أثناء الترجمة من العربية إلى اللاتينية، لاحظ نجمًا آخر في الكوكبة هو Rasalas، إنها رأس الأسد، لكن الدال طارت إلى حيث لا يمكن أن تمسك بها، في أثناء الترجمة، فأصبح اسم النجم «رأس الأسد»، في تتبعك لأسماء النجوم العربية ستجد صنوف الاقتطاع والتعديل والتشويه، هذا طبيعي في عصور كتلك، بحكم أن مصادر المعرفة كانت شحيحة والتواصل شبه معدوم، الآن يمكنك ببساطة أن ترسل إلى الكاتب على الواتساب للتأكد من معنى كلمة ما تقوم بترجمتها من كتابه.

ذنب الأسد من نجوم التسلسل الرئيسي الشابة بعمر نحو 100 مليون سنة، أكبر من الشمس في الحجم بمقدار قرابة 483000 كيلومتر إضافية فقط! لكن أكثر ما يميز هذا النجم هو سرعة دورانه حول نفسه، والتي تصل إلى 125 كيلومترًا في الثانية، إنه رقم هائل مقابل سرعة دوران الشمس حول نفسها (2 كيلومتر فقط في الثانية)، هذا يضع ذنب الأسد في فئة النجوم سريعة الدوران مثل النسرين الواقع والطائر وقلب الأسد وآخر النهر، يتسبب الدوران السريع في انتفاخ خط الاستواء بشكل كبير، مما يؤدي إلى تشويه الشكل الكروي الطبيعي للنجم، فيصبح بيضاويًّا تمامًا. يشبه ذلك أن يقوم أحدهم في المطعم بلف قطعة كروية العجين بسرعة، تلاحظ أنها مع الوقت تتخذ شكلًا بيضاويًّا ثم تتمدد تمامًا لتصبح فطيرة.



مكتبة
t.me/soramnqraa

يمكن أن تعمل السرعات الدورانية العالية على تعزيز انطلاق الرياح النجمية من هذه النجوم، مما يؤدي إلى فقدان كتلتها بمرور الوقت، مما يؤثر على تطورها على المدى الطويل وقد يؤدي إلى تكوين أقراص من الغاز والغبار حول النجوم. يُظهِر ذنب الأسد بالفعل فائضًا قويًّا من الأشعة تحت الحمراء، مما يشير إلى وجود قرص من الغاز والغبار البارد حول النجم، تبلغ درجة حرارة هذا الغبار قرابة 120 كلفن (153- درجة مئوية). وقد أشارت أرصاد مرصد هيرشل الفضائي إلى أن القرص يمتد حتى مسافة من النجم تبلغ 39 وحدة فلكية، يجعله ذلك مرشحًا لبدء نظام كوكبي، مثلمًا حصل مع الشمس.

أعلى يسار كوكبة الأسد يمكن لك أن تلحظ كوكبة السلوقيان أو كلاب الصيد، وألمع نجومها هو «قلب تشارلز» Cor Caroli، وهو نجم غريب في أشياء عدة، أولها اسمه الذي يعد حديثًا نسبيًّا مقارنة بما نعرف من نجوم، الكوكبة نفسها أنشأها عالم الفلك هيفيليوس في أوائل القرن السابع عشر، والنجم يعني «قلب تشارلز»، ويعتقد أن هذا النجم قد سمي تكريمًا للملك تشارلز الأول ملك إنجلترا، الذي أُعدم في عام 1649 في أثناء الحرب الأهلية الإنجليزية، أو ربما لابنه تشارلز الثاني، الذي أعاد الملكية الإنجليزية إلى العرش في عام 1660.

قلب تشارلز هو كذلك نجم غريب كيميائيًّا ومغناطيسيًّا، ولفهم الأمر دعنا نتأمل شمسنا، والتي تدور حول نفسها منشئة المجال المغناطيسي الخاص بها، يتعرف العلماء على وجود هذا المجال المغناطيسي بفضل ما يسمى «تأثير زيمان» (الذي سمي على اسم الفيزيائي الهولندي بيتر زيمان)، ولنتعرف عليه.

تعلمنا في الفصول السابقة كيف أن الضوء القادم من النجوم البعيدة يترك فجوات ضيقة تُرى في أطياف النجوم وتسمى خطوط الامتصاص. في الواقع، إذا كان كل ما خرجت به من هذا الكتاب هو الفيزياء الفلكية الخاصة بأطياف النجوم، فقد ربح البيع حقًّا. المهم، الجديد في الأمر أن الغاز الممتص -إذا كان واقعًا تحت تأثير مجال مغناطيسي- فإن كل خط من خطوط الامتصاص سوف ينقسم إلى خطوط أصغر متجاورة بما يتناسب مع قوة المجال، ومن هنا يتمكن العلماء من تقدير قوة المجال المغناطيسي لنجم بعيد لا يستطيعون السفر إليه.

في أربعينيات القرن العشرين، بدأ علماء الفلك في اكتشاف تأثير زيمان ليس فقط في طيف الشمس، ولكن أيضًا في أطياف النجوم التي لها تركيبات كيميائية غريبة، ويمثل قلب تشارلز أحد هؤلاء النجوم، والتي توجد عادة في الفئتين الطيفيتين A وB، واكتشف العلماء أن تلك المجموعة من النجوم لها مجال مغناطيسي قوي، أقوى من الشمس بآلاف المرات،

وبالتبعية يؤثر المجال المغناطيسي على تركيبتها الكيميائية فتظهر في غلافها الجوي عناصر ليس معتادًا أن تظهر في هذا النوع من النجوم.

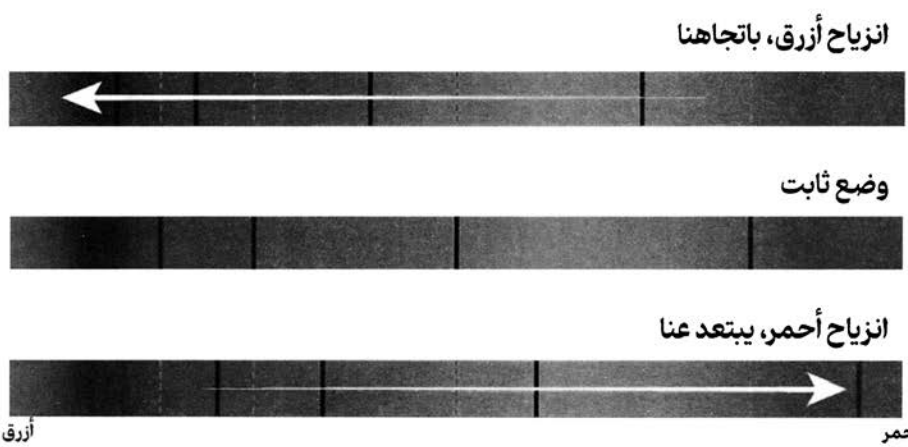
السماك على الطريق السريع

الآن لنتأمل كوكبة العذراء، وفيها يلمع السماك الأعزل Spica بوضوح، واسم السِّماك لا علاقة له بالسَمَك، وإنما يأتي من السموك أي الارتفاع في السماء، وكان هناك سماكان في سماء العرب، الأول هو السماك الرامح Arcturus من كوكبة العواء، وسُمي الرامح لأنه في جوار نجمين لامعين تخيلتها العرب قديمًا كطرفي رمح، فكأنما هذا السماك رامح، أما السماك الآخر فهو أعزل لأنه لا يمتلك رمحًا، ولذلك سُمي السماك الأعزل.

السماك الأعزل هو واحد من ألمع 20 نجمًا مرئيًّا لنا، وهو في الواقع زوجان من النجوم لكن لا يمكنك رؤية النجم الثاني، حتى باستخدام تلسكوب كبير، فهذا النظام هو مثال على الثنائي الطيفي، وهي ثنائيات قريبة تكتشف بناءً على ملاحظات في أطياف نجومها، وهنا نحتاج إلى أن نتوقف قليلًا ونتعلم بعض الفيزياء الفلكية.

يحدث أن تكون واقفًا على الطريق فتأتي من بعيد سيارة إسعاف أو مطافئ أو قطار مسرع بصوت حاد ثم بعد أن يمر بك تنقلب تلك الحدة إلى درجة أكثر عمقًا. في الحالة الطبيعية حينما تكون واقفًا على مسافة ثابتة من مصدر الصوت يظل تردد الصوت ثابتًا، ذلك لأن الصوت يعبر الوسط بينكما على شكل موجات منتظمة، أما ما يسمى تأثير دوبلر فيحدث حينما يقترب أو يبتعد مصدر الصوت منك مسرعًا، حينما يقترب منك المصدر يضغط الموجات فتصبح أقصر، وبالتالي يكون ترددها أعلى، ومن ثم يكون الصوت واحدًا، والعكس صحيح، فحينما يبتعد مصدر الصوت عنك مسرعًا تتسع الموجات، فينخفض ترددها، وتصبح أعمق.

نلاحظ تلك الظاهرة حينما ندرس النجوم كذلك، فحينما يكون النجم ثابتًا في مكانه بالنسبة إليك، كالشمس مثلًا، يصدر منها طيف ثابت بخطوط امتصاص في مواضع ثابتة، لكن حينما يكون النجم البعيد مقتربًا منك أو مبتعدًا تختلف الأمور، حينما يقترب النجم باتجاه المراقب تنضغط موجات الضوء الصادرة منه فتبدو أقصر من طولها المعتاد لذلك تنزاح الخطوط الطيفية بوضوح ناحية الاتجاه الأزرق، والعكس صحيح، حينما يبتعد النجم عن المراقب، حيث تنزاح موجات الضوء ناحية الطرف الأحمر من خطوط الطيف (لاحظ حركة خطوط الامتصاص في التصميم المرفق).



تساعد هذه الطريقة، ليس فقط في التعرف على النجوم الثنائية، ولكن حركة النجوم بشكل عام[1]، فالنجوم التي تتحرك ناحية الأرض تميل إلى الانزياح ناحية الأزرق، والتي تتحرك مبتعدة عن الأرض تميل إلى الانزياح ناحية الأحمر، ويساعد ذلك العلماء في فهم وتقدير حركات النجوم، ومن ثم يمكن ربط نجوم بعيدة ببعضها بعضًا، فمثلًا لو وجدت أن مجموعة من النجوم المتفرقة تجري بنفس السرعة ولها تركيب كيميائي متشابه، فهذا يؤشر على أصل مشترك، ولو وجدت مجموعة من النجوم تخالف في خط سيرها وسرعتها بقية نجوم المجرة، فربما تكون أصولها من خارج درب التبانة أصلًا، وقد عرضنا نماذج عدة لذلك في فصول الكتاب السابقة.

هذه التحولات في الطيف هي ما التقطه علماء الفلك في عام 1890، مما يشير إلى أن السماك الأعزل له رفيق، ذلك لأن النجم في أثناء دورانه حول فريقه يبتعد عنا لبعض الوقت

(1) والمجرات كذلك حيث يدرس العلماء طيفها بشكل شبيه بالنجوم.

ويقترب منا لبعض الوقت، وبالتالي يتغير طيفه بناءً على ذلك، ومن ثم نعرف أنه غير ثابت بالنسبة إلينا، بل يدور، ومن هنا نستنتج وجود مرافق له. لكن بصريًّا، يندمج الزوج في نقطة واحدة لا يمكن لنا فصلها بصريًّا عبر التلسكوبات، حيث يبتعد هذا النجم عنا أكثر من 260 سنة ضوئية، والرفيقان يبعدان عن بعضهما فقط مسافة قرابة 17 مليون كيلومتر، هذا أقصر من ثلث المسافة بين الشمس وكوكب عطارد، لذا يبدوان متلاصقين كنقطة واحدة بالنسبة إلينا.

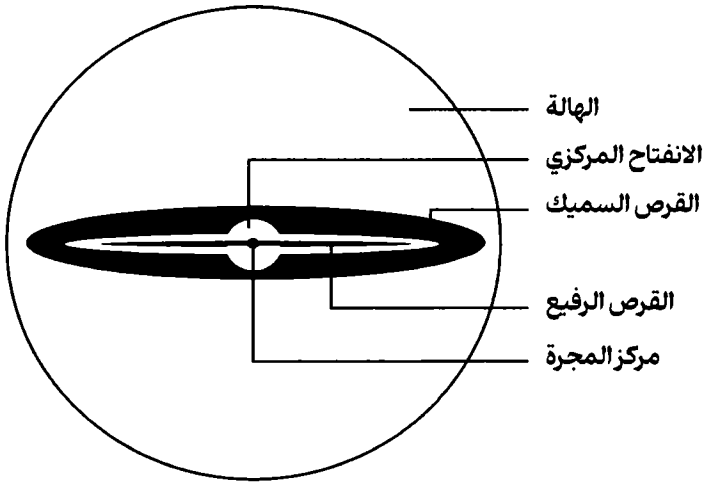
يتسبب قرب النجمين من بعضهما بعضًا في حدوث بعض قوى المد الشديدة. تمامًا كما تعمل جاذبية القمر على إعادة تشكيل الأرض قليلًا، مما يتسبب في انتفاخها بقدر يسير عند خط الاستواء، فإن كلا الرفيقين A وB يمارسان على بعضهما بعضًا تأثيرًا جذبويًّا، ولكن بطريقة أكثر إثارة للإعجاب حيث يشوهان شكل بعضهما بعضًا، فيصبحان بيضاويين تمامًا.

السابحون في هالة المجرة

السماك الرامح على الجانب الآخر، ألمع نجم في كوكبة العواء ورابع ألمع نجم في سماء الليل، هو عملاق أحمر قديم له أيضًا سمات غاية في الغرابة، فهو في المراحل الأخيرة من حياته. لقد أحرق بالفعل كل وقود الهيدروجين في قلبه، وهو قديم حقًّا، لأنه يبلغ من العمر قرابة 7.1 مليار سنة، أي أكبر بكثير من شمسنا، التي يبلغ عمرها قرابة 4.6 مليار سنة.

يتمتع السماك الرامح بحركة غريبة في السماء تدفع فريق من العلماء إلى الاعتقاد أنه ليس من مجرتنا، حيث يطلق اصطلاح «مجموعة السماك الرامح المتحركة» أو «تيار السماك الرامح» على مجموعة من النجوم التي اكتشفها أولين جيه إيجين عالم الفلك الأسترالي-أمريكي عام 1971، وتتكون من 53 نجمًا تتحرك بسرعة قرابة 400 ألف كيلومتر في الساعة كما أن لها خصائص مشتركة مميزة عن بقية نجوم مجرتنا، السماك الرامح يعد أحدها، وقد اقترح فريق من العلماء أنها جميعًا بقايا مجرة قزمة قديمة، تمزقت منذ فترة طويلة وامتصتها مجرة درب التبانة. وهذا شائع، وقد رصدت من قبل نجوم اتهمت أنها ليست من أبناء درب التبانة، وفي قادم الفصول سنتعرف على عدد من المجرات الصغيرة التي واجهت مصاير شبيهة.

وينتمي السماك الرامح إلى القرص السميك لمجرة درب التبانة. لقد ثبت للعلماء أن العديد من المجرات الحلزونية مثل مجرتنا تحوي أقراصًا تتكون من مجموعتين من النجوم مختلفتين من الناحية الحركية والكيميائية، يحوي القرص الأضيق (القرص الرفيع) الغبار والغاز بالإضافة إلى النجوم، في حين أن القرص السميك الأوسع يتكون بالكامل من النجوم.



يبلغ سمك القرص الرفيع لمجرتنا قرابة 980-1300 سنة ضوئية فوق وتحت المستوى المجري، بينما يبلغ سمك القرص السميك قرابة 3300-4900 سنة ضوئية فوق وتحت المستوى المجري، هذا الفارق في السمك له علاقة بأن النجوم في القرص السميك تتحرك في المتوسط بسرعة أكبر بنحو 20 كم/ثانية في اتجاه عمودي على المستوى المجري (أي إلى الأعلى والأسفل) مقارنة بالنجوم ذات القرص الرفيع.

الأقراص السميكة والرقيقة تختلف أيضًا في مجموعاتها النجمية، فتحوي الأقراص الرقيقة نجومًا شابة، في حين أن النجوم في الأقراص السميكة يصل عمرها إلى مليارات السنوات، ويُعتقد أن القرص السميك لمجرتنا تشكل في وقت مبكر من تاريخ المجرة ثم توقف عن تكوين النجوم، ولكن القرص الرفيع بدأ في التشكل في وقت لاحق ويستمر في تكوين النجوم حتى يومنا هذا. تظل آلية نشأة وتكوين القرص المجري السميك لغزًا بالنسبة إلى العلماء، هذا الفارق في التركيب والسرعة دفع البعض منهم إلى اقتراح أن ذلك ربما يتكون نتيجة لحدث اندماج كبير في وقت مبكر من تاريخ المجرة.

عنقود العذراء

تظل كوكبة الأسد المركز الرئيسي لهذه الشريحة السماوية وهي مركز كوكبات الربيع، أعلاها ترى الأسد الأصغر ومن ثم الدب الأكبر، وإلى جوارها تجد كوكبة الهلبة والعذراء، وبالأسفل نجد مجموعات خافتة من الكوكبات، على رأسها الشجاع الذي يحمل على ظهره الباطية والغراب، وبالأسفل كوكبات جنوبية مثل الشراع وقنطورس والصليب الجنوبي ومفرغة الهواء، لا نراها في مصر والعالم العربي.

الآن دعنا نتأمل الخريطة المرفقة مرة أخرى، في مركزها إلى الأعلى قليلًا تلاحظ وفرة في المجرات، ثلاثة منها (وهي الموجودة أسفل كوكبة الأسد) تسمى ثلاثية الأسد، وهي مجموعة صغيرة من المجرات تبعد قرابة 35 مليون سنة ضوئية عن الأرض، تتكون من المجرات الحلزونية مسييه 65 ومسييه 66 وإن جي سي 3628، وتتأثر تلك المجرات ببعضها بعضًا عن طريق الجاذبية، فتمد إحداهن يديها لتفتح أذرع الأخرى بقدر يسير، وقد تعلمنا فيما مضى من فصول أن ذلك يعكر صفو السحب الغازية، ويحفز نشأة النجوم الجديدة.

الآن لنتأمل ذلك التجمع من المجرات أسفل كوكبة الهلبة وأعلى العذراء، حينما ترفع عينيك ناحية تلك المنطقة ليلًا فإنك تنظر إلى خارج مجرتنا تمامًا، وهناك تلتقي عنقود مجرات العذراء، وهو عنقود كبير من المجرات يقع مركزه على بعد قرابة 55 مليون سنة ضوئية، ويضم هذا العنقود ما يقرب من 1300 - 2000 مجرة، ويشكل قلب عنقود مجرات العذراء العظيم، والذي تعد المجموعة المحلية (التي تحوي مجرتنا درب التبانة) عضوًا فيه.

«عناقيد المجرات» هو اصطلاح يطلق على تجمعات تتكون من مئات إلى آلاف المجرات (تبدأ من مئة) التي ترتبط ببعضها بعضًا عن طريق الجاذبية، بمعنى أنها كانت قريبة من بعضها كفاية لتدور حول بعضها بعضًا بشكل مشابه (لكن ليس بالضبط) لتأثر النجوم ببعضها بعضًا في العناقيد النجمية أو النجوم المتعددة، مع كتل نموذجية تتراوح من 100 تريليون إلى 1 كوادرليون كتلة شمسية! وهي أحد أكبر الهياكل المعروفة في الكون، أما مجرتنا درب التبانة فلا توجد في عنقود، بل في مجموعة تسمى «المجموعة المحلية، لأن عدد مجراتها حول 50، ومنها مجرة المرأة المسلسلة ومجرة المثلث اللتان تحدثت عنهما في سابق الفصول.

عنقود مجرات العذراء هو أقرب وأوضح عناقيد المجرات التي يمكن للعلماء (وللهواة) رصدها والتعلم عنها[1]. يبلغ قطره قرابة 15 مليون سنة ضوئية، وهو بذلك أكبر من المجموعة المحلية التي يبلغ قطرها قرابة 10 مليون سنة ضوئية، ولكنه مكدس أكثر بالمجرات، إلا أن معظمها مجرات قزمة صغيرة الحجم، لكن أبرزها مجرات بيضاوية وحلزونية[2].

يمتد العنقود على مساحة من السماء تبلغ قرابة 5 درجات في 3 درجات، يساوي ذلك تقريبًا أن تضم أصابع البنصر والوسطى والسبابة ثم تمد يديك إلى السماء، عرض هذه

(1) وبسبب أهميتها الشديدة، يمتلك الأطلس الأكبر المرفق بالكتاب خريطة مخصصة لهذا العنقود. وهو نموذج لعناقيد المجرات، تلك الهياكل الكونية المدهشة.

(2) ما يصل إلى عُشر النجوم في العنقود هي نجوم بين مجرات، على الأرجح طُردت من مجراتها نتيجة للتفاعلات مع مجرات أخرى.

المجموعة أمام عينيك يساوي 5 درجات، ومن بين كل هذه المجرات في هذا العنقود، فإن تلسكوبًا بقطر متوسط (6 إلى 8 بوصة) سيكشف عن قرابة 160 مجرة في هذه المنطقة في ليلة صافية حالكة من ليلات الربيع. ألمع عضو في مجموعة العذراء المجرية هي المجرة الإهليلجية مسييه 49، ولكن المجرة الأكثر شهرة فيها هي المجرة الإهليلجية العملاقة مسييه 87، والتي تقع في مركز المجموعة.

الأجرام مسييه 49 و58 و59 و60 و61 و84 و86 و87، و89 و90 في كوكبة العذراء ومسييه 85 و88 و91 و98 و99 و100 في كوكبة الهلبة، هم أعضاء في عنقود مجرات العذراء، وما هو موضح بالخريطة المرفقة بهذا الفصل هم أسهلها بالنسبة إلى تلسكوب صغير.

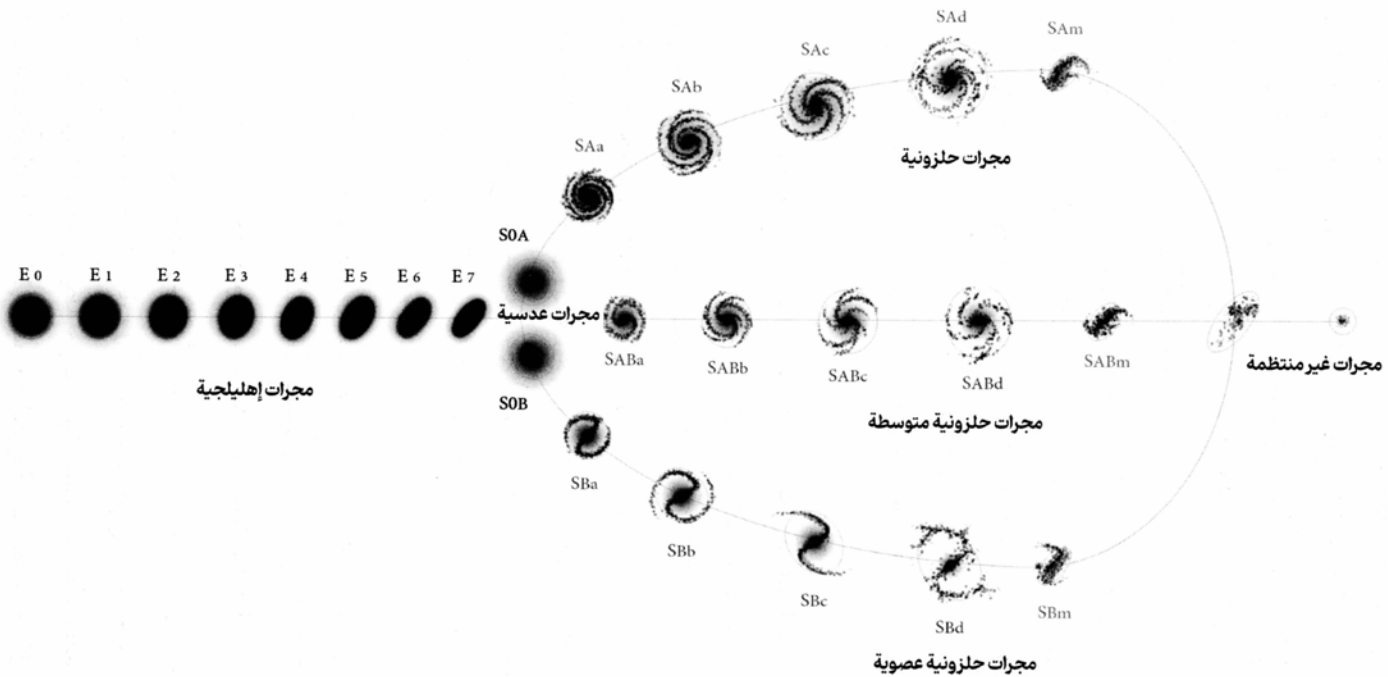
يتكون العنقود من عدة مجموعات أو قل فصوص فرعية من المجرات، الأولى هي قلب العنقود المكتظ بالمجرات، وفيه توجد المجرات الأكثر ضخامة وسطوعًا، والمجرة المهيمنة في هذه المنطقة هي مسييه 87، وهي مجرة إهليلجية عملاقة تحوي ثقبًا أسود فائق الكتلة كان أول ثقب أسود تم تصويره مباشرة في التاريخ، إلى جانب مجرات إهليلجية كبيرة أخرى مثل مسييه 84 و86، وتتكون هذه المنطقة في الغالب من مجرات إهليلجية وعدسية، وهي عادة ما تكون أقدم وأقل ثراءً بالغاز من المجرات الحلزونية (تأمل الشكل المرفق لأنواع المجرات).

أما الفص الثاني فيتركز حول المجرة مسييه 49، وهي مجرة إهليلجية عملاقة أخرى تقع خارج النواة قليلًا، وهي أقل كثافة من النواة، مع مزيج من المجرات الإهليلجية والحلزونية، وأخيرًا، تُعد أطراف عنقود العذراء موطنًا لفص ثالث يتكون من العديد من المجرات الحلزونية. غالبًا ما تكون هذه المجرات غنية بالغاز وتشكل نجومًا نشطة، على عكس المجرات الإهليلجية التي تهيمن على اللب.

وقد تتصور أن كتلة هذه العناقيد هي ما يظهر لك في صورها، لكن ذلك خاطئ تمامًا، فـ 5% فقط تقريبًا من كتلة تلك العناقيد تتمثل في تلك المجرات الظاهرة أمامك، أما 15% من كتلتها فمتمثلة في الغاز المنتشر بين المجرات، وهو غاز ساخن تصل حرارته إلى عشرات الملايين من الدرجات[1]، أما ما تبقى من الكتلة فمتمثل في المادة المظلمة، وسنتطرق إلى ما تعنيه في فصل قادم. عناقيد المجرات هي مثال حي على صدق جملة «إن العين لا ترى كل شيء دائمًا»، هناك في الخلفية أشياء وسياقات لا تعرف عنها شيئًا.

(1) ولذلك يمكن رصده في نطاق الأشعة السينية.

تمرين عملي لطيف



ولأننا في هذا الكتاب نتعلم الكثير عن تصنيف الأجرام السماوية، كونها إحدى مهام علم الفلك الأصيلة، فإن عنقود العذراء لا شك هو فرصة لنقتطع بعض الوقت من أجل دراسة تصنيف المجرات (وقد فعلنا نفس الشيء مع العناقيد النجمية)، وسنركز بشكل أساسي على تصنيف هابل- فوكولور للمجرات، وهو نسخة موسعة من تصنيف هابل (الذي أوردته في كتاب السما)، يصنف المجرات على أساس أشكالها وبنيتها، وقد طوره عالم الفلك الفرنسي جيرارد دو فوكولور في الخمسينيات من القرن الفائت.

يبدأ التصنيف بالمجرات الإهليلجية (E)، والتي تصنف على أساس مدى استطالتها من E0 أي كروية تقريبًا إلى E7 هي الأكثر استطالة، أما المجرات العدسية فهي على شكل قرص مع بنية حلزونية قليلة أو معدومة، وتقف تلك المجرات في موضع متوسط بين المجرات الإهليلجية والحلزونية، تأخذ التصنيف S0 ولكن يمكن أن تحوي قضبانًا، وهنا يشار إليها بـ SB0. القضبان المجرية عبارة عن هياكل أو تكوينات من النجوم والغاز والغبار تأخذ شكل قضيب طويل يمتد عبر مراكز بعض المجرات الحلزونية

يلي ذلك المجرات الحلزونية، ويتم تصنيفها بناءً على إحكام أذرعها الحلزونية وحجم انتفاخاتها المركزية، ويتراوح التسلسل من الأذرع الملتفة بإحكام مع انتفاخات كبيرة إلى الأذرع الملتفة بشكل فضفاض مع انتفاخات صغيرة (ويأخذ ذلك التسلسل من a إلى m كما بالشكل المرفق، علمًا بأن المجرات s وm تكون أقرب إلى غير المنتظمة منها إلى المنتظمة).

في هذا التصنيف هناك ثلاثة أنواع أو قل فروع من المجرات الحلزونية، الأولى حلزونية تمامًا من دون ضلع أو قضيب في المنتصف وتسمى (SA)، والثانية مجرات حلزونية عصوية أو مضلعة (SB)، والثالثة هي المجرات المتوسطة (SAB)، التي تكون محاطة تمتلك قضبان متوسطة ضعيفة.

أما المجرات غير المنتظمة فإنها لا تندرج ضمن أي من الفئات السابقة، فهي تفتقر إلى هياكل منتظمة مثل الأذرع الحلزونية أو الانتفاخات، وتنقسم إلى نوعين: الأولى تمتلك بعض الهياكل المنتظمة (Im)، ولكن غير محددة جيدًا، والثانية فوضوية تمامًا (I0).

وكذلك تُضاف حروف تعبر عن وجود حلقات أو عدسات في المجرات حول النواة، فتكون (r) مجرة ذات حلقة محددة جيدًا حول النواة، و(s) مجرة ذات أذرع حلزونية تخرج مباشرة من النواة، من دون حلقة، و(rs) بنية وسيطة حيث تكون الحلقة جزئية. وتضاف لاحقات أخرى في بعض الأحيان، مثل (Pec) أو (P) للمجرات الغريبة التي تظهر هياكل غير عادية بسبب الاندماجات مع مجرات قريبة مثلًا أو لأسباب أخرى.

في الملحق الموجود في آخر الكتاب، تجد تصنيف كل مجرات مسييه بهذه الطريقة، يمكنك مقارنتها مع الصور في اللوحة المرفقة بالكتاب، للتعرف بدقة على أنواع المجرات، إنه تمرين عملي جميل وممتع، نفس الأمر يجري كذلك على تصنيف ترامبلر للعناقيد المفتوحة وتصنيف شابلي-سوير للعناقيد الكروية، وكلاهما موضح في فصول مختلفة بالكتاب، وإذا أردت صورًا مكبرة لأي من تلك الأجرام لتدرسها ببعض التمعن، ستجدها على الإنترنت بسهولة، فمِن حظنا الحسن أن الصور الفلكية من مراصد مثل هابل وجيمس ويب تقدم إلى الجمهور مجانًا، وبدقة مدهشة.

جاذب عظيم

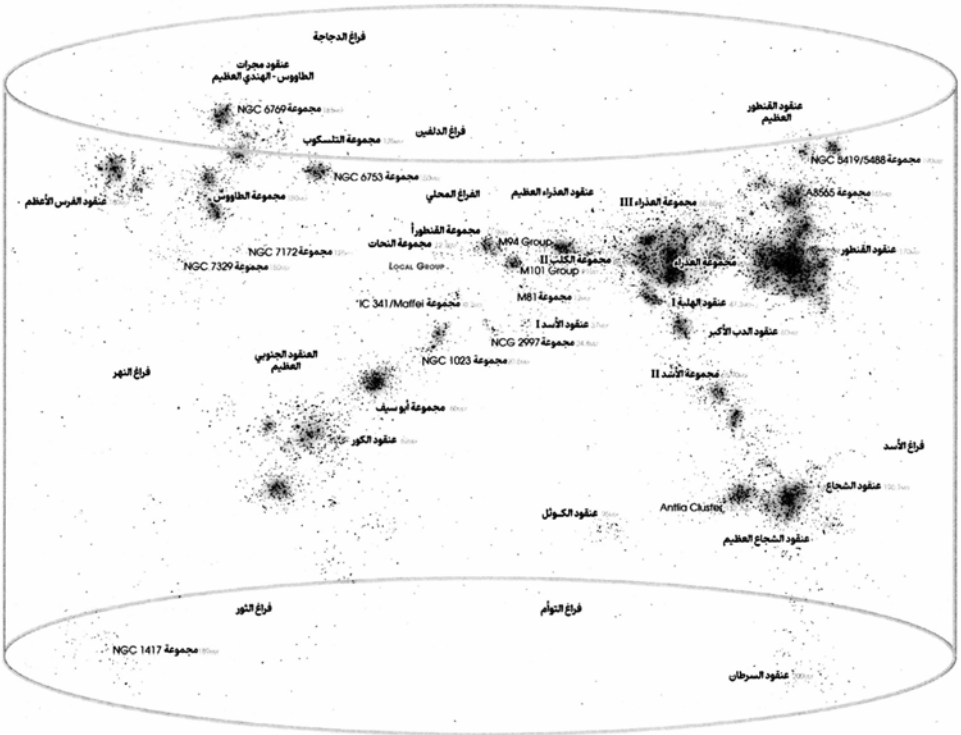
منذ السبعينيات من القرن الفائت، تسببت قياسات متعددة لحركة مجرتنا درب التبانة في حيرة كبرى لدى العلماء، حيث تبين أنها تتحرك، على عكس المتوقع، بسرعة 600 كيلومتر في الثانية ناحية كوكبة قنطورس النجمية. وقد تبين للعلماء أن هناك قوة خفية تقوم بالتأثير على مجرتنا وتشدها إلى الخلف[1]، وهي ليست خفية لأي سبب سحري، وإنما فقط يصعب رصد مصدرها (الذي سمي الجاذب العظيم) بالتلسكوبات الضوئية، لأن هناك حاجزًا يقف بين مجموعتنا الشمسية وبينه، وهذا الحاجز هو نواة مجرتنا درب التبانة الساطعة التي تمنعنا عن رصد ما يقع خلفها. ويشبه الأمر أن يقف أحدهم أمامك بمصباح قوي جدًّا، فلا تتمكن من رؤية ما يقع خلفه، هذا هو ما يحدث بسبب نواة مجرتنا الساطعة والكثيفة جدًّا.

لكن قبل الخوض في تفاصيل مقترحات العلماء لحل تلك المشكلة البحثية، نحتاج أولا إلى فهم توزيع المجرات في هذا الكون، حيث تشير الأرصاد من تلسكوبات مثل هابل إلى أن المجرات عادةً ما توجد في تجمعات صغيرة نسبيًّا، وفي حالة مجرتنا درب التبانة، فإنها تعد واحدة من أفراد «المجموعة المحلية» كما أسلفنا، إلا أن المجموعة المحلية وعنقود مجرات العذراء يعدَّان جزءًا من عنقود مجري أكبر يحوي أكثر من 100 تجمع شبيه كان كبيرًا أو صغيرًا، ويسمى «عنقود مجرات العذراء العظيم».

وحتى هذا العنقود نفسه يعد مع ثلاثة عناقيد عظيمة أخرى (عنقود مجرات الشجاع قنطورس العظيم، وعنقود مجرات الطاووس-الهندي العظيم، وعنقود الجنوب العظيم) جزء من عنقود أكبر فائق يسمى لانياكيا، وهي لفظة مستقاة من تراث منطقة هاواي القديمة، وتعني بلغتهم «الجنة الهائلة»، وهو موطن مجرة درب التبانة وقرابة 100,000 مجرة أخرى. تم تعريف لانياكيا في سبتمبر عام 2014، عندما قام فريق الباحثين المؤلف من برينت تلي

(1) لا يوجد في الفضاء أمام أو خلف، لكن اللفظ هنا لغرض تعبيري فقط.

من جامعة هاواي وهيلين كورتوا من جامعة ليون بتعيين حركة المجرات بهدف إعادة رسم خريطة الكون.



ولتبسيط الفكرة، تخيل أن تجمعات المجرات تشبه عناقيد العنب، حيث كل حبة عنب تمثل مجرة، لكنها ترتبط ببعضها بعضًا عبر قوى الجاذبية لا أعواد مرنة صغيرة. ومثلما يوجد كل عنقود عنب على فرع صغير مع جيرانه من العناقيد، ومن ثم توجد على شجرة العنب فروع كثيرة كل منها يحوي عددًا من العناقيد معًا، فإن المجرات تفعل نفس الشيء، حيث تتجمع في مجموعات مثل المجموعة المحلية، تنتظم تلك التجمعات بدورها في فروع أكبر هي العناقيد العظيمة، ثم في شجرة كاملة، الشجرة الكاملة في هذه الحالة هي لانياكيا.

وعلى الرغم من صعوبة رصد ما يقع خلف نواة مجرتنا درب التبانة، فإن العلماء يمتلكون بعضًا من الحيل التي يمكن أن تحسن قليلًا (وليس كليًّا) من رصد تلك المنطقة، مثل عمليات الرصد بالأشعة تحت الحمراء أو موجات الراديو مثلًا، وقد مكنتهم تلك الأدوات من تقدير المسافة بيننا وبين الجاذب العظيم، والتي قدرت بنحو 200 مليون سنة ضوئية.

لكن بدراسة العناقيد المجرية التي توجد في منطقة الجاذب العظيم -وقد سُميت «الشراع» و«نورما»- ظهر للعلماء أنها مسؤولة فقط عن جزء من أسباب شد مجرتنا ومعها بقية المجموعة المحلية، ما تسبب في مزيد من البحث حول الأمر.

وفي عام 2005 أجري مسح بالأشعة السينية لجزء من السماء يُعرف باسم «مشروع العناقيد المجرية في منطقة التجنب»، وتبين من خلاله أن مجرة درب التبانة والمجموعة المحلية لا تنجذب إلى الجاذب العظيم فقط، بل تنجذب كذلك نحو مجموعة أكبر بكثير من المجرات تسمى عنقود شابلي الفائق، والذي يقع خلف الجاذب العظيم، وهو جار عنقود لانياكيا. وهنا تكتمل قطع الأحجية، حيث يرجح العلماء حاليًّا أن المتسبب في تلك الحركة الشاذة لمجرتنا درب التبانة ورفيقاتها هو في جزء منه مجموعة صغيرة من العناقيد المجرية التي توجد في منطقة الجاذب العظيم، وفي الجزء الآخر هو تأثير سحب شابلي، جار لانياكيا العملاق.

منذ مليارات السنوات ومجرتنا واقعة تحت هذا التأثير، لكن لما لا نشعر به؟ في الواقع فإننا على الأرض واقعين تحت تأثيرات عدة؛ منها حركة الأرض حول نفسها، ودوران الأرض حول الشمس، ودوران الشمس نفسها حول المجرة (حيث تكمل دورة كل قرابة 250 مليون سنة)، وحركة مجرتنا نفسها في الفضاء الواسع. إلا أننا لا نشعر بتلك الحركة لأن كل جسم يأخذ سرعة إطاره المرجعي، وللتوضيح فإنك مثلًا داخل الطائرة تتحرك بحرية رغم أنها تجري بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة الواحدة، وربما تلاحظ في سيارتك أن ذبابة دخيلة تتحرك بحرية من الأمام للخلف رغم أنك تجري على الطريق بسرعة عشرات الكيلومترات في الساعة.

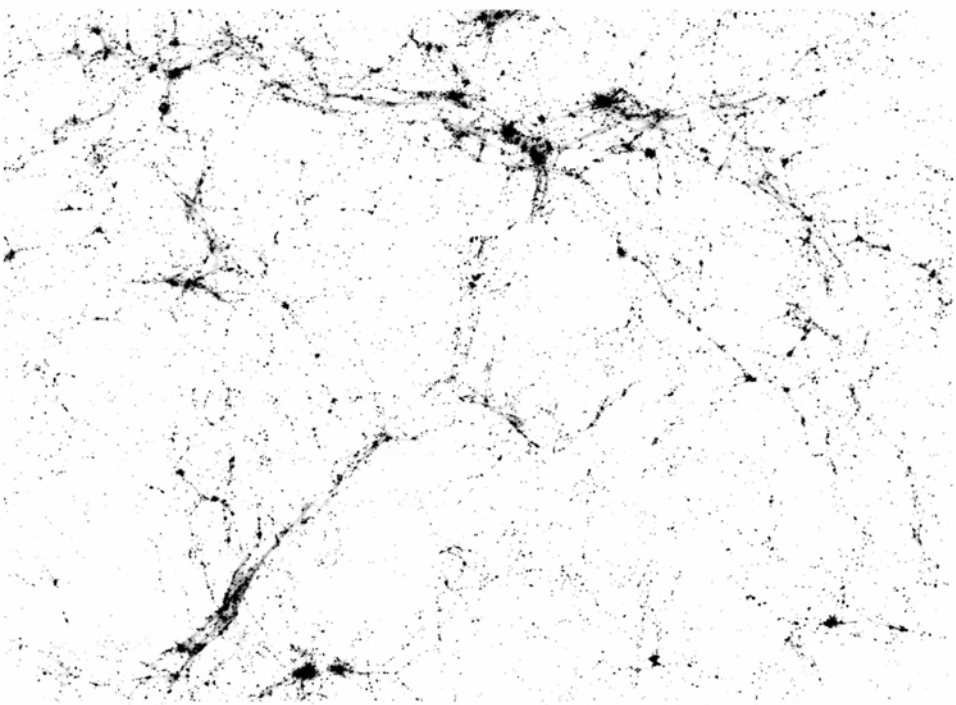
سحر الضخامة

حينما يستخدم العلماء تلسكوباتهم في محاولة لفهم توزيع المجرات في الكون عبر مسح سماوي شامل، يجدون أنها لا تتوزع بانتظام، وإنما تتخذ شكل خيوط مترابطة معًا وفراغات شبه خالية من المجرات فيما بينها، يشبه الأمر قطع الإسفنج، أو تلك القطعة اللذيذة من الجبن في أفلام «توم وجيري»، في نقط التقاء تلك الخيوط معًا نجد التجمعات المجرية الكثيفة، والتي تحوي آلاف المجرات. هذا هو ما نسميه الشبكة الكونية (Cosmic Web)، أعظم أشكال الكون الذي نراه.

وربما تلاحظ وجود مثل هذه الفراغات في التصميم السابق الذي يشرح حجم لانياكيا، مثل فراغ النهر أو فراغ التوأم، هذه هي الفراغات الكونية، وهي مساحات شاسعة بين الخيوط

المجرية، والتي تحوي عددًا قليلًا جدًّا من المجرات أو لا تحوي أي مجرات. يبلغ قطر هذه الفراغات عادةً من 30 إلى 300 مليون سنة ضوئية، والفراغات الكبيرة بشكل خاص تسمى أحيانًا بالفراغات الفائقة. تم اكتشاف هذه الفراغات لأول مرة في عام 1978 في دراسة رائدة أجراها فلكيون مرصد كيت بيك في الولايات المتحدة الأمريكية.

ومن هذا المنطلق، يمكن تقسيم بنية الكون كله إلى شيئين، الأول هو الفراغات: مناطق شاسعة، كروية إلى حد كبير، ذات عدد مجرات قليل للغاية، والثاني هو الجدران: المناطق التي تحوي المجرات والمادة بشكل عام.



ويمكن تقسيم الجدران إلى قطعتين أصغر الأولى هي مناطق شديدة التركيز حيث تلتقي الجدران وتتقاطع، مما يزيد من الحجم الفعلي للجدار، والثانية هي الشعيرات أو الخيوط، وهي الأذرع المتفرعة للجدران التي يمكن أن تمتد لعشرات الملايين من السنوات الضوئية. لاحظ في التصميم المرفق، الجدران سميكة متقاطعة، والشعيرات خفيفة تمضي لحالها، والفراغات تقع بينها، هذا -ما تره أمامك- هو الهيكل الكبير للكون، يشبه الأمر كأنك سافرت بقدرة إعجازية إلى الأعلى، ورأيته من هناك وكأنك أحد أقمار جوجل إيرث!

ما زال العلماء يستكشفون العناقيد المجرية وتجمعاتها، في أبريل 2024 تمكن فريق بحثي دولي من رصد أكثر من 600 عنقود مجري عظيم واستكشاف طبيعتها، وبحسب الدراسة الجديدة التي نشرها هذا الفريق في دورية «أستروفيزيكال جورنال» فإن أكبر تلك العناقيد الفائقة يسمى «إيناستو»، ويحتوي على كتلة تعادل نحو 26 مليون مليار شمس، ويقدر عرضه بـ 360 مليون سنة ضوئية تقريبًا.

أما عنقود سارسواتي العظيم فهو أكبر العناقيد العظيمة التي اكتشفها العلماء إلى الآن، يبتعد عنا بنحو 4 مليار سنة ضوئية في كوكبة الحوت، ويبلغ عرضه قرابة 652 مليون سنة ضوئية (عنقود العذراء العظيم يبلغ عرضه قرابة 110 مليون سنة ضوئية)، ويتكون من 43 عنقودًا مجريًّا على الأقل، ويشكل خيطًا مجريًّا كثيفًا في الهيكل الكبير للكون.

الفصل الحادي عشر

كواكب من عالم الروايات

في «سولاريس» بقلم الكاتب البولندي ستانيسواف لم، فإن اسم الرواية يعبر عن كوكب بعيد جدًّا عن الأرض يدور حول زوجين من النجوم الثنائية، أحدهما أحمر والآخر أبيض، هذا الكوكب مغطى بمحيط واحد، وهو ليس مجرد محيط من الماء العادي، بل كائنًا أو قل كيانًا واحدًا ذكيًّا وعجيبًا، لم يُر مثله من قبل.

يمكن لهذا المحيط «قراءة» ذكريات ومخاوف ورغبات العلماء من بنو البشر المتمركزين في محطة أبحاث التي تدور حول الكوكب، وبالإضافة إلى ذلك فهو قادر على تجسيد تلك الأفكار العميقة إلى مظاهر مادية تسمى «الضيوف». هؤلاء «الضيوف» ليسوا هلوسة، ولكنهم كائنات حقيقية واضحة ملموسة، وغالبًا تكون أشخاصًا من ماضي الشخصيات، وعادة ما تكون ذات أهمية عاطفية قوية بالنسبة إليهم. على سبيل المثال، يواجه بطل الرواية، كريس كيلفن نسخة طبق الأصل من زوجته المتوفاة، التي انتحرت قبل سنوات.

نشرت هذه الرواية في عام 1961، في وقت لم نعرف فيه إن كانت هناك عوالم أخرى تدور حول نجوم غير الشمس، وظل الأمر كذلك حتى عام 1995، حينما أعلن عالما الفلك الفرنسيان ميتشل مايور وديديه كيلوز اكتشافهما لأول كوكب يدور حول نجم شبيه بالشمس، ويسمى «51 الفرس الأعظم»، ويبتعد عنَّا مسافة 50 سنة ضوئية، إنه الاكتشاف الذي حصل على جائزة نوبل عام 2019.

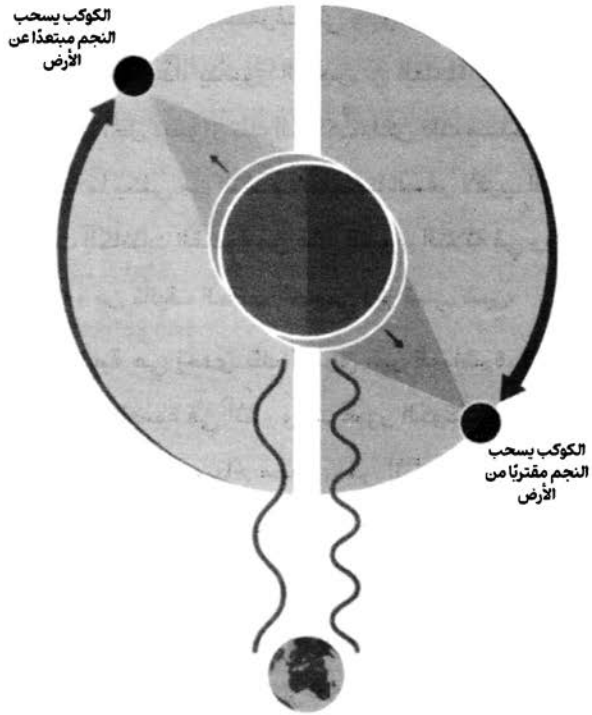
المثير للانتباه أن هذا الكوكب كان ضخمًا بحجم المشتري تقريبًا، وفي نفس الوقت كان قريبًا من النجم الذي يدور حوله، حيث يدور حوله مرة كل 4 أيام، تعارض ذلك مع نظريات

تكون الكواكب السائدة في ذلك الوقت، والتي اعتمدت على ما نرصده في مجموعتنا الشمسية، فالكواكب الضخمة في الحجم، مثل المشتري وزحل، توجد بعيدًا عن الشمس. اضطر ذلك الكثير من العلماء في هذا النطاق إلى تغيير أفكارهم حول نشأة مجموعتنا الشمسية، وحول طبيعة ما يمكن أن نجده من كواكب حول نجوم أخرى.

طرق غير مباشرة

عظمة الكشف كانت أيضًا في الطريقة التي استخدمها الباحثان للتوصل إلى 51 الفرس الأعظم، ولفهمها دعنا نبدأ من دوران الأجرام السماوية حول بعضها بعضًا، وهو أمر تحدثنا عنه في الفصل الثامن (النجوم الثنائية). أنت تعرف بالفعل أن الشمس، على سبيل المثال، تقف ثابتة بينما تدور كل كواكب المجموعة الشمسية حولها، وأن الأرض تقف ثابتة بينما يدور القمر حولها، لكن الحقيقة هي أن كل جُرمين سماويين يدوران حول نقطة ما بينهما تتعلق بفارق كتلتيهما، وإذا كانت كتلتا الجُرمين متساوية يدوران معًا حول نقطة في المنتصف تمامًا بينهما مثل النجوم الثنائية، وكلما ازدادت كتلة جُرم منهما على الآخر اقتربت تلك النقطة من الجُرم الأكبر في الكتلة، وإذا كان فارق الكتلة كبيرًا ستقترب النقطة من الجُرم الأكبر في الكتلة بحيث تدخل فيه لكنها لا تكون في منتصفه أبدًا.

هذا هو ما يحدث في حالة الشمس، فهي تجذب الكواكب إليها، والكواكب كذلك تجذب الشمس، ولذا فإن الشمس لا تقف ثابتة، بل تتذبذب في أثناء دورتها حول نفسها، وتحدث تلك الحالة في دوران الكواكب حول النجوم الأخرى، حيث تتذبذب الأخيرة في أثناء دوران الكواكب حولها. لفهم الفكرة تخيل أنك بشكل منفرد تدور حول نفسك، ثم أمسكت بيدي طفل صغير وقررت أن تدور به حول نفسك، في الحالة الثانية ستلاحظ أنك لا تدور حول نفسك تمامًا، بل تتأثر وتهتز حول محور دورانك، بسبب وجود هذا الطفل، وكلما ازداد وزن الطفل كان تأثرك أكبر وأوضح.

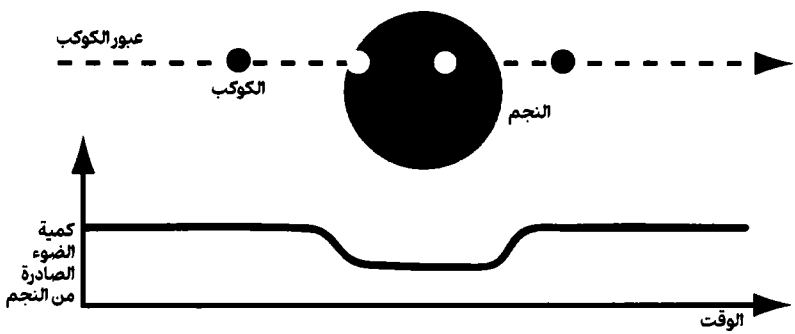


ذلك التذبذب أو التأرجح في حركة النجم يتسبب في تغييرات دورية في الطيف الضوئي للنجم، أي أن خطوط الامتصاص تتأرجح على الطيف بين اليمين واليسار، يحدث ذلك لنفس السبب الذي تحدثنا عنه في الفصل الثامن بينما كنا نتحدث عن النجوم الثنائية، حيث إن النجم في أثناء تأرجحه يتحرك ناحيتنا لفترة ثم يتحرك مبتعدًا عنا لفترة، يتسبب ذلك في تزحزح خطوط الامتصاص قليلًا ناحية الطرف الأزرق بينما يتحرك النجم ناحيتنا، وتزحزحها ناحية الطرف الأحمر من الطيف بينما يتحرك النجم مبتعدًا عنا (راقب طول الموجة في التصميم المرفق). هل تدرك الآن إلى أي مدى مثل اكتشاف تلك الخطوط الأساس لعلم الفلك المعاصر؟

وكلما تذبذب النجم بصورة أكبر، تزحزحت الخطوط بصورة أكبر، ويعني ذلك أن الكوكب ذو كتلة كبيرة، وعبر الحسابات الفلكية يتمكَّن العلماء من قياس ما هو أعمق من مجرد وجود الكوكب، فبتأمُّل قدر التذبذب الخاص بالنجم يمكن كذلك معرفة مدار هذا الكوكب، ويمكن كذلك التعرف على حجمه وبعض البيانات عن تركيبه. تسمى تلك الطريقة التي استخدمها مايور وكيلوز بـ «طريقة السرعة الشعاعية»، والتي طوراها بعد ذلك لتصبح أكثر دقة، ولا تزال إلى الآن أحد أهم طرق التعرف على وجود الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس.

نستخدم تلك الطرق غير المباشرة للتعرف إلى وجود تلك الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى لأنها -ببساطة- بعيدة جدًّا، يتصور البعض أن العلماء يذهبون بالمركبات الفضائية إلى تلك النجوم البعيدة من أجل تصوير تلك الكواكب، لكن ذلك مستحيل بقدراتنا التكنولوجية الحالية، وربما لو امتلكنا ما يكفي من التقدم لاستطعنا السفر لأقرب الكواكب في أربعمائة أو خمسمائة سنة كما فعلت الكائنات القادمة من عالم النجوم الثلاثة في رواية (ومن ثم مسلسل) «معضلة الأجسام الثلاثة» من تأليف الكاتب الصيني ليو تسي شين.

طريقة السرعة الشعاعية هي إحدى تلك الطرق غير المباشرة، لكن هناك طريقة أخرى أكثر استخدامًا تقيس كمِّية الضوء في أثناء وبعد عبور الكوكب أمام النجم. لفهم الفكرة قم بتمرير كرة حديدية صغيرة أمام مصباح مضيء، في أثناء مرور الكرة بينك وبين المصباح سوف تقل كمية الضوء القادمة منه إلى عينيك. هذا هو بالضبط -لكن على مستوى غاية في الصغر والدقة- ما يحدث حينما نوجِّه تلسكوباتنا إلى نجم ما لمدة طويلة، فبين فترات محددة نجد أن كم الإشعاع الضوئي يقل لمدة محددة ثم يرتفع مرة أخرى، يحدث ذلك لأن الكوكب يمر أمام النجم، ويمكننا ذلك من التعرف على مدار الكوكب.



ليس ذلك فقط، بل إن قياسات دقيقة أخرى قد تمكننا من التعرف على حجم الكوكب الذي يمر أمام هذا النجم عبر قياس كمية الضوء التي تنخفض في أثناء مروره، فإذا كانت كبيرة عني ذلك أن الكوكب ضخم وإذا كانت أصغر فربما كنا أمام كوكب صخري مثل الأرض، كذلك يمكن لنا التعرف على مناخ هذا الكوكب، لكن هذا الأمر يعيدنا إلى الفصل الثالث، حيث نريد أن نتعرف على أحد الأنواع الفرعية من طيف الامتصاص ويسمى «طيف النفاذ».

بالنسبة إلينا على الأرض، حينما يمر كوكب أمام نجم بعيد، فإن بعضًا من ضوء هذا النجم يمر خلال الغلاف الجوي للكوكب في طريقه إلينا (ينفذ خلاله)، وبالتالي فإن بعضًا من مكونات هذا الغلاف الجوي يمكن لها أن تترك خطوط امتصاص خاصة بها في طيف الضوء الذي نستقبله هنا على الأرض، يساعد ذلك العلماء في تحديد وجود غازات مختلفة، مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان والأكسجين، في الغلاف الجوي لهذا الكوكب، ويوفر كذلك معلومات حول درجة الحرارة والضغط على ارتفاعات مختلفة في الغلاف الجوي للكوكب، مثلما مكننا من معرفة تركيب ودرجة حرارة النجوم وبعض السمات الأخرى.

يمكن كذلك لوجود السحب والضباب أن يؤثر على طيف النفاذ عن طريق تسطيح أو كتم سمات معينة، يساعد تحليل هذه التأثيرات في فهم طبيعة الغلاف الجوي وأنماط الطقس على الكوكب. مرة أخرى، تأمل أهمية دراسة أطياف النجوم.

وبالطبع يوفر اكتشاف جزيئات مثل بخار الماء والأكسجين والميثان أدلة حول قابلية الكوكب للسكنى وحتى إمكانية وجود عمليات البيولوجية، إذا ظهر في طيف الكوكب دليلًا على مواد عضوية لا تنشأ إلا من كائنات حية. لكن في هذا السياق يجب أن نوضح أنه حينما يقول العلماء أنهم اكتشفوا «كوكبًا قابلًا للحياة»، فإن ذلك لا يؤكد وجود حياة على سطحه، بل فقط يشير إلى احتمالية ذلك.

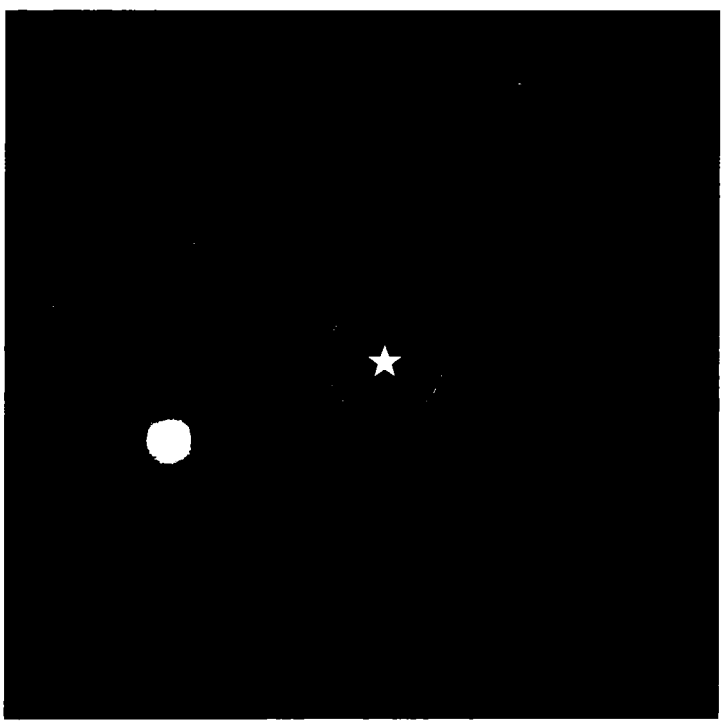
وهناك طرق أخرى مدهشة للتعرف على تلك الكواكب، منها مثلًا طريقة التصوير المباشر، ومثلًا في أغسطس 2024 تمكن فريق دولي من علماء الفلك، باستخدام مرصد جيمس ويب، من التقاط صور مباشرة لكوكب يدور حول نجم آخر غير الشمس ويبعد نحو 12 سنة ضوئية عن الأرض، وذلك يعني أنه يقع في الجوار الشمسي.

ويعد هذا الكوكب، الذي سُمي «إبسيلون الهندي إيه بي»، واحدًا من أبرد الكواكب التي رصدها العلماء حتى الآن، إذ تقدر درجة حرارته بدرجتين مئويتين فقط، أي أبرد من أي

كوكب آخر تم تصويره خارج نظامنا الشمسي. ويأخذ هذا الكوكب قرابة 45 سنة لإكمال دورة حول نجمه الذي يشبه الشمس تقريبًا في العمر والحجم، مع درجة حرارة سطح أقل. وأظهرت الدراسة التي نشرها المكتشفون في دورية «نيتشر» أن هذا الكوكب يمكن أن يحوي كميات كبيرة من الميثان وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون في غلافه الجوي، مع جو غائم للغاية، بحيث لا يمكن لك رؤية النجم المضيف في السماء لفترات طويلة.

يعد التصوير المباشر من الطرق المهمة لدراسة الكواكب التي تدور حول النجوم غير الشمس، وهي تختلف عن الطرق الأخرى التي تستنتج وجود كوكب بشكل غير مباشر مثل تقنيات العبور أو السرعة الشعاعية، وقد التقطت من قبل صور مباشرة للعديد من الكواكب حول نجوم مثل بيتا آلة المصور، و51 النهر، 29 الدجاجة، وغيرها من الكواكب.

ومن أشهر طرق التصوير المباشر ما يسمى «منظار الإكليل»، وهو ما استخدم في حالة إبسيلون الهندي إيه بي، حيث يمكن حجب ضوء النجم عن الصورة؛ بوضع بقعة معتمة في مسار الضوء الصادر من النجم لإنشاء كسوف اصطناعي، يسهل رؤية الضوء الخافت القادم من الكوكب، يشبه ذلك أن ترفع يديك أمام الشمس وأنت سائر في طريق ما لترى شخصًا واقفًا أمامك. منظار الإكليل هو الدائرة التي رسمت عليها نجمة في صورة الكوكب المرفقة، وهي صورة حقيقية للكوكب باللونين الأبيض والأسود.



ويلعب التصوير بالأشعة تحت الحمراء دورًا مهمًّا في هذه العملية، فغالبًا ما تصدر الكواكب البعيدة إشعاعات تحت حمراء أكثر من نجومها الأم، وذلك يمكن الكاميرات التي تعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء من التقاط صور دقيقة للكوكب وتجاهل نجمه.

حديقة الكواكب

مكنتنا تلك الآليات الغاية في الذكاء من إيجاد آلاف الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، تتنوع في العدد والتركيب والحجم والكتلة والمسافة بينها وبين النجم الذي تدور حوله. بعض هذه الكواكب مألوف لنا، عوالم تشبه الزهرة أو نبتون، والبعض الآخر لا يشبه أي شيء في نظامنا الشمسي، لذلك توصف بأسماء جديدة، مثل المشتريات الساخنة والكواكب الكربونية والأراضي الفائقة. وتتكون أسماؤها من مجموعة أبجدية، مستمدة من كتالوجات النجوم، والمسوحات السماوية التلسكوبية، فتجد مثلًا «كوروتي7- ب» و«كيبلر 10 س» و«ترابيست 1 أ» و«واسب107- ب»، إلخ.

هذه العوالم حقًّا مدهشة، ومتنوعة إلى حد كبير، بل قل هناك فوضى كوكبية حاليًّا، فهناك خمسة عشر نوعًا من الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس مدرجة حاليًّا في قاموس علم الفلك الموحد (والعديد من الأنواع الأخرى في الدراسات التي تصدر تقريبًا كل يوم) خمسة منها تشير فقط إلى الحجم (الكتلة والقطر)، مثل **الكواكب الصخرية** وهو تعريف يتضمن الكواكب بحجم الأرض والأصغر منه، **والأراضي الفائقة** وهي عادةً كواكب صخرية أكبر من الأرض، والنبتونات الصغيرة وهي كواكب أصغر من نبتون، **والكواكب العملاقة الجليدية والكواكب العملاقة الغازية، وهي** كواكب بحجم كوكب زحل أو المشتري أو أكبر بكثير، تتنوع هذه الكواكب بحسب القرب أو البعد عن النجم الذي تدور حوله.

أما البقية فتميز خصائص الكواكب، فمثلًا قد تكون بعض الكواكب الصخرية في أنظمة غنية بالكربون، وبشكل خاص تكون **كواكب كربونية** شديدة الجفاف.

وهناك العديد من أنواع الكواكب الخارجية التي تعتمد على حجم الكوكب وموقعه داخل نظام نجمي ما، وهذا تصنيف آخر، **المشتري الساخن ونبتون الساخن** عبارة عن كواكب غازية كبيرة في مدارات ضيقة وسريعة حول نجومها، إذا سافرت هذه الكواكب على مقربة شديدة من نجومها، فستكون مقيدة مديًّا، أي أنها تواجه نجومها بوجه واحد مثلما يفعل القمر مع الأرض، وهناك أيضًا **كواكب المشتري الباردة وكواكب نبتون الباردة**، التي تدور في مدارات أبعد، تكون هذه الكواكب -كما هو واضح من اسمها- بحجم المشتري أو نبتون.

الكواكب البركانية على جانب آخر هي عوالم جحيمية فائقة الكثافة وأكبر من الأرض، وتدور في مدارات قريبة جدًّا من نجومها وتكون عادة ساخنة جدًّا. بعضها، والمعروفة باسم **الكواكب الكاثونية**، من المحتمل أن تكون بقايا نوى كواكب المشتري الساخنة المتبخرة، والتي وقفت على مسافة قريبة جدًّا جدًّا من نجومها.

أما **الكواكب الصالحة للحياة** فهي على النقيض تمامًا مما سبق، كواكب بحجم الأرض تدور على مسافة من نجمها حيث يمكن أن يكون الماء السائل مستقرًّا، ما يعني أنها يمكن أن تكون صالحة للحياة كما نعرفها، في ظل الظروف المناسبة. يعتقد العلماء أن أكثر من 10 مليارات من النجوم الشبيهة بالشمس في مجرتنا تحوي كواكب كالأرض تدور حولها على مسافة تسمح للماء بالوجود في صورة سائلة، ما يعني أنها فرصة جيدة جدًّا لنشوء الحياة، أضف إلى ذلك نجومًا أخرى غير شبيهة بالشمس تحوي نفس الخاصية، وكلما توسعنا أكثر في البحث عن تلك المجموعات الشمسية قد نكتشف وجود حياة على أحدها يومًا ما، لكن إلى لحظة كتابة هذه الكلمات فإن السيد «إي تي» لم يصل إلينا بعد، ولم يرسل أي إشارات تفيد بوجوده.

ويمكن العثور على الكواكب في مواقع غريبة عما نعهده، فقد تكون هناك **كواكب طروادية**، وهي رفاق أصغر حجمًا تتخذ مدارًا مع كواكب أكبر، مثلما تفعل كويكبات طروادة التي تدور مع العديد من الكواكب، على رأسها المشتري. وأخيرًا، هناك **الكواكب المارقة**، والتي تم انتزاعها من نجومها لسبب أو لآخر فمضت في رحلة بمفردها عبر المجرة. من الصعب العثور عليها ولم نجد سوى واحد فقط حتى لحظة كتابة هذه الكلمات، ولكن ربما يوجد الكثير منها.

أغرب العوالم

لطالما كنت منجذبًا للبحث خلف الكواكب التي تدور حول نجوم غير الشمس، ذلك لأنها بشكل أو بآخر تشبه عوالم الروايات الخيالية، أو لوحات أعظم الرسامين السورياليين، بل أعتقد أنها جلبت إلينا أفكارًا تعد أغرب من كل ذلك، وأريد أن أحدثك الآن عن بعض من أغرب تلك العوالم، وقد ساعدني العمل في التحرير العلمي على تقصي الكثير منها ولفت انتباه القارئ العربي إليها، تأمل مثلًا ورقة بحثية نُشرت في مجلة «نيتشر» 2023 حيث بيَّن العلماء سمات كوكب جديد سُمي «واسب 178-بي»، ويقع على مسافة قرابة 1300 سنة ضوئية من أرضنا، ظهر أنه يحوي غلافًا جويًّا صافيًا مثل الأرض لكنه غني بغاز أول أكسيد السيليكون.

وأشار الباحثون أن هذا الكوكب مقيد مديًّا، ما يعني أنه يقابل النجم الذي يدور حوله بوجه واحد دائمًا، ولذلك فإن أحد جانبيه (المواجه للنجم) يكون **نهارًا أبديًّا** حارًّا، والوجه الآخر ليل دامس أبدي بارد، وهو يشبه في ذلك قمر الأرض، فهو يواجهنا بنفس الجهة بشكل مستمر.

يضع ذلك غلاف الكوكب الجوي في حالة دائمة من التغير، حيث ينسحب الهواء الساخن من الجانب المواجه للشمس إلى الجانب الليلي بشكل دائم وبسرعات فائقة تتجاوز 3000 كيلومتر في الساعة (تبلغ سرعة الرياح في الإعصار من الدرجة الخامسة أكثر من 250 كيلومترًا في الساعة). في هذه الحالة يبرد أول أكسيد السيليكون بدرجة كافية ليتكثف في صورة صخور تسقط من السحب في صورة أمطار، بينما على الجانب النهاري منه، تتبخر الصخور من شدة الحرارة. نحن أمام **كوكب أمطاره عبارة عن صخور**!

وبعيدًا عن كواكب ساخنة نهارها أبدي وليلها أبدي، فإن كوكب «55 السرطان إي» والمسمى أيضا «جانسين» لا شك لافت للانتباه، وهو كوكب صخري أكبر من الأرض، ولكنه أصغر من نبتون (أرض فائقة)، ويدور حول نجمه الذي يشبه الشمس على مسافة 2 مليون كيلومتر تقريبًا وهي مسافة صغيرة جدًّا (عطارد قرابة 44 مليون كيلومتر)، ويكمل مدارًا كاملًا حول نجمه في أقل من 18 ساعة.

تشير الأرصاد من جيمس ويب إلى أن الكوكب محاط بغلاف جوي غني بثاني أكسيد الكربون أو أول أكسيد الكربون، ولأن الكوكب قريب جدًّا من نجمه، فهو ساخن للغاية ويُعتقد أنه مغطى بالصخور المنصهرة، محيط كامل يغرق كل الكوكب من الحمم البركانية بدرجة حرارة طقس تبلغ 1982 درجة مئوية، إذا كان من الممكن أن نطلق لفظ «**عالم جحيمي**» على أحد الكواكب، فلا بد أنه جانسين. الأرض كانت يومًا ما في مرحلة شبيهة، حينما كانت لا تزال كتلة ناشئة قبل 4 ونصف مليار سنة.

على العكس تمامًا ستجد كوكب «توي 1452- بي»، ويقع من الأرض على مسافة مئة سنة ضوئية، أظهرت أرصاد الباحثون أنه **عالم محيطي مثل سولاريس**، أي أنه يتكون من محيط مائي واسع يشغل كل الكوكب، الذي هو كوكب صخري مثل الأرض ويقع من نجمه على مسافة متوسطة. الماء على الأرض لا يشكل سوى جزء ضئيل من كتلتها، قرابة 0.05% فقط، بينما في حالة «توي 1452- بي» أظهرت الدراسات أن الماء قد يشكل ما يصل إلى 30% من كتلته.

أما «واسب 193 ب»، فقد وجد العلماء أن كثافة هذا الكوكب صغيرة جدًّا لدرجة أننا يمكن أن نسميه **كوكب بكثافة «غزل البنات»**. الكوكب يدور حول نجم شبيه للشمس، حجمه هائل

أكبر من المشتري مرة ونصف، لكن كتلته أقل من المشتري بسبع مرات، مما يمنحه كثافة منخفضة للغاية، وهو بذلك أحد أقل الكواكب كثافة[1] التي تم اكتشافها.

كوكب «واسب 107 ب» على الجانب الآخر، يقع على بُعد قرابة 200 سنة ضوئية من الأرض، وهو كوكب عملاق يشبه كوكب نبتون من حيث الكتلة، ويقارب في الحجم كوكب المشتري. ووفق دراسة نشرتها دورية «نيتشر»، فقد كشفت عمليات الرصد التي يقوم بها تلسكوب جيمس ويب الفضائي أن الكوكب تتساقط فيه الرمال على شكل أمطار، نعم إنها كما قرأت، هذا **كوكب يمطر رمالًا**!

الكوكب يتميز بسحب من رمال السيليكا، ورياح عاتية، ودرجات حرارة حارقة (ألف مئوية)، وأمطار، ورائحة تشبه رائحة ثاني أكسيد الكبريت المحترق، مع آثار لبخار الماء. في هذا الكوكب يتصاعد غبار السيليكا مشكلًا حبيبات مجهرية تتكثف وتهطل في شكل أمطار، ويشبه ذلك إلى حدٍّ كبير دورة بخار الماء والسحب على كوكب الأرض، ولكن مع قطرات مكونة من الرمال.

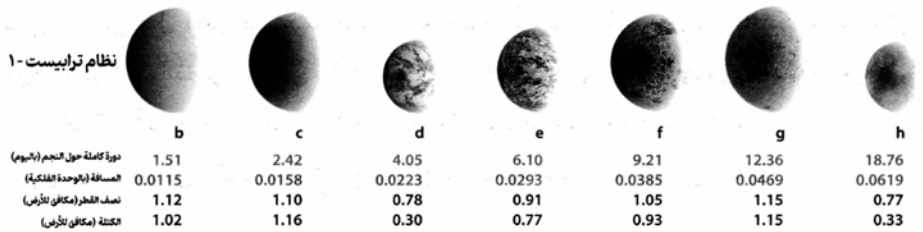
وأخيرًا لا يمكن أن نفوت حديثًا عن العوالم السبعة للنظام الكوكبي «ترابيست-1» والتي تمثل واحدة من أفضل فرصنا للعثور على حياة خارج كوكب الأرض خارج نظامنا الشمسي، الكواكب السبعة عبارة عن عوالم صخرية، تتراوح من حجم المريخ تقريبًا إلى أكبر قليلًا من الأرض، ثلاثة أو أربعة منها يقعون داخل المنطقة الصالحة للسكنى لنجمهم، الذي هو قزم أحمر.

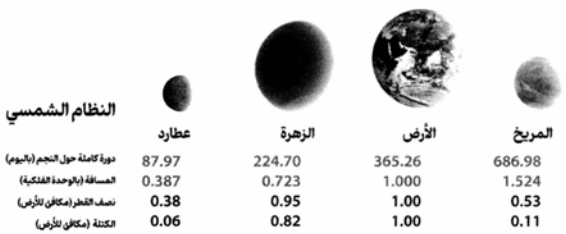
يقع نظام ترابيست-1 على بعد 40 سنة ضوئية فقط في كوكبة الدلو، مصطلح ترابيست هو اختصار للحروف الأولى من «تلسكوب الكواكب العابرة والكويكبات الصغيرة»، وهو في الواقع زوجان من التلسكوبات، الأول واحد في مرصد لا سيلا في تشيلي وآخر في مرصد أوكايمدن في دولة المغرب، وغالبية أسماء الكواكب الخارجية تكون اختصارات من هذا النوع، تنسب عادة إلى المرصد الذي اكتشفها.

الآن أريد منك أن تتعلم قليلًا عن فن التخيل، ما يلي هو جدول بسيط يحوي بيانات عن ترابيست-1 ويقارنها ببعض من كواكب النظام الشمسي، حاول أن تستخدم تلك البيانات لتخيل كيف يمكن أن يكون شكل العالم على واحد من تلك الكواكب، هل سيكون كل شيء أحمر لأن النجم القريب يميل إلى اللون الأحمر على عكس الشمس التي تميل للأبيض؟ الكواكب

(1) الكثافة هي علاقة وحدة الحجم بوحدة الكتلة لمادةٍ ما، والخلاصة أن مكعب من الحديد لا شك أثقل من نفس المكعب بنفس الحجم لكن من الريش.

كلها كما تلاحظ محصورة في مسافة أصغر من عطارد، هل يمكن لك أن تلاحظها بسهولة في سماء أحدها إذا كنت تسكن فيه؟ فقط استمر في التخيل.





تاريخ جديد

لقد كان لاكتشاف الكواكب الخارجية ودراستها تأثير عميق على فهمنا للأرض والنظام الشمسي، فمثلًا يتحدى اكتشاف مجموعة واسعة من أنواع الكواكب الخارجية، مثل المشتري الساخن والأرض الفائقة ونبتون الصغير فكرة أن النظام الشمسي هو مثال نموذجي لتكوين الكواكب، أدى ذلك إلى تطوير نظرية مختلفة عن نشأة مجموعتنا الشمسية.

فمثلًا، تبين للعلماء أنه عادة ما تكون الكواكب العملاقة قريبة إلى النجم الذي تدور حوله (وليست بعيدة كحالة المشتري)، وعادة ما تكون الكواكب الصخرية أكبر من الأرض ورفاقها في مجموعتنا الشمسية (أراض فائقة)، ما الذي حدث في حالتنا إذن في حالة مجموعتنا الشمسية؟

يتصور الباحثون في هذا النطاق حاليًّا أنه في بداية تاريخ المجموعة الشمسية تكونت 3 أراضٍ فائقة قريبًا من الشمس. أما المشتري، فخضع لما يُسمى «فرضية تغير الاتجاه الكبرى» والتي تقول إنه تشكل على بعد 3.5 وحدة فلكية من الشمس، ثم هاجر إلى الداخل حتى مسافة 1.5 وحدة فلكية من الشمس ليحطم الأراضي الفائقة بجاذبيته القوية، ثم عكس مساره وعاد مرة أخرى إلى مسافة 5.2 وحدة فلكية بسبب ظهور زحل، الذي جذبه إلى الخلف مرة أخرى،

أما بقايا الكواكب الصخرية الثلاثة فقد تجمعت لبناء 4 كواكب أصغر، هي الكواكب التي نعرفها الآن (المريخ والأرض والزهرة وعطارد).

في النهاية، يمكن النظر إلى اكتشافات كتلك على أنها امتداد لما أنجزه نيكولاس كوبرنيكوس قبل أكثر من خمسمائة سنة حينما أوضح لنا أن الأرض ليست مميزة، ليست مركز الكون كما تصور الناس وقتها، ثم جاء جاليليو ليرى المشتري في تلسكوبه فيعلمنا أن هناك كواكب أخرى تدور حول الشمس غيرنا، ثم جاء علم البحث عن كواكب تدور حول نجوم أخرى غير الشمس ليقول لنا إن مجموعتنا الشمسية ليست فريدة من نوعها.

الفصل الثاني عشر

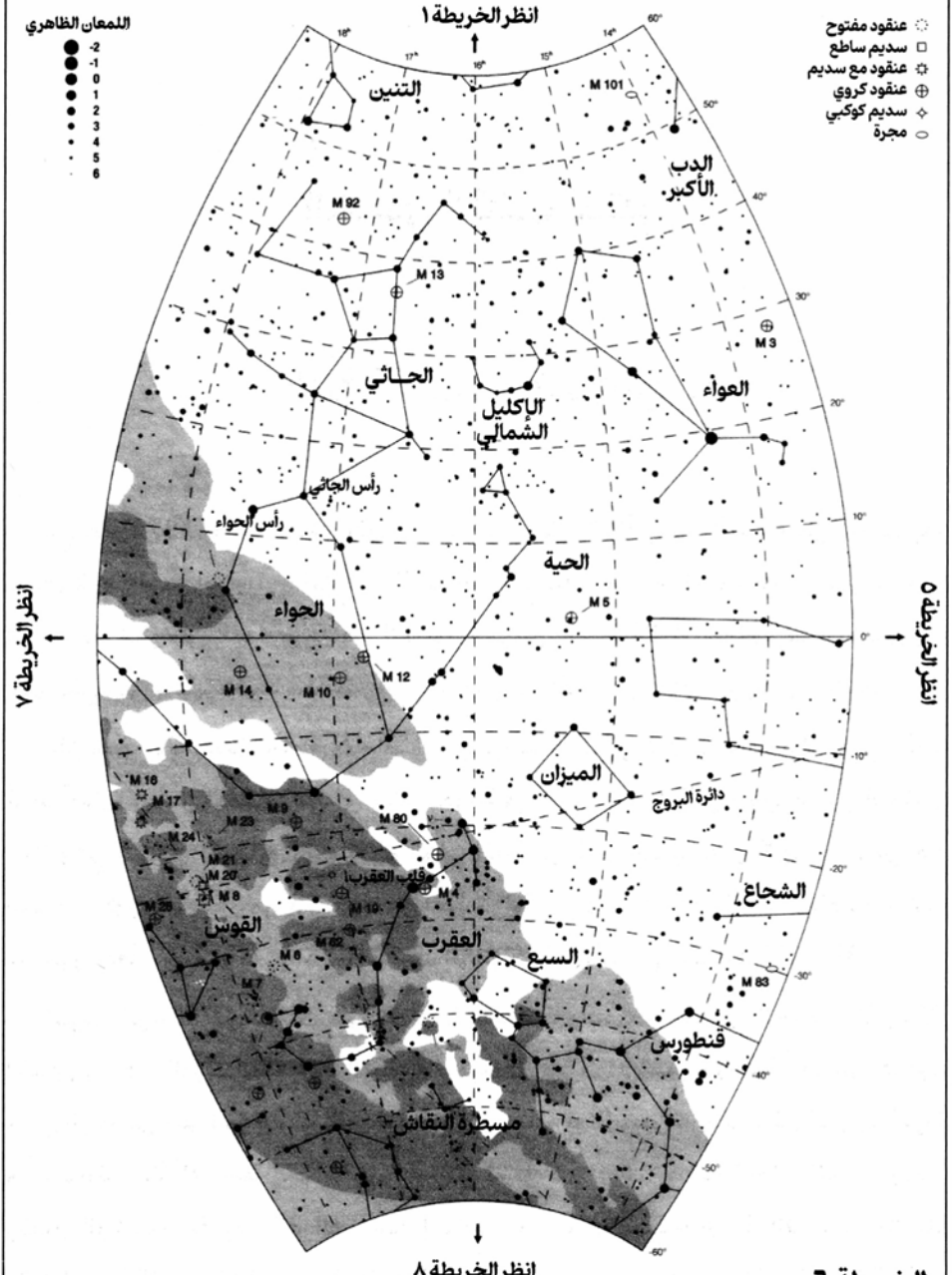
البحث عن متشولخ

في عام 1974، أرسل البشر أقوى بث راديوي على الإطلاق إلى الفضاء من بورتوريكو شمال شرق البحر الكاريبي. لم يكن بثًّا معتادًا قط، فقد شمل رسالة بسيطة مصورة موجهة إلى رفاقنا الكونيين المفترضين في العنقود الكروي مسييه 13 أو «عنقود هرقل الكروي»، الذي يقع على بعد 25 ألف سنة ضوئية منا تقريبًا، بالقرب من حافة مجرة درب التبانة.

كان البث قويًّا بشكل خاص لأنه أطلق من مرصد أريسيبو الذي يتصل بهوائي يبلغ طوله 305 أمتار، ويمكن اكتشافه في أي مكان تقريبًا في المجرة، بافتراض وجود هوائي استقبال مماثل في الحجم. الرسالة المرسلة لم تكتب بلغة عربية أو إنجليزية، ولكنها رتبت في 73 سطرًا، يتكون كل سطر من 23 حرفًا من أعداد أولية، حيث يعتقد العلماء أن الرياضيات أشبه ما يكون بلغة كونية عامة، يمكن أن تساعد الكائنات الفضائية في فك شفرة الرسالة.

تكونت الرسالة من بيانات حول نظامنا الشمسي والحمض النووي الخاص بنا وشكل لإنسان وبعض المواد الكيميائية الحيوية للحياة الأرضية. لم تصل الرسالة بعد إلى هدفها، فعلى الرغم من أنها تجري بسرعة الضوء، فإن المسافة بيننا وبين عنقود هرقل الكروي كبيرة جدًّا، تتطلب 25 ألف سنة لتصل الرسالة، ومن ثم لو كان هناك أحد ليتلقاها، فإنهم سيردون وتصل إلينا الرسالة بعد 25 ألف سنة إضافية، ما يجعل المجموع 50 ألف سنة بالتمام والكمال منذ اللحظة الأولى التي انطلقت فيها الرسالة من بورتريكو في 16 نوفمبر 1974.

ربما تدفعنا تجربة كهذه لنفكر قليلًا في الصعوبات التي يفرضها البريد الكوني الذي يتنقل، لا على الأرض، بل عبر المكان والزمان، والفجوة الثقافية الواسعة المفترضة بيننا وبين


انظر الخريطة ١
انظر الخريطة ٥
انظر الخريطة ٧
انظر الخريطة ٨
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
التنين
الدب الأكبر
الجاثي
الإكليل الشمالي
العواء
رأس الجاثي
رأس الحواء
الحية
الحواء
الميزان
دائرة البروج
الشجاع
القوس
العقرب
السبع
قنطورس
مسطرة النقاش
قلب العقرب
M 101
M 92
M 13
M 3
M 5
M 12
M 14
M 10
M 16
M 17
M 9
M 23
M 24
M 21
M 20
M 8
M 28
M 22
M 6
M 7
M 80
M 4
M 19
M 62
M 83

الخريطة ٦

كائنات لا نعي أصلًا إن كانت موجودة أم لا، ولا نعرف إن كان من الممكن أصلًا -لو كانت موجودة- أن تفهم طرقنا في التعبير، والأهم من ذلك إدراك قدر اتساع هذا الكون، وصعوبة التواصل فيه، مهما امتلكت من قوة.

شيء قديم جدًّا

إنها كذلك فرصة لطيفة للتعرف على أهم عنقود كروي في سماء الليل الشمالية، وهو عنقود هرقل، ويُعرف أحيانًا باسم «العنقود الكروي العظيم في كوكبة هرقل»، وهو ألمع عنقود نجمي كروي شمال خط الاستواء السماوي، وهو من اللمعان بحيث يمكن رؤيته بالعينين المجردتين في ليلة حالكة بعيدًا عن أضواء المدينة، وهو أسهل عنقود كروي في التلسكوبات بالنسبة إلى سكان نصف الكرة الشمالي[1].

لهذا السبب كان عنقود هرقل حاضرًا في الخيال العلمي، فمثلًا تدور أحداث روايات الخيال العلمي القصيرة «الشِّرم» لإسحاق عظيموف ورواية «سؤال وجواب» لبول أندرسون في عوالم تعيش داخل هذا العنقود، وفي رواية «هايبريون كانتوس» للمؤلف دان سيمونز، كان عنقود هرقل هو المكان الذي أعيد فيه إنشاء نسخة من الأرض سرًّا بعد تدمير الأصل.

وفي سلسلة الخيال العلمي الألمانية «بيريف رودان»، فإن هذا العنقود هو موقع أركون، الذي يمثل موطن «عِرق أركونيدس»، وهم من أقدم وأقوى الحضارات الفضائية في السلسلة، ويتم تصويرهم ككائنات شبيهة بالبشر، لكنهم أقوى وأعمارهم أطول بكثير من البشر العاديين بسبب التكنولوجيا المتقدمة التي يمتلكونها، الإمبراطورية التي بنوها كانت في أوج قوتها قبل زمن، لكنها دخلت في فترة من التدهور والفساد، السبب في ذلك ربما كان التكنولوجيا المتقدمة جدًّا، التي تسببت في انحطاط وركود ثقافي متنامٍ، مفارقة التكنولوجيا التي تساعدنا وفي نفس الوقت تؤثر سلبًا علينا تستحق التأمل دائمًا.

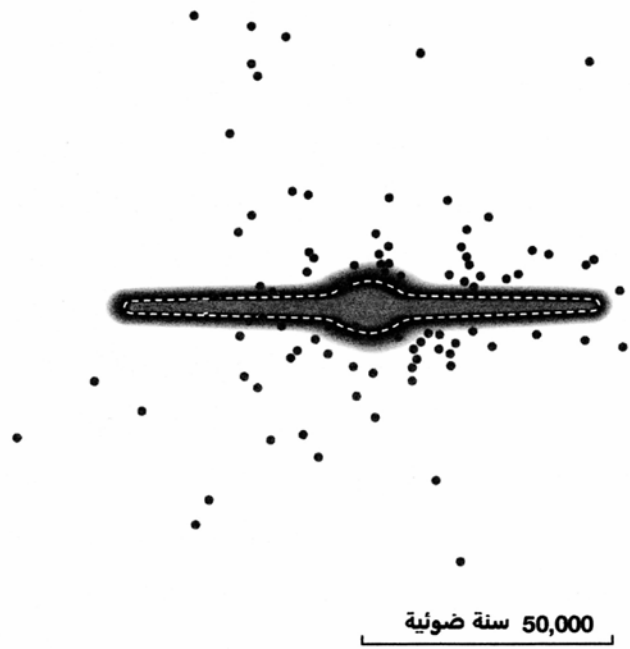
وبسبب وضوحه، اكتشف الإنجليزي إدموند هالي هذا العنقود في عام 1714 وقال إنه «مجرد بقعة صغيرة، لكنها تظهر للعين عندما تكون السماء صافية والقمر غائبًا»، وفي الأول من يونيو 1764، أدرجه مسييه باعتباره الرقم 13 في فهرسه، ووصفه بأنه: «سديم، أنا متأكد من أنه لا يحوي نجمًا. مستدير ولامع، ومركزه أكثر سطوعًا من الحواف»، لم يكن تلسكوب مسييه قويًّا بما يكفي لإظهار النجوم في العنقود.

(1) مقارنة بـ«أوميجا قنطورس» الألمع، والذي يمكن رؤيته من المواقع الجنوبية، مثل البرازيل. يحتوي أوميجا قنطورس، وهو أكبر عنقود كروي معروف في مجرة درب التبانة، على قرابة 10 ملايين نجم.

في الواقع، يبلغ عرض عنقود هرقل قرابة 130 سنة ضوئية، ويحوي قرابة ثلث مليون نجم، وهو يدور حول المجرة بشكل مستقل عن المادة الموجودة في القرص المجري في مدار مائل يسافر إلى ما يزيد على 100 ألف سنة ضوئية من مركز المجرة، ولكنه يقترب من مركز المجرة على بعد 15 ألف سنة ضوئية، ويستغرق نصف مليار سنة أو نحو ذلك لإكمال دورة واحدة حول المجرة.

وبشكل عام يمثل العنقود الكروي تكتل من النجوم التي ترتبط ببعضها بعضًا عن طريق الجاذبية، مع تركيز أعلى للنجوم نحو المركز، وكل مكونات هذا العنقود تدور في تكوين مستقر ومضغوط، وتوجد العناقيد الكروية في جميع المجرات تقريبًا.

في المجرات الحلزونية مثل درب التبانة، توجد في الغالب الأعم في هالة المجرة[1]، وفي التصميم المرفق تجد توزيع أشهر العناقيد في الهالة بالنسبة إلى قرص مجرتنا درب التبانة. تميل هذه العناقيد إلى أن تكون قديمة في العمر (نشأت قبل 11 إلى أكثر من 13 مليار سنة)، كما أنها شديدة الكثافة، وتتكون نجومها من نسب أقل من المعتاد العناصر الثقيلة، وهو ما يشير إلى أنها من أقدم النجوم (مزيد من التفصيل في الفصل التالي حول نجوم الجمهرة الثانية).



(1) منطقة كروية تحيط بالقرص الرئيسي للمجرة. في اللوحة المرفقة بالكتاب، لاحظ هذه الهالة واضحة حول مسيبه 104.

تحوي مجرة درب التبانة قرابة 150–200 عنقود كروي معروف، ما يعني أن هذه الأجرام العجيبة نادرة. حينما تتأمل عنقود هرقل عبر تلسكوب، وهي مهمة سهلة، فإنك تتأمل أحد أقدم الكيانات في الكون كله، وأغربها على حد سواء، فأصل العناقيد الكروية ودورها في تطور المجرة غير واضح بعد للعلماء.

لا تزال أصول العناقيد الكروية موضوعًا للبحث المستمر، ولكن تم اقتراح العديد من النظريات لشرح كيفية تشكلها. تشير إحدى تلك النظريات إلى أن العناقيد الكروية تشكلت في وقت مبكر جدًّا من تاريخ الكون، خلال أول مليار عام بعد الانفجار العظيم، وخلال تلك الفترة حوى الكون كمًّا هائلًا من السحب الغازية الضخمة المنتشرة في كل مكان، والتي بردت بسرعة، مما سمح للغاز بالتراكم في صورة أعداد هائلة من النجوم في وقت واحد، وبسبب عددها الهائل وقربها النسبي ارتبطت جذبويًّا ببعضها بعضًا (راجع الفصل الثالث عشر).

وربما نشأت بعض العناقيد الكروية بالأساس في مجرات قزمة صغيرة الحجم (نتعرف على اثنتين منها في الفصل السادس عشر)، اندمجت هذه المجرات مع مجرة أكبر (مثل مجرة درب التبانة)، وفي أثناء الاندماج، انفصلت العناقيد الكروية عن مجراتها الأم، مما يجعلها تدور حول المجرة الأكبر حجمًا التي تشكلت حديثًا.

هناك أدلة على وجود ثقوب سوداء في مراكز بعض العناقيد الكروية (على سبيل المثال، مسييه 4) كما هو الحال في مراكز المجرات، ولذلك قد تكون بعض العناقيد الكروية بقايا مجرات قزمة بالفعل، ويعتقد العلماء أن عنقود «لايفينز 1» الذي يبتعد عنا قرابة 470 ألف سنة ضوئية في هالة مجرتنا، على مسافة تساوي تقريبًا خُمس المسافة إلى مجرة المرأة المسلسلة، هو جزء من مجرة قزمة اندمجت في مجرتنا بعد فترة طويلة من تكوين درب التبانة، ويعتقد فريق ثانٍ من العلماء أن عنقودًا آخر هو «تيرزان 5» قد تشكل من بقايا السحابة التي شكلت مجرة درب التبانة نفسها، خلال نشأتها الأولى.

ولا يزال هناك العديد من الأسئلة التي لم يتم حلها عن العناقيد الكروية، على سبيل المثال: لماذا توقف تكوين العناقيد الكروية بعد الكون المبكر؟ ما الدور الذي لعبته المادة المظلمة في تكوين هذه العناقيد الكثيفة؟ هل تختلف العناقيد الكروية الحديثة بشكل كبير عن العناقيد الكروية الأولى؟ ستساعدنا المزيد من الدراسات للعناقيد الكروية في مجرة درب التبانة والمجرات الأخرى على تحسين فهمنا لكيفية تشكلها وما تكشفه عن الكون المبكر، وهو موضوع نتطرق إليه بتفصيل أكبر في الفصل القادم.

ولأننا نتوسع في دراسة كل جرم نتعلم عنه، وكما فعلنا مع العناقيد المفتوحة بتحديد شخصياتها عبر تصنيف ترامبلر، فدعنا نتعلم كذلك عن تصنيف شابلي-سوير وهو نظام تصنيف للعناقيد الكروية يعتمد على كثافتها وتركيز النجوم باتجاه المركز.

تم تقديم النظام من قبل الفلكيين هارلو شابلي وهيلين سوير هوج في أوائل القرن العشرين. يصنف النظام العناقيد الكروية على مقياس من الأول إلى الثاني عشر، حيث تكون الفئة الأولى هي الأكثر تركيزًا (كثيفة مع مركز كثيف) والفئة الثانية عشرة هي الأقل تركيزًا (الأقل كثافة مع انتشار النجوم في كل جوانب العنقود بشكل أكثر توازنًا).

الفئة I: العناقيد الكروية شديدة التركيز، مع نواة كثيفة للغاية حيث تكون النجوم متقاربة بإحكام.

الفئة II: تركيز عالٍ جدًّا للنجوم، وإن كان أقل قليلًا من الفئة الأولى.

الفئة III: لا تزال شديدة التركيز، لكن النواة أقل كثافة إلى حد ما من الفئتين الأولى والثانية.

الفئة IV–VI: تركيز معتدل، مع انخفاض تدريجي في الكثافة من المركز إلى الحواف.

الفئة VII–IX: تركيز منخفض، كما أن النجوم موزعة بشكل أكثر توازنًا في جميع أنحاء المجموعة.

نجم قديم

جدير بالذكر في هذا السياق أن نجمًا في كوكبة الميزان، التي توجد في الخريطة الخاصة بهذا الفصل، يسمى اتش دي 140283، أو «متشولخ»، يمكن أن تراه بنظارة معظمة وتلسكوب صغير لأن لمعانه الظاهري يساوي 7.3 تقريبًا، يعد أقدم نجم معروف في هذا الكون. مرة أخرى، ما تعرفه عن نقطة بيضاء في السماء يغير تمامًا موقفنا مما نراه. ستتعب بعض الشيء في إيجاده، لكن المهمة تستحق[1].

متشولخ هو نجم شبه عملاق، يبعد عن الأرض قرابة 200 سنة ضوئية، وجدت التحليلات الطيفية الحديثة أن محتواه من المعادن أقل بنحو 250 مرة من محتوى الشمس، وبذلك يعد أحد أقرب النجوم الفقيرة بالمعادن (جمهرة النجوم الثانية التي نتحدث عنها في الفصل القادم) إلى الأرض.

---

(1) تجده في الأطلس المرفق بالكتاب، خريطة 21، عند النقطة 15h 43m 03.1s مطلع مستقيم، "00.6 56' 10° – ميل.

يقترح علماء الفلك أن عمر هذا النجم يصل إلى قرابة 14.3 مليار سنة، زائد أو ناقص 800 مليون سنة، نسبة عدم الدقة في تقييم أعمار النجوم بهذا القدم تكون عادة كبيرة، لكن هذا النجم هو حقًّا أحد أكثر الأجرام دفعًا للحيرة، حيث يبلغ عمر الكون 13.8 مليار سنة، فكيف يمكن لنجم أن يكون أكبر سنًّا من الكون؟ يظل هذا التناقض الخطير محل تساؤل بحثي.

عند مخالب العقرب

الآن لننتقل جنوبًا ناحية واحد من ألمع نجوم السماء وهو «قلب العقرب»، العملاق الأحمر اللامع في كوكبة العقرب، وهو نجم يلمع بمقدار 10 آلاف شمس، ولو وضع مكان الشمس لتخطى مدار المريخ. قلب العقرب هو نجم في نهاية حياته، سينفد وقوده يومًا ما وينفجر بقوة هائلة تاركًا وراءه نجمًا نيوترونيًّا أو ثقبًا أسود.

في الأسطورة اليونانية كان العقرب مرتبطًا بحكاية الجبار (الفصل الخامس)، وقد رأته الأسطورة العربية عقربًا كذلك، والسبب في ذلك هو التشابه الشديد بين هذه الكوكبة وشكل العقرب، حتى إن العرب قديمًا أطلقت على هذه الكوكبة أيضًا اسم «الصورة»، لأنها صورة شبه الأصل من العقرب، لكن العقرب العربي كان أكبر من اليوناني لأنه ضم في مساحته كوكبة الميزان أيضًا، حيث مثل نجماها الأساسيان زبانا العقرب، وهما نجما الزبانى الشمالي Zubeneschamali والزبانى الجنوبي Zubenelgenubi.

يظهر العقرب العربي بوضوح في الأطالس الفلكية المعاصرة، فمثلًا في مقدمة الكوكبة يمكن أن ترى مجموعة من النجوم التي ارتبطت برأس العقرب، أولها عقرب Acrab من اسم الكوكبة العربي، ثم نجم الجبهة ويتخذ التسمية Dschubba والتي يُعتقد أنها قد تكون تحريفًا للجبهة لكن هذا غير مؤكد، ثم نجم باسم عربي واضح وهو الإكليل Iklil (راجع الأطلس الكبير المرفق مع الكتاب، الخريطة رقم 22، لكل ما يخص أسماء نجوم الكوكبة).

بعد ذلك ندخل إلى منطقة القلب، في مركزها يوجد نجم أحمر واضح سمته العرب قديمًا «القلب»، لأنه قلب العقرب لكنه يتخذ حاليًّا اسم Antares وهو قادم من الأسطورة القديمة، حيث إن هذا النجم أحمر اللون وكأنه يصارع أو يماثل لون المريخ الأحمر والذي مثَّل إله الحرب والدماء «آريس» في الأسطورة القديمة.

حول نجم القلب نجمان سمتهما العرب قديمًا «النياط»، وتلاحظ بالفعل أن أحدهما يتخذ نفس الاسم العربي الواضح «النياط» Alniyat، وكلمة «النياط» تعني ما يعلَّق به الشيء، وتعني كذلك عِرقًا غليظًا عُلِّق به القلبُ إلى الرئتين، وكأنها بالفعل الرابط بين قلب العقرب

وبقية جسمه. القلب هي منزلة قمرية، أي إنها أحد المواضع التي يقف فيها القمر في أثناء رحلته الشهرية، وهناك 28 منزلة للقمر[1].

بعد ذلك تأتي منطقة ذيل العقرب، وفيها نرى نجمين باسم عربي واضح، وهما الشولة Shaula واللسعة Lethas، كلمة الشولة تعني ما ترفَعه العقارب مِنْ ذنَبها، وهي أيضًا علامة من علامات الترقيم تتخذ نفس الشكل وترسم هكذا (؛) أما اللسعة فهي الشَكَّة أو الوخزة الخاصة بالعقرب، الجزء الذي يضرب به فريسته.

وتستمر الأسماء العربية في العديد من كوكبات هذه الشريحة السماوية، فمثلًا تقول الحكاية اليونانية القديمة إن أسقليبيوس كان طبيبًا ماهرًا جدًّا لدرجة أنه قد بدأ في إعادة الموتى إلى الحياة، هنا غضب إله العوالم السفلية في الأسطورة اليونانية وطلب من زيوس التدخل، فضربه الأخير بصاعقة شديدة، ورفع بعد ذلك بين النجوم مع حيته، من هنا كانت كوكبتان هما الحية والحواء، ولكن الأخيرة تقسم الحية إلى قسمين، رأس الحية Serpens Caput وذيل الحية Serpens Cauda.

كما تلاحظ (في الأطلس المرفق بالكتاب، الخريطتين 21 و24)، فإن الأسماء في الكوكبتين محرفة بعض الشيء لكنها تحتفظ بجذورها العربية، فتجد Rasalhauge وهو مشتق بطريقة ما عبر النقل من «رأس الحواء»، نفس الفكرة يمكن قياسها على المرفق Marfik ونجمي اليد Yed وعنق الحية Unukalhai والإلية Alya، وجميعها أجزاء إما للحاوي وإما حيَّته كما ترى.

تصورت العرب قديمًا أن تلك المنطقة من السماء تحوي خطيْن أو نسقيْن من الأشجار، الشامي واليماني، الشامي يلتقي حزام المجرة في مكان قريب من نجم النسر الواقع، واليماني يقابله في مكان قريب من قلب العقرب، وتخيلت العرب أنه بين النسقيْن توجد روضة، بها أغنام تمثلها النجوم المنتشرة بين النسقين إلى جانب راعٍ وكلب خاص به وهو نجم كلب الراعي Cebalrai، هناك كلب آخر لهذا الراعي، ويمثله نجم في كوكبة هرقل أو الجاثي يسمى الآن «رأس الجاثي» Rathalgethi، ابحث عن النسقين في سماء الليل الصيفية، وسيكون من الممتع حقًّا أن تجدهما، وقد وضعت لك في الخريطة المرفقة ثلاثة نجوم لامعة لتستند إليها في أثناء بحثك.

(1) تجد تفصيلًا لها في كتاب السما.

سر الرامي أ*

الآن لنعد مرة أخرى إلى العقرب، تحديدًا في المسافة بينه وبين القوس إلى يمين نجم النصل[1]، وهنا فأنت تنظر إلى مركز درب التبانة، وتحديدًا إلى الرامي أ*، الثقب الأسود فائق الكتلة في مركز مجرتنا (في الفاصل العاشر كنا ننظر إلى خارج المجرة).

الثقوب السوداء فائقة الكتلة هي أكبر أنواع الثقوب السوداء، حيث تتراوح كتلتها من مئات الآلاف إلى مليارات المرات من كتل الشمس، وتزن كتلة الرامي أ* قرابة 4.3 مليون مرة كتلة الشمس، ويقع على مسافة 27 ألف سنة ضوئية من الأرض. ويُعتقد أن كل مجرة كبيرة بها ثقب أسود فائق الكتلة في مركزها.

وبشكل عام، يرجح العلماء وجود آليتين أساسيتين لتكون الثقوب السوداء فائقة الكتلة في مراكز المجرات، الأولى هي تراكم المادة المحيطة بالثقب الأسود، فتزداد كتلته بشكل جذري مع التهامه لتلك المادة، والثانية هي اندماجات الثقوب السوداء معًا.

(1) تحديدًا عند النقطة °29− '0 "28.1، 17h 45m 40s في الخريطة 25 بالأطلس المرفق بالكتاب.

وكانت أرصاد مرصد أفق الحدث السابقة قد أشارت إلى أن الرامي أ* سريع الدوران بشكل غريب يختلف عن النماذج التي يتبناها العلماء. ويقترح فريق من الباحثين أن هذه الخصائص غير العادية يمكن تفسيرها بشكل أفضل من خلال افتراض حدوث اندماج هائل قبل نحو 9 مليار سنة، حينما اندمجت مجرة قزمة صغيرة الحجم مع درب التبانة، واندمج ثقباهما الأسودان معًا.

ألم تتساءل يومًا ما الذي يمكن أن يحدث لو اقتربنا من الرامي أ*؟ وماذا لو قررنا عن طيب خاطر إلقاء أنفسنا به لنرى ما يمكن أن يحدث؟ الأمر مفقد، لكن لفهمه نحتاج إلى أن نبدأ من نوفمبر 2022، حينما أعلن فريق بحثي دولي عن اكتشافه أقرب ثقب أسود نجمي نعرفه من الأرض حتى تلك اللحظة، الثقوب السوداء النجمية هي تلك التي تنشأ من انفجار نجم عملاق، وعادة ما تساوي كتلته هذا النوع من الثقوب السوداء رقم ما بين 3 وعدة عشرات من الكتل الشمسية[1]، قارن ذلك بكتلة الرامي أ*.

بحث هذا الفريق في بيانات صادرة من مرصد «جايا» الفضائي التابع لوكالة الفضاء الأوروبية، ليجد أن الثقب الأسود الجديد يقع على مسافة تقدر بقرابة 1560 سنة ضوئية من الأرض، ويساوي في كتلته اثني عشر ضعفًا للشمس. إنها مسافة كبيرة كما تلاحظ، لكن بمعايير فلكية يمكن القول إن هذا الثقب الأسود يوجد «في الباحة الخلفية للنظام الشمسي».

سمي الثقب الأسود «جايا - بي اتش 1»، وهو واحد من قرابة مئة مليون ثقب أسود نجمي يعتقد علماء الفلك أنه موجود في مجرتنا درب التبانة، ويُعتقد كذلك أننا عامًا بعد عام سنكتشف وجود ثقوب سوداء أقرب إلى الأرض، لكن ماذا لو حدث ووجدنا في المستقبل ثقبًا أسود قريبًا للأرض بشكل يمكِّن مركباتنا الفضائية المتطورة وقتها من السفر إليه؟

حسنًا، يبدو أنها ستكون حقًّا رحلة مثيرة للانتباه، إنها المرة الأولى التي نرى فيها الثقب الأسود واقف قبالة أعيننا، إلا أننا رغم ذلك -بفضل التطورات الأخيرة في الفيزياء الفلكية- بتنا نعرف الكثير عن الثقوب السوداء، وكيف يمكن أن تبدو لنا، وبالتالي لن تكون المفاجأة كبيرة. نعرف مثلًا أن الثقوب السوداء تنشأ عند انهيار النجوم العملاقة على ذاتها، حيث ينكسر الاتزان الذي دام طوال عمر النجم بين قوتين؛ الأولى تدفع للداخل وهي قوة الضغط الكبيرة على مركز النجم بسبب كتلته الهائلة، والثانية تدفع إلى الخارج، وهي الطاقة الناتجة من

(1) قبل عدة سنوات، تمكن فريق من علماء الفلك بقيادة باسكال بانوزو من مرصد باريس في فرنسا من رصد أكبر ثقب أسود نجمي في مجرتنا درب التبانة، بكتلة تساوي 33 شمسًا، ويعد كذلك واحدًا من أقرب الثقوب السوداء إلى الأرض على مسافة ألفي سنة ضوئية تقريبًا.

الاندماج النووي في مركز النجم. حينما تتوقف التفاعلات النووية في باطن النجم، فإنه ينهار على ذاته في لحظة محدثًا انفجارًا هائلًا، ثم يترك في المركز ثقبًا أسود.

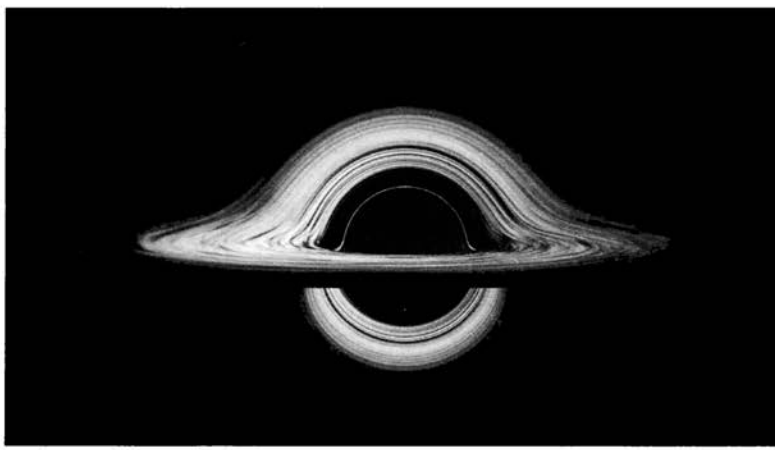
نعرف كذلك أن هذه الثقوب عبارة عن كرات سوداء في الفضاء، ليس لأنها تتكون من مادة سوداء، ولكن لأن قوة جذبها شديدة بحيث لا يمكن للضوء نفسه أن يفلت من داخلها، يشبه الأمر أن تكون هناك غرفة مغلقة مظلمة تمامًا، الآن تخيل أنها ليست مكعبة كحال بقية الغرف، بل كروية، ثم الآن تخيل أنها بلا جدران لكن تظل بنفس الظلام. يطلق العلماء على الحدود الخارجية لتلك الكرة اسم «أفق الحدث»، وهو ببساطة المنطقة التي لا يمكن للضوء (بعد عبور هذا الحد للداخل) الإفلات من جاذبية الثقب الأسود.

لنفترض مثلًا أنك تركب قاربًا بمحرك بسيط في أحد الأنهار، وفي أثناء رحلتك اكتشفت أنك تقترب من حافة شلال ضخم على مسافة عدة عشرات من الأمتار يسحبك إلى السقوط فيه، هنا ستعكس اتجاه القارب فورًا وتحاول التحرك عكس اتجاه النهر بكل ما أوتيت محركاتك من قوة، سيتحرك القارب ببطء شديد لكنه على الأقل يتمكن من الإفلات. لكن لو كنت منشغلًا بالتحدث في الهاتف وأدركت متأخرًا أنك تقترب من حافة الشلال، فكان الشلال مثلًا على مسافة ثلاثة أو أربعة أمتار، هنا لن تتمكن من الإفلات من السقوط في الشلال مهما امتلك محرك قاربك من قوة، تلك النقطة التي تقف بين إمكانية الهروب وعدم إمكانية الهروب تسمى أفق الحدث، لكننا في حالة الثقب الأسود سنعمم الأمر بحيث يمكن القول إنه حتى لو امتلك ذلك القارب (أو أي شيء آخر) محركات تمكنه من السفر بسرعة الضوء فإنه لن يتمكن من الهروب من السقوط في مركز الثقب الأسود بعد تلك النقطة.

أما خارج الثقب الأسود، فإن هناك كميات كبيرة من المادة المتزاحمة والتي تدور حوله بسرعات خرافية في صورة حلقات تشبه حلقات زحل، لم لا تسقط هذه المادة في الثقب الأسود؟ ببساطة لأنها لم تمر من أفق الحدث. تتسبب تلك السرعة الشديدة والاحتكاك بين جزيئات تلك المادة الدوارة في بث كمٍّ هائل من الإشعاع يمكن رصده بالتلسكوبات الأرضية. كانت تلك هي الطريقة التي اكتشفنا بها وجود الثقب الأسود المسمى بـ«الدجاجة أكس-1 » سنة 1971 دون أن نراه بأعيننا، وكذلك هي نفس الفكرة التي تسببت في التقاط أول صورة مباشرة للثقب الأسود في التاريخ، في عام 2019، حيث تمكن فريق بحثي أوروبي من التقاط الإشعاع الراديوي الصادر من المنطقة المحيطة بالثقب الأسود العملاق الواقع في مركز المجرة مسييه 87.

الآن لنفترض أن سفينتك الفضائية تقف على مسافة آمنة من الثقب الأسود؛ تدور حوله لكنها لا تسقط. فيه، إلا أنك قررت الاقتراب منه وأنت ترتدي بذلة فضاء، أول شيء ستلاحظه

لا شك هذا القرص الدوار، سيكون ساخنًا ولامعًا جدًّا بحيث لا يمكن لك أن تقترب من الثقب الأسود حيًّا، أضف إلى ذلك أنك لن ترى هذا القرص بشكل طبيعي، بل سيبدو أقرب إلى الثقب الأسود الذي رأيناه في الفيلم الأمريكي الشهير «بين النجوم» Interstellar. في الواقع، لقد أشرف عالم الفيزياء الذي حصل على جائزة نوبل قبل عدة سنوات (كيب ثورن) على الفيزياء الخاصة بالفيلم، ونجح إلى حد كبير في ضبط الأمر.



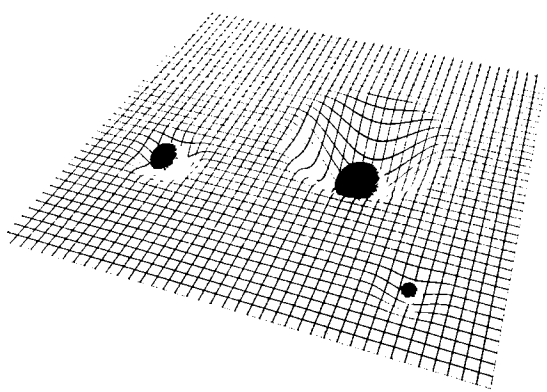
أضف إلى ذلك شيئًا أكثر غرابة، وهو أنك كلما اقتربت من الثقب الأسود (إذا افترضنا أنك نجحت في ذلك) فإنك لوهلة يمكن أن ترى نفسك، سيبدو الأمر وكأنه مجموعة من هلاوس السقوط في طريق تعرف أنه بلا رجعة، إلا أن هناك فيزياء تفسر كل الغرائب البصرية التي ستراها، لها علاقة بطبيعة الضوء.

تعلمنا في المدرسة قديمًا أن الضوء يمشي في خطوط مستقيمة، لكن هذا في الحقيقة ليس صحيحًا في كل الأحوال، حيث تؤكد النظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين أن الضوء يمكن أن يمشي في خطوط منحنية كذلك، لكن هذا يحدث فقط إذا تأثر بقوة جاذبة، أي إذا مر على نجم أو مجرة مثلًا وهو يمضي في طريقه بلا كلل أو ملل، لهذا السبب تحديدًا يمكن أن ترى بعضًا من الصور الفلكية لعناقيد المجرات التي تعرضها وكالة ناسا مثلًا مشوهة (راجع الفصل الخامس عشر). تسمى هذه الظاهرة «عدسة الجاذبية»، ويشبه الأمر أن تضع أمام عينيك على الطاولة كوب ماء فيشوه صورة ما يقع في خلفيته، لكن في الفضاء فإن جاذبية المجرات هي ما يفعل ذلك، حيث تشوه صورة المجرات الأخرى التي تقع في خلفيتها بالنسبة إلينا ونحن نلتقط الصورة.

نفس الأمر يحدث في حالة الثقب الأسود، ولكن مع فارق هائل في الجاذبية، لذلك فإن ما تراه أعلى الثقب الأسود ليس إلا الحلقة التي تقع في خلفيته، لكن الضوء الصادر منها كان قد انحنى تمامًا ومضى إلى الأعلى حول الثقب الأسود ليصل إلى عينيك، نفس الأمر بالنسبة إليك، صورتك دارت حول الثقب الأسود وعادت إليك مرة أخرى!

حسنًا، منذ ساعة كاملة وأنت تسقط إلى الثقب الأسود، كلما اقتربت من أفق الحدث ارتفعت وتيرة الأعاجيب البصرية، لكن إلى جانب ذلك فإن شيئًا عجيبًا إضافيًّا سيحدث يتعلق برفاقك على السفينة الفضائية. لنفترض الآن أنك تحمل على ظهر بذلة الفضاء مصباحًا يضيء باللون الأبيض كل ثانية، في بداية سقوطك إلى الثقب الأسود سيتمكنون من قياس النبضات بدقة ووضوح، لكنهم مع مرور الوقت سيلاحظون شيئًا غريبًا، وهو أن الفترة بين النبضات تزداد شيئًا فشيئًا، فتصبح ثانيتين، ثم أربعة، وتصل إلى دقيقة، وتزداد مع اقترابك من الثقب الأسود!

أعجوبة أخرى، لكن الفيزياء عندها الإجابة، حيث نعرف من النظرية النسبية العامة أن الأجرام السماوية تؤثر على نسيج الفضاء نفسه، وهذا النسيج هو شيء لا يمكن أن تراه، إذا امتلكت الآن ممحاة سحرية وقمت بمحو كل شيء تعرفه، الناس والسيارات والشوارع، ثم كوكب الأرض نفسه، ثم النجوم والمجرات والسدم وكل شيء تراه، يتبقى لك الفضاء الفارغ، والذي يتكون بحسب النظرية النسبية من شبكة هندسية يندمج فيها الزمن مع المكان، إنه ما يسمى «الزمكان».



الزمكان هو النسيج الذي يرتبط فيه الزمان والمكان معًا، تشرحه كتب تبسيط العلوم بدرجة تقترب من واقع حياتنا، فيظهر الزمكان كشبكة من الخيوط المطاطية تنبسط مستوية إن كانت فارغة، لكنها تنحني إلى الأسفل ما إن نضع أي جسم ذي كتلة فيها. بحسب ألبرت

أينشتاين فإن وجود أي جرم في الفضاء (كان كوكبًا أو نجمًا أو ثقبًا أسود) يتسبب في انحناء تلك الشبكة بشكل يؤثر على طبيعة المكان والزمن كذلك.

في الواقع، لقد اختبر العلماء تلك الظاهرة على كوكب الأرض، حيث قام العلماء بمزامنة ساعتين غاية في الدقة، ثم أرسلت إحداهما إلى المحطة الفضائية الدولية أما الثانية فبقيت على الأرض، ثم بعد فترة من الزمن لوحظ اختلاف طفيف بين الساعتين، كانت الساعة الأقرب إلى الأرض أبطأ من تلك التي توجد في المحطة الفضائية الدولية على مسافة 400 كيلومتر أعلى الأرض! ببساطة لأنك كلما اقتربت أكثر من مركز الجاذبية، ازداد تأثر الزمكان، ما يعني أن التأثير على الزمن والمكان سيكون أكبر.

بل في عام 2010 قام الفيزيائيون في المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا بالولايات المتحدة بقياس هذا التأثير على ارتفاع 33 سم فقط من سطح الأرض، فكان الزمن يمر فوق الأرض مباشرة أبطأ من ارتفاع قدره درجتا سلَّم! الفرق صغير جدًّا بحيث لا يمكن للبشر إدراكه أبدًا، لكن يمكن بالأدوات الفيزيائية الدقيقة قياسه، نشرت الدراسة الخاصة بهذه التجربة في دورية «ساينس» المرموقة.

الأمر ذاته سيحدث في حالة الثقب الأسود، فكلما اقتربت منه يصبح الزمن أبطأ بالنسبة إليك. لن تلاحظ ذلك، فساعتك ستعمل بشكل طبيعي لكن لو قدر لك أن تقترب من الثقب الأسود على مسافة قريبة جدًّا ثم عدت إلى الأرض ستجد أن عمرك أصغر بفارق عشرات أو ربما مئات السنين، بل وربما أكثر، مقارنة بمن تركتهم هناك. هذا هو السبب في أن أصدقاءك على السفينة الفضائية سيلاحظون أن مصباحك يومض بمعدل أبطأ، لأن الزمن بالنسبة إليك يمر أبطأ منهم.

هنا تتوقع النظرية النسبية أنه بالنسبة إلى الرفاق على السفينة، فإنك لن تدخل أصلًا إلى الثقب الأسود، فقط سترتفع المدة الزمنية بين النبضات لتصل إلى مئات، ثم آلاف، ثم ملايين، ثم مليارات السنين، وأنت ستقف خارج الثقب الأسود مباشرة، ثم شيئًا فشيئًا تتحول إلى اللون الأحمر وتخفُت مع الزمن، إلا أنك لا تسقط في الثقب أبدًا. هذا في الواقع وهم له علاقة بتباطؤ الزمن، لأنك بالفعل ستسقط في الثقب الأسود بسرعة شديدة جدًّا، عابرًا أفق الحدث، بالطبع لن تلاحظ عبورك لأفق الحدث لأنه ببساطة ليس حدًّا ماديًّا، بل هو كما أسلفنا حدٌّ له علاقة بالمنطقة التي خلالها يمتلك الثقب الأسود القدرة على جذب كل شيء وأي شيء.

حسنًا، أنت بالداخل! لو دخلت إلى ثقب أسود صغير كالذي تحدثنا عنه في أوَّل هذه المادة، فإنك لو أفلت من حرارة القرص الدوار الشديدة جدًّا (وهذا غير محتمل) ستموت فور

دخولك بسبب ما يسميه العلماء التأثيرات المعكرونية، يعني ذلك أن جسمك في لحظات قليلة سيتم «مطّه» ليصبح مثل قطعة معكرونة «سباغيتي»!

حينما تدخل إلى الثقوب السوداء من هذا النوع فإن تأثير الجاذبية يكون شديدًا جدًّا لدرجة أن قدمك التي هي أقرب لمركز الثقب تتعرض لكم أكبر من الجاذبية مقارنة بفخذيك مثلًا، اللذين يتعرضان لقدر أكبر من الجاذبية مقارنة برأسك، يحدث ذلك بشكل طبيعي على الأرض، فقدميك على الأرض بالفعل تتعرض لجاذبية أقوى مقارنة برأسك، لكن لأن الفروق في الجاذبية طفيفة جدًّا، فإنها لا تؤثر عليك.

الآن دعنا نفترض أنك دخلت إلى الرامي أ* أو أي من الثقوب فائقة الكتلة، هنا ستكون تأثيرات المعكرونة طفيفة، وبالتالي ستمكث بعض الوقت في الثقب الأسود (قطر الرامي أ* عند أفق الحدث قرابة 23.5 مليون كيلومتر). الآن تحديدًا، تبدأ الأعاجيب الزمنية في الحدوث. تحدثنا قبل قليل عن تأثر الزمكان بالجاذبية، ولأن الثقب الأسود ذو جاذبية هائلة، فإنه يعبث بالزمن والمكان لدرجة أنهما يتبادلان الأدوار حينما تمر من أفق الحدث، ببساطة يصبح أفق الحدث نفسه وكل الكون خارجه لحظة في الماضي، شيء لا يمكن أبدًا العودة إليه، ومركز الثقب الأسود لحظة في المستقبل.

ما سبق لا علاقة له بالتعابير الأدبية أو خيالات روائي ناشئ، بل هو الواقع. فكر في الأمر كاستثمار، خارج الثقب الأسود يمكن لنا أن نستثمر بسهولة في المكان، أي أنه يمكن لنا أن نسافر من اليسار إلى اليمين، ومن الأمام إلى الخلف، وأن نصعد إلى الأعلى وننزل إلى الأسفل، لكن بالنسبة إلى الزمن فلا يمكن لنا الاستثمار فيه، بمعنى أن هناك دائمًا اتجاهًا واحدًا فقط للزمن، إنه الأمام؛ المستقبل. لا يمكن لك بأي حال من الأحوال أن تقوم بثني هذا الاتجاه، ولا يمكن لك إلا أن تسافر إلى المستقبل، ستولد طفلًا صغيرًا، تكبر لتصبح مراهقًا مشاغبًا يتمرد على كل ما حوله من قواعد، تتحمس في الشباب وتهدأ قليلًا في الثلاثينيات من عمرك، وإلى الشيخوخة مستقبلًا.

أما في الثقب الأسود فيحدث العكس، لأن استثمارك في المكان انعدم تمامًا، بمجرد دخولك من أفق الحدث لا يمكن أن تتجه إلى أي مكان إلا مركز الثقب الأسود، كل شيء يذهب فقط إلى المركز ولا يمكن أن يفلت من ذلك الاتجاه، وكلما حاولت أن تعكس اتجاهك وتجري بسرعة في اتجاه آخر، فإن كل ما تفعله ليس سوى تقريب نفسك من مركز الثقب الأسود بسرعة أكبر، يشبه ذلك أفلام الرعب التي يهرب البطل من العفريت ليجده أمامه، فيهرب في اتجاه آخر أملًا في الخلاص، لكنه يجد العفريت أمامه مرة أخرى.

بالتالي، ولأن الاستثمار في المكان توقف، فإن الكون في هذه الحالة يضطر إلى تحويل استثمارك السابق في المكان ناحية الزمن، فتذهب فيه إلى الأمام والخلف بدرجة من السهولة! لا نعرف الكثير عن ذلك النوع من الاضطراب بعد، يتصور فريق من الفيزيائيين أن الوجود داخل ثقب أسود يخلق آلة زمن تحوي منحنيات زمنية، فيها ستجد نفسك تجري في مسار يبدأ في المستقبل وينتهي في الماضي! وهذا هو ما يسمى بـ«حلقة سببية مغلقة»، حيث يؤدي الحدث «س» في الماضي إلى الحدث «ص» الآن، الذي يؤدي إلى الحدث «ع» في المستقبل، الذي بدوره سيؤدي إلى حدوث «س» من جديد، ومن ثم، فإنه لا توجد بداية أو نهاية للأشياء، وإنما هي مجموعة من الحلقات المغلقة الأبدية فقط.

لا يعني أنك ستخرج من الثقب الأسود فتسافر إلى ماضيك حينما كنت طفلًا مثلًا، لا يمكن لك مهما حدث العودة إلى أفق الحدث، ومصيرك النهائي لا شك سيكون مركز الثقب الأسود، وفيه تلتقي «المفردة» وهي رياضيًّا نقطة لا حجم لها، فالمعادلات الفيزيائية التي تفسر انهيار هذا النجم العملاق تقول إنه لن يتوقف أبدًا في أثناء انهياره، وسيستمر ما تبقى من كتلته بعد الانفجار في التقلص إلى أن يصل إلى نقطة، فقط نقطة بلا أبعاد لكنها تحمل كتلة النجم كله.

لا نعرف إن كانت المفردة موجودة بالفعل أم لا، فهي تتعارض مع كثير من قوانين الفيزياء المسلم بها مثل «مبدأ استبعاد باولي» الذي ينص على أنه لا يمكن لاثنين من الفيرميونات (جسيمات المادة) أن يتخذا نفس الحالة الكمومية. بالتالي، لا يمكن ضغط أي كمِّية من المادة في مركز واحد، كذلك نعرف أن أقل طول ممكن لشيء ما في هذا الكون هو طول بلانك، وهو يساوي 10-35 من المتر! تحت هذا المستوى لا يمكن للكون كما نعرفه أن يوجد، لا يوجد أي معنى لكلمات كموضع، أو حجم، أو مكان، أو كتلة، أو أي شيء نعرفه.

في مراكز الثقوب السوداء (وكذلك ومفردة الانفجار العظيم والتي تمثل نقطة انطلاق الكون كله) تنهار الفيزياء التي نعرفها تمامًا، ولا نعرف بعد فيزياء جديدة لشرحها. ما الذي سيحدث لك حين تلتحم بالمفردة؟ لا نعرف، غالبًا ستفرم في لحظة قصيرة داخل تلك النقطة الغاية في الكثافة، لكن هذا غير مؤكد، لا شيء مؤكد داخل الثقوب السوداء سوى جهلنا.

مسييه الكثيف جدًّا

بالطبع لا يمكن لك أن ترى الرامي أ* بعينيك أو حتى بتلسكوب صغير أو متوسط أو كبير، وقد تتطلب الأمر تضافر عدد من التلسكوبات الراديوية من مناطق متفرقة حول العالم لالتقاط أول صورة له في عام 2022، لكن هذه المنطقة من درب التبانة، كونها الأشد كثافة في حزام المجرة، تمتلك الكثير من الدرر في فهرس مسييه والتي يمكن بسهولة أن ترصدها بتلسكوب

صغير. ولنبدأ من كوكبة الحواء، حيث تقف ثلاثة من العناقيد الكروية إلى جوار بعضها بعضًا هي مسييه 10 و12 و14.

الأول (مسييه 10) يبتعد عنا قرابة 15 ألف سنة ضوئية، ومرة أخرى تلاحظ أن تلك العناقيد بعيدة جدًّا عنا، لأنها لا توجد معنا في قرص المجرة، بل في هالتها المنيرة، تبلغ الكتلة هنا 100–200 ألف شمس مكدسة معًا في قطر يبلغ قرابة 80 سنة ضوئية، أما الثاني (مسييه 12) فقطره يبلغ قرابة 70 سنة ضوئية، لا يبتعد هذا العنقود عن مركز المجرة أكثر من قرابة 20 ألف سنة ضوئية في مدار مائل إلى المستوى المركزي للمجرة بقرابة 33 درجة، دعني أقترح عليك تمرينًا بسيطًا لتمثيل الأجرام الفلكية:

على منقلة مدرسية حاول أن تتخيل هذا الميل، وربما ترسم المجرة على ورقة، عرضها كما تعرف 100 ألف سنة ضوئية تقريبًا، يعني ذلك خمسين ألف سنة ضوئية إلى يسار مركز المجرة وخمسين ألف أخرى إلى يمينها، ولتعطي مثلًا عشرة سنتيمترات لكل المجرة المرسومة. بعد ذلك ضع المنقلة عند مركزها لكن بشكل مقلوب، وسافر مسافة 20 ألف سنة ضوئية إلى الأعلى لكن باتجاه الدرجة 30، هذه المسافة تساوي سنتيمترين، الآن أنت في أقصى موضع يمكن أن يصل إليه مسييه 12، هو الآن يقف فقط عند ألفي سنة ضوئية (2 ملليمتر في الشكل المرفق)، لكنه سيصل إلى هناك خلال عدة عشرات من الملايين من السنوات.

مسييه 14 على الجانب الآخر تبلغ كتلته قرابة 1.2 مليون مرة كتلة شمسنا، وبقطر قرابة 100 سنة ضوئية فقط، وهو يقع تقريبًا في الانتفاخ المركزي لمجرتنا، وهي تشبه في ذلك مسييه 9، وهو عنقود يوجد أسفل الحواء تبلغ نجومه قرابة 300 ألف شمس، مع قطر يبلغ قرابة 90 سنة ضوئية. ويقع على بعد بضعة آلاف من السنين الضوئية فقط فوق مركز المجرة مباشرة.

أما مسييه 5، فيوجد في كوكبة الحية، مع كتلة تبلغ قرابة 600 ألف شمس وقطر قرابة 160 سنة ضوئية، يستغرق هذا العنقود مليار سنة تقريبًا ليتم دورة حول المجرة، مقارنة بربع مليار عام تستغرقها شمسنا لإتمام دورة واحدة.

بالقرب من قلب العقرب، تجد مسييه 4، وهو أقرب عنقود كروي إلينا (على مسافة 7 آلاف سنة ضوئية فقط)، بقطر يبلغ قرابة 70 سنة ضوئية وكتلته قرابة 100 ألف شمس، ولهذا العنقود سمة مميزة، حيث إن لديه مجموعتين نجميتين متميزتين، يُعتقد أنهما تمثلان جيلين مختلفين من النجوم التي تشكلت في أوقات مختلفة في هذا العنقود.

كما إن هذه المنطقة كذلك زاخرة بالكثير من العناقيد النجمية المفتوحة مثل سديم العقاب أو النسر (مسييه 16) ويسمى كذلك «ملكة النجوم» وهو عنقود نجمي شاب، يحوي العديد من مناطق الغاز والغبار النشطة لتكوين النجوم، بما في ذلك أعمدة الخلق التي تمثل صورة التقطها هابل قبل نحو 30 سنة، السحابة هي منطقة هيدروجين II نشطة (راجع الفصل السادس)، ويحوي العنقود المرتبط بالسديم ما يقارب 8 آلاف نجم، تتركز معظمها في فجوة في السحابة الجزيئية إلى الشمال الغربي من أعمدة الخلق.

إلى جواره تمامًا يمكن لك عبر تلسكوب صغير أن تلاحظ مسييه 17، أو «سديم البجعة» أو «سديم أوميجا»، وهو أيضًا عنقود مفتوح ممتزج مع سديم، يمثل كذلك منطقة هيدروجين II نشطة، وفي نفس المنطقة تلتقي كذلك سديم تريفيد أو مسييه 20 الذي يمثل كذلك منطقة هيدروجين II نشطة، يُعتقد أن هذا السديم في حالة «ما قبل سديم الجبار». ففي حين أن سديم الجبار هو أيضًا منطقة مشابهة، إلا أنه في مرحلة أكثر تطورًا حيث تكونت مجموعة كبيرة من النجوم الشابة بالفعل وتؤثر على البيئة المحيطة. على النقيض من ذلك، لا تزال مجموعة النجوم في سديم تريفيد في مراحلها التكوينية، مما يعني أنها تحوي عددًا أقل من النجوم الضخمة وتكوينات هيكلية أقل تطورًا مقارنة بسديم الجبار.

ما سبق هو نموذج آخر على الطريقة التي يتمكن بها العلماء ملاحظة تطور السدم، قس على ذلك النجوم والمجرات وكل شيء آخر في علم الفلك تقريبًا، فبعد دراسة عدد هائل من النماذج ينشأ نمط واضح يبين أن هذا السديم أو تلك المجرة هي مرحلة من مراحل النمو قبل أو بعد هذا السديم أو تلك المجرة.

بالأسفل من هذا الفريق يمكن أن تجد كذلك واحدًا من أشهر السدم الممتزجة مع عناقيد نجمية مفتوحة وهو «سديم البحيرة» أو مسييه 8، وهو يضم أكثر من ألف نجم تشكلت داخل السديم خلال مليوني سنة مضت، العديد من هذه النجوم لم تبدأ بعد في حرق الهيدروجين في نواتها، أما السديم نفسه فمثل رفاقه السابقة، عبارة عن منطقة هيدروجين II كبيرة، مسييه 8 هو «نطفة» صغيرة على سطح سحابة غازية جزيئية عملاقة تقع خلفه.

في هذه المنطقة من السماء، فنحن بمواجهة واحدة من أشد مناطق نشأة النجوم الجديدة كثافة، مثل الشمس ستأخذ هذه النجوم من الوقت ما يكفي لتكبر، في تجمعات تضم مئات إلى آلاف النجوم، ومع الزمن يذهب كل منها إلى حاله.

الفصل الثالث عشر

فجر الكون

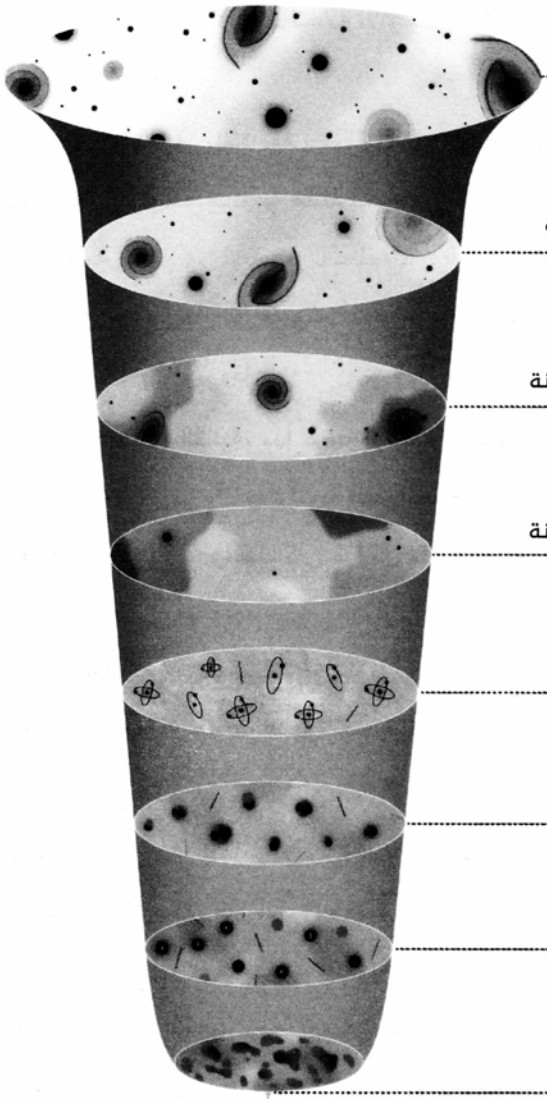
كيف نشأ ذلك كلُّه؟ إن السؤال عن أصل الكون يقع في مركز الفضول الإنساني بلا شك، مما يجعله كذلك جزءًا أساسيًّا من اهتمام العلم. إن أكثر النظريات التي نمتلكها قبولًا إلى الآن تقول إن الكون كله نشأ من انفجار عظيم حصل قبل نحو 13.8 مليار سنة، ومن نقطة واحدة غاية في الكثافة والدقة خرج كل ما نراه الآن من النجوم والغاز والغبار والمجرات والشاورما ومسلسلات رمضان وأنا وأنت وملك إنجلترا ولوحته الحمراء.

ورغم أننا قد توصلنا إلى الكثير عن الكون وبداياته، إلا أن نشأة وتجمع المادة الأولى في الكون ما زال مجال بحث نشط، إذ كيف توزعت المادة في الأوقات المبكرة من تاريخ الكون؟ ولمَ لم تظل متجانسة دون أي تجمع؟ وكيف تكونت النجوم الأولى؟ وكيف تكونت المجرات الأولى؟ ولماذا تتخذ هذا الشكل تحديدًا؟ ولماذا تتجمع معًا بتلك الطريقة في عناقيد ثم عناقيد أضخم؟ ثم، ما الذي يدفعها إلى هذا التنوع، فهناك مجرَّات بيضاوية وحلزونية وغير منتظمة وتتخذ كل منهم تنوعات مختلفة، ما السبب في تلك اللوحة الفنيَّة المهيبة؟

لفهم المشكلة المتعلقة بتلك الأسئلة دعنا ننظر إلى ذواتنا، نحن نعرف أننا -كبشر- بدأنا بالتقاء حيوان منوي مع بويضة، ثم تطورنا لنصبح جنينًا، ثم خرجنا إلى الحياة أطفالًا ثم شبابًا ورجالًا أو نساءً حتى وصلنا إلى مرحلة الشيخوخة، نحن نعرف ذلك لأننا نراه يحدث، نرى الأطفال والشباب والشيوخ والأجنة ببطون أمهاتهم في كل مكان ونقسِّمهم إلى مجموعات، ونعرف أن كل مجموعة تطورت للأخرى بمعدل زمني ونمط تشريحي محدد يمكن لنا دراسته وتفحصه في المعامل، لكننا نرى المجرات حولنا في الكون في مرحلة واحدة ثابتة، لا يمكن

لنا أن نرى طفولتها مثلًا، لأن ذلك كان قبل مليارات من الأعوام، كذلك تنمو المجرات ببطء شديد للغاية بحيث أن عمر الواحد منَّا ربما لا يمثل لحظة قصيرة جدًّا جدًّا في عمرها.

لكن على الرغم من ذلك، هناك حيل بسيطة، يستخدمها العلماء للتعلم عن هذا الماضي السحيق، والإجابة عن تلك الأسئلة السابقة، لكن لفهم الأمر دعنا كالعادة نهدأ قليلًا، ونبدأ من نقطة الصفر.

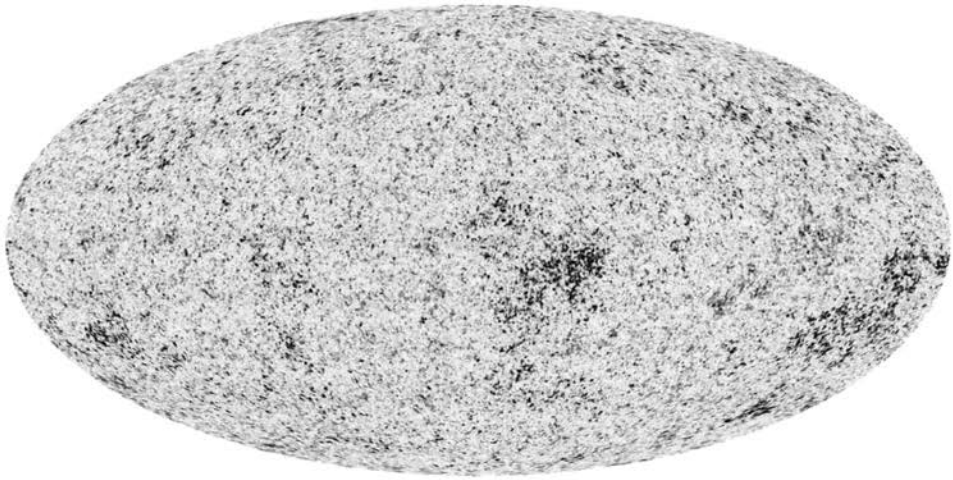

اليوم
الإنسان يتأمل ماضي الكون في التلسكوبات
10 مليون سنة
الكون يتوسع بتسارع، بفضل وقوده من الطاقة المظلمة
400 مليون سنة
نشأة المجرات الأولى في حاضنات من المادة المظلمة
200 مليون سنة
نشأة النجوم الأولى
380 ألف سنة
تكون أول الذرات المكتملة وانحسار عتمة الكون
ثلاث دقائق
نشأة أنوية ذرات الهيدروجين والهيليوم الأولى
ميكرو ثانية
نشأة الجسيمات الأولى كالبروتونات والنيوترونات والإلكترونات
10 ثانية
الكون يتوسع متضخمًا
الانفجار العظيم

دعنا نتصور أننا نتمكن من إعادة الزمن إلى الخلف، وأننا يمكن أن نشاهد ما حصل في أي وقت، ولو قدر أن ظهر لي عفريت ما وطلب مني ثلاث أمنيات، لكانت تلك الأمنية الثانية أو الثالثة لا شك هي أن أشاهد لحظة الانفجار العظيم وما تلاها، فالأولى بالطبع ستكون مادية بحتة بلا أي نقاش.

تحققت الأمنية، والآن نقف معًا ونتأمل، اللحظة الأولى كانت الانفجار العظيم، في البداية تمدد الكون متوسعًا بسرعة هائلة لجزء من الثانية، وهي الفترة التي تسمى التضخم الكوني، وبعد ثانية واحدة من الانفجار الأعظم، كان الكون يتألف من حساء بدائي شديد الحرارة (10 مليارات درجة مئوية) من فوتونات الضوء والجسيمات الأولية دون الذرية الأخرى، كالبروتونات والنيوترونات والإلكترونات.

وفي الدقائق التالية، بدأ عصر يسمى «التخليق النووي»، حيث اصطدمت البروتونات والنيوترونات الأولى وأنتجت أنوية أقدم العناصر؛ الهيدروجين والهيليوم وآثار طفيفة جدًّا من الليثيوم والبيريليوم، وفقط. كان هذا كل ما هو موجود في الجدول الدوري في أثناء تلك الفترة من تاريخ الكون، لم يوجد حديد بعد، ليس هناك كالسيوم، لا يعرف أي شيء عن الماغنيسيوم، لم يكن هناك أي من مكونات أجسامنا أو أحلامنا التي تتمشى كسيالات عصبية متشظية بعد يوم عمل ثقيل، كل ما هنالك هو الهيدروجين والهيليوم بشكل أساسي، وفقط.

ولكن في هذه المرحلة، كان الكون لا يزال ساخنًا للغاية بحيث لم تتمكن النوى الذرية لهذه العناصر من التقاط الإلكترونات في مداراتها، وتكوين ذرات كاملة. لذلك، ففي هذه المرحلة من تاريخه، كان الكون معتمًا لا يمرر أي ضوء، بسبب الكثافة الشديدة للإلكترونات السابحة والتي لم ترتبط بعد بالأنوية لتكوين الذرات الأولى، وبعد مرور قرابة 380 ألف سنة من تاريخ الكون، ومع توسعه، بات باردًا كفاية ليسمح لتلك الأنوية أن تمسك بتلك الإلكترونات، فتكونت أول ذرات الهيدروجين والهيليوم الكاملة، هنا انطلقت فوتونات الضوء في سفر طويل حتى أنهكت تمامًا وتم مطها لتصبح في نطاق الميكروويف، وفي تلك الأثناء غمرت الكون كله، ويتمكن العلماء الآن من رصد أثر هذه الفوتونات الضوئية في كل مكان، إنه وهج الانفجار العظيم، ويسمى اصطلاحًا «إشعاع الخلفية الكونية الميكروي»، كان اكتشافه السبب في حصول عالما الفلك أرنو بنزياس وروبرت ويلسون على جائزة نوبل للفيزياء لعام 1978م. وقاس الرفيقان درجة حرارة هذه الفوتونات وقدراها على وجه التقريب بـ3 كلفن.



أرصاد الثنائي لم تكن كافية، إلا أنها فتحت الباب لعلم فلك جديد يرصد في نطاقات الميكروويف (راجع الفصل التاسع)، وأجريت أول قياسات فضائية للخلفية الكونية الميكروية باستخدام القمر الصناعي «كوزميك باكجراوند إكسبلورر» في عام 1992، والذي أكد لأول مرة أن درجة حرارة الخلفية الكونية الميكروية ليست متطابقة في جميع أنحاء السماء (وهو ما يظهر في الشكل المرفق حيث تمثل الفوارق بين درجات الحرارة بالدرجات الفاتحة والداكنة)، وحسبت القيمة المتوسطة لها بـ 2.73 كلفن. إنها باردة جدًّا، لذلك تصدر في نطاق الميكروويف. وفي عام 2003، تمكن مسبار «وامب» من تحسين وضوح الخريطة ودقتها بشكل كبير، وقد ساعد هذا في تحديد بعض الخصائص المهمة للكون مثل عمره، وكمية الأنواع المختلفة من المادة والطاقة التي يحويها.

على مدى المائتي مليون سنة التالية، لم تكن هناك نجوم لتلمع، كان الكون في هذه المرحلة يتكون من محيط هائل الضخامة من ذرات الهيدروجين والهيليوم بشكل أساسي، لذلك سميت تلك الفترة «بالعصور الكونية المظلمة».

لم يكن هذا الخليط الغازي موزعًا بشكل موحد في جميع أنحاء الكون، السبب في ذلك هو تلك التباينات التي تلاحظها في إشعاع الخلفية الكونية، فهي تباينات في درجات الحرارة، وبالتبعية كانت المناطق الأكثر برودة من الفضاء أكثر تكتلًا (انكماشا على بعضها بعضًا)، ومع نمو هذه الكتل بشكل أكبر ومع ازدياد كثافتها وتماسكها، أصبحت مراكز هذه الكتل أكثر سخونة، ومع الوقت أصبحت ساخنة بما يكفي لحدوث الاندماج النووي في مراكزها، كانت هذه هي النجوم الأولى، والتي كانت أكبر من شمسنا في الكتلة بنحو 30 إلى 300 مرة وأكثر سطوعًا بملايين المرات (راجع الفصل الثاني حيث تحدثنا عن نشأة النجوم).

النجوم والمجرات الأولى

كانت النجوم من الجيل الأول، والمعروفة أيضًا باسم «جمهرة النجوم الثالثة» Population III stars، مكونة بالكامل (تقريبًا) من الهيدروجين والهيليوم، العناصر التي تشكلت نتيجة مباشرة للانفجار الكبير. بعبارة أخرى، كانت جمهرة النجوم الثالثة نقية، خالية من المعادن. (يشير علماء الفلك إلى أي عنصر أثقل من الهيليوم على أنه معدن).

تحوي الأجيال اللاحقة من النجوم، بما في ذلك الشمس، عناصر أثقل مثل الأكسجين والكربون والحديد، لكن لماذا؟ لأن تلك العناصر تشكلت في نوى النجوم السابقة من الجمهرة الثالثة، عبر الاندماج النووي، ومن ثم انفجرت هذه النجوم، ونشرت العناصر الثقيلة في الكون، فبدأت تظهر في النجوم الناشئة حديثًا في تلك الفترة.

يعتقد العلماء أن هذه الانفجارات لم تشبه المستعرات العظمى الحالية، فقد كانت أكبر وأقوى بفارق هائل، لدرجة أن بعضها (الحاصلة للنجوم أعلى من 130 كتلة شمسية) ربما دمر كل جزء من النجم دون أن تترك وراءها أي شيء، لا نجم نيوتروني أو ثقب أسود.

أضف إلى ذلك أن قوة تلك الانفجارات وموجاتها الصدمية لا بد أنها حركت الغاز الراكد في محيطها لإنشاء النجوم الجديدة بمعدلات أكبر، ومن ثم سرت في الكون كله موجة من ميلاد النجوم الجديدة بشكل متسارع. يشبه ذلك أن تكون هناك آلاف الأجراس الموزعة على مقربة من بعضها في مساحة ضخمة بحجم 100 ملاعب كرة قدم، وهي أجراس حساسة جدًّا لأدق الأصوات، لكنها الآن خاملة هادئة ساكنة تمامًا، ولكن ما إن يزعج أحدهم جرسًا واحدًا منها في أي جانب من جوانب تلك المساحة فيعلو صوته، حتى يحفز جيرانه من الأجراس لكي تطلق صافراتها، وهذه الأجراس بالتبعية ستحفز ما يليها من أجراس، وهكذا تسري موجة هائلة من الصفير في كل تلك المساحة الواسعة. انفجارات النجوم ستفعل ذلك أيضًا، حيث ستحفز المناطق الخاملة المجاورة لتكوين نجوم جديدة ضخمة، ستنفجر تلك النجوم في مرحلة ما فتحفز مناطق خاملة أخرى، وهكذا.

تسببت جمهرة النجوم الثالثة في إنشاء جمهرة النجوم الثانية، وهي النجوم الفقيرة بالمعادن، أي أنها تحوي القليل نسبيًّا من العناصر الأثقل من الهيليوم، ومع انفجار هذه النجوم جيلًا بعد جيل تشكلت جمهرة النجوم الأولى، وهي النجوم التي نعرفها اليوم ومنها الشمس، وتعد نسب المعادن فيها أكبر من جمهرتي النجوم الثانية والأولى (إلا أنها تظل يسيرة في العموم).

على الرغم من أن علماء الفلك على يقين تام من مكونات النجوم الأولى، فإنهم أقل يقينًا من مدى ضخامتها، لكنها بالتأكيد كانت هائلة الضخامة وقد انفجرت سريعًا، حيث تحرق النجوم

الضخمة للغاية وقودها من الهيدروجين بسرعة كبيرة، فالنجم الذي تبلغ كتلته ستين ضعف كتلة الشمس يكون عمره أقل من مليون عام، وإذا كانت جميع نجوم الجيل الأول ضخمة للغاية بسبب الوفرة الشديدة للهيدروجين في تلك الفترة، فلن يظل أي منها موجودًا.

ترتبط درجة حرارة وضيائية النجم بشكل مباشر بكتلته، وهو أمر تعلمناه بعد دراسة مخطط **هيرتسبرونج** راسل في الفصل السابع، فكلما كان النجم أكبر كتلة، كان أكثر سخونة وضيائية، وإذا كانت النجوم الأولى ضخمة جدًّا، فلا بد أنها كانت شديدة السخونة والضيائية. على سبيل المثال، فإن نجمًا تبلغ كتلته 100 مرة كتلة الشمس، سيكون له درجة حرارة سطح تبلغ قرابة 100 ألف كلفن، وسيشع بطاقة تعادل مليون شمس.

من هنا يمكن أن نستنتج أنه إذا كانت النجوم الأولى ساخنة إلى هذا الحد، فلا بد أنها كانت تطلق كميات هائلة من الإشعاع عالي الطاقة. وفي حين تبعث الشمس معظم طاقتها في الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، فإن كل الضوء الذي ينبعث من نجم تبلغ درجة حرارته مئة ألف كلفن تقريبًا لا بد أن يكون في هيئة ضوء فوق بنفسجي بشكل أساسي. ويعتقد علماء الفلك أن الإشعاع فوق البنفسجي الذي انبعث من النجوم الأولى هو الذي بدأ في تأيين الكون (الفترة التي تسمى «إعادة التأين»)، فاخترق ضبابية الهيدروجين المحايد المعتم الذي ملأ الكون خلال تلك الفترة وأضاءه تدريجيًّا بعد أن كان مظلمًا، حدثت هذه العملية تقريبًا بين 150 مليون إلى 1 مليار سنة بعد الانفجار العظيم.

في تلك الفترة من تاريخ الكون، كانت أعداد النجوم هائلة مما سمح لها ربما بالتجمع في عناقيد كروية هائلة الضخامة، وكذلك نشأت مجرات بدائية، وهي كتل ضخمة كثيفة ومستقلة نسبيًّا من الغاز والغبار الذي توفر بغزارة في تلك الفترة، وبدأت في تشكيل النجوم، وكليهما (أو أحدهما) مثل الصورة الأولى للمجرات بحسب افتراض العلماء في هذا النطاق، والتي تجمعت معًا في تسلسل هرمي، أي أن القِطع الأصغر اندمجت مع بعضها بعضًا، ومن ثم اندمجت تلك القطع مع قطع أخرى، وهكذا حتى باتت مجرات كاملة.

وخلال هذه الفترة، شكلت بعض المجرات أول ثقوب سوداء فائقة الكتلة في مراكزها بسبب الكثافة الشديدة لنجوم الجمهرة الثالثة الضخمة في مراكزها، وهناك اقتراح أن ذلك حصل من الانهيار المباشر للغاز في المركز من دون حتى المرور بمرحلة تكوين النجوم (أي أن الغاز تكدس بكثافة شديدة لدرجة أنه تحول مباشرة لثقب أسود)، أصبحت هذه الثقوب السوداء فيما بعد النوى المجرية النشطة التي تشاهد حاليًّا في بعض المجرات البعيدة (المزيد في الفصل القادم).

كانت المجرَّات الحلزونية هي ربما أول المجرات التي تكونت في الكون، نلاحظ ذلك حينما نرصد نجومها فنجد أنها ما زالت شابة، أما المجرات الإهليلجية (البيضاوية) فيُنظر إليها على أنها أكثر الأنظمة تطورًا في الكون، فحينما نرصدها لا نجد فيها من الغاز والغبار ما يمكن أن يصنع نجومًا جديدة، بينما نجد أن نجومها تميل إلى اللون الأحمر، إنها نجوم عجوزة.

عرف العلماء من هنا أن المجرات الحلزونية هي ربما مرحلة الشباب في عمر المجرة، تكبر بعد ذلك لتصبح مجرات إهليلجية والتي تمثل الآن 60% من عدد المجرات التي نعرفها في الكون، بينما حينما نرصد المجرات في نطاقات زمنية أقدم نجد نسب المجرات الحلزونية أكبر، لكن، كيف تتحول المجرات الحلزونية إلى إهليلجية؟

أكثر النماذج تفسيرًا لتلك الحالة هو عملية اندماج المجرَّات معًا، مجرتنا درب التبانة مثلًا تعرضت لحوادث التحام سابقة قبل 13 مليار سنة من الآن، حيث كانت هناك مجرتان قريبتان من بعضهما سُميتا «دايا-إنسيلادوس»، وهي مجرة صغيرة، و«سلف درب التبانة» وهي مجرة أكبر قليلًا، على مدى 3 مليار سنة التحمت المجرتان لصنع «درب التبانة»، مجرتنا. والتي تتجهز حاليًّا لمناورة شبيهة، فنحن نعرف أن الجارة «المرأة المسلسلة» تقترب منَّا وربما تندمج مع درب التبانة بعد أكثر من 4 مليار سنة، سوف يتسبب ذلك في تكون مجرة بيضاوية ضخمة.

يمكن لتلسكوباتنا، سواء المتخصصة أو حتى تلسكوبات الهواة، أن ترصد مجرات تصطدم ببعضها بعضًا، وهو أمر شائع في رصدنا لسماء الليل.

مكتبة
t.me/soramnqraa

آلة الزمن الكونية

لكن، كيف عرفنا كل ذلك؟ ولم نفترض أن الأشكال الأولى للمجرات كانت بدائية؟ ولم يعتقد العلماء أنه حتى لو لم تعد نجوم الجمهرة الثالثة موجودة، فمن الناحية النظرية لا يزال من الممكن رصد تلك النجوم؟ السبب في ذلك هو أن تلسكوبات مثل هابل وجيمس ويب يمكنها أن تسافر بالزمن مليارات السنين إلى الوراء!

بالنسبة إلى الكون، فالضوء ليس إلا رجل عجوز يمضي ببطء، إنه سريع جدًّا بالنسبة إلينا، بشكل لا يصدق حيث يصل إلى 300 ألف كيلومتر في الثانية، ما يعني أن شعاعًا ضوئيًّا واحدًا يمكن له أن يدور حول الأرض كلها سبع مرات ونص في ثانية واحدة، لكن على رغم ذلك، وحينما نتأمل النجوم والمجرات في السماء فنحن نرى ماضيها قبل آلاف أو ملايين السنوات، لأنها بعيدة جدًّا لدرجة إن هذا الضوء السريع جدًّا، حتى يصل من هناك إلى هنا يأخذ كل تلك المدة.

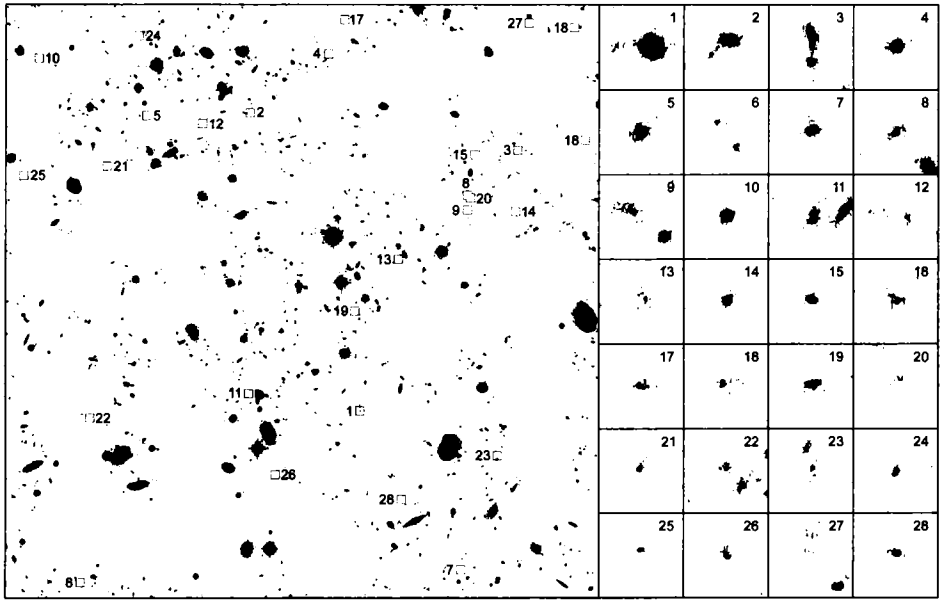
ولفهم تلك النقطة، دعنا نتخيل أن هناك حادثًا مؤسفًا، حيث تُوفي أحدهم في مدينة الإسكندرية المصرية، حدثت الوفاة في تمام الساعة التاسعة مساء السبت الخامس من نوفمبر، ولا توجد لسبب ما أي طريقة يمكن أن ننقل بها الخبر إلى أهله في مدينة أسوان، وبالتالي سيضطر أحدهم إلى السفر إلى الإسكندرية بالقطار لنقل الخبر، وسيصل إليهم في تمام الساعة الرابعة عصرًا مساء الأحد السادس من نوفمبر. ورغم أن الشخص قد مات بالفعل في مساء الخامس من نوفمبر، فإن هؤلاء الأهل في أسوان لم يعرفوا بذلك إلا في تمام الساعة الرابعة عصرًا في اليوم التالي.

هذا هو ما يحدث بالنسبة إلى النجوم والمجرات، فالضوء هو خبر قادم من النجوم والمجرات البعيدة، وحينما تتأمل مجرة تبتعد عنَّا 10 مليون سنة ضوئية، فإن ما وصل إليك الآن هو الخبر (شعاع الضوء) الذي خرج منها منذ 10 مليون سنة، قد تكون تلك المجرة قد تغيرت تمامًا لسبب أو لآخر، لكن لا يمكن أن تعرف ذلك لأن الخبر انطلق حالًا في رحلته وسوف يحتاج إلى 10 مليون سنة إضافية ليصل إليك، لن نكون موجودين لنسمعه إذن.

ولو حدث انفجار نجمي ما، بعيدًا جدًّا جدًّا على مسافة 21 مليون سنة ضوئية (والسنة الضوئية هي قرابة 9.5 تريليون كيلومتر)، فذلك يعني أن الخبر (الضوء) سيخرج من هناك ويستمر في السفر لمدة 21 مليون سنة حتى يصل إلينا هنا على الأرض، فنراه.

الضوء سريع بالنسبة إلينا، وبالنسبة إلى كل جرم منفرد في هذا الكون، لكن بالنسبة إلى الكون نفسه كوحدة واحدة، هذا الكيان هائل الضخامة لدرجة تتحدى الخيال، فهو بطيء كرجل عجوز يعبر الشارع! يخرج من مجرة ما، فننتظر لملايين ومئات الملايين من السنوات حتى يصل إلينا، لكن ما هي ملايين السنوات؟ بالنسبة إلى هذا الكون ليست إلا لحظة، وما عمرك يا صديق إلا لحظة، بل أقل من لحظة، فقط تأمل قليلًا.

في هذا السياق، فإن التلسكوبات هي آلات الزمن التي تسمح لنا برؤية ماضي الكون، فكلما حصلنا على تلسكوبات أكبر وأدق، تمكنَّا من النظر بدرجة أعمق إلى جوانب الكون من حولنا، فنرى مثلًا مجرة على بعد 500 مليون سنة ضوئية فنعرف أن ما نراه هو تاريخها قبل 500 مليون سنة، وكلما تعمقنا أكثر وصلنا إلى جذور الكون بشكل أكبر، فإذا مثلًا رصدنا مجرات على بعد 13 مليار سنة ضوئية، فنحن الآن نرصد شعاع الضوء الذي خرج منها بينما كانت طفلة قيد التكوين، هذا هو ما يعطينا بعض المعرفة عن طفولة المجرات.



تظهر المجرات البعيدة للغاية عنًّا في التلسكوبات بصورة بدائية غير منتظمة ما تزال قيد التكوين، في الحقيقة تمكن التلسكوب العظيم هابل في سنة 2016 من التقاط صور لأقدم المجرات وقتها، وهي المجرة «GN-z11» والتي تقع على بعد 13.4 مليار سنة ضوئية، أي أن تلك الصور التقطت للمجرة فقط بعد 400 مليون سنة من الانفجار العظيم. وفي الشكل المرفق تجد صورًا في نطاق الأبيض والأسود لـ28 مجرة صغيرة السن ما زالت طفلة، ولذلك تبدو بدائية الشكل، استخرجها العلماء مما يسمى «حقل هابل العميق جدًّا»، وهي صورة التقطها مرصد هابل في كوكبة الكور بين سبتمبر 2003 إلى يناير 2004، تحوي ما يقدر بنحو 10 آلاف مجرة، منها مجرات كانت موجودة منذ قرابة 13 مليار سنة، قارن بين شكلها وشكل المجرات الحلزونية مثلًا التي تعرفنا عليها في الفصل العاشر.

لكن هنا يطرح سؤال آخر نفسه على طاولة النقاش، إذ كيف نعرف المسافة بيننا وبين تلك المجرات في المقام الأول لنتوقع أنها نشأت قبل هذا الوقت أو ذاك؟

لحظة السيد هابل

هناك عدة طرق يستخدمها الفلكيون لقياس المسافة بيننا وبين المجرات الأخرى، تحدثنا عن بعضها في الفصل الأول (المتغيرات القيفاوية والمستعرات الأعظمية من النوع 1 إيه)، لكن لو رغبنا في قياس المسافات إلى مجرات أبعد فأشهر تلك الطرق هو ما نسميه الانزياح

الأحمر المجرِّي (Cosmological Red Shift)، يتصور البعض أن الانزياح الأحمر المجري ذو علاقة «بالانزياح الأحمر» الذي تحدثنا عنه في الفصل العاشر، ذلك الذي يحدث بسبب تأثير دوبلر ونحدد من خلاله سرعات النجوم، لكن ذلك ليس صحيحًا.

ولفهم الفارق دعنا نبدأ بالحديث عن توسع الكون، تخيل أن طفلًا يرسم نقاطًا سوداء على بالون، وفور أن ينتهي ينفخ البالون، يلاحظ أن النقاط التي كانت قريبة من بعضها حين بداية الرسم تأخذ في التباعد كلما كبر حجم البالون. يسأل الطفل: هل تجري النقاط التي رسمها بعيدة عن بعضها؟ الإجابة المباشرة هي: لا، فالنقاط تبتعد، لا لأنها تتحرك، بل لأن جسد البالون يتمدد[1].

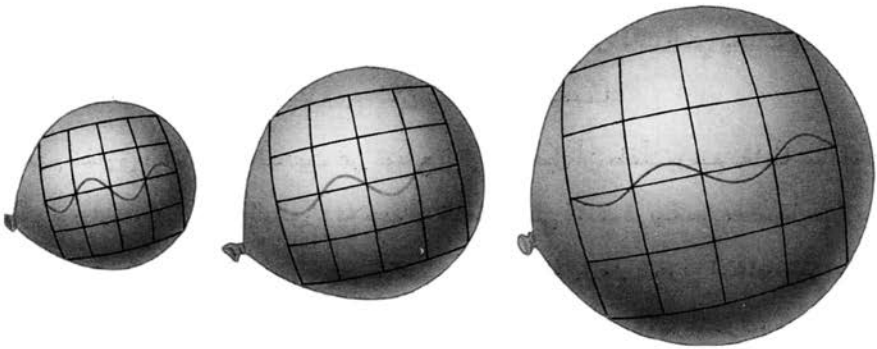
منذ عشرينيات القرن الماضي، بدأ علماء الفيزياء الفلكية في الحديث عن أن الكون يفعل الشيء نفسه الذي يفعله بالون الطفل، حيث تتباعد مجراته عن بعضها بعضًا بسرعة هائلة، ليس لأنها تجري بسرعة، ولكن لأن الكون نفسه يتمدد، نسيج الفضاء نفسه يتمدد، كجسد البالون المطاطي.

لم يتوقف تمدد الكون قط، وفي عشرينيات القرن الفائت استطاع العالم الأمريكي «إدوين هابل»، الذي كان محاميًا قبل أن يتوجه لدراسة علم الفلك ثم يعمل في مرصد جبل ويلسون التاريخي في مقاطعة لوس أنجلس بولاية كاليفورنيا، وكان الأكبر على الإطلاق في العالم وقتها، أن يصوغ قانونًا أمكن به حساب معدل توسع الكون، من خلال قيمة حملت اسمه «ثابت هابل»، هذا الثابت يُعبِّر عن العلاقة بين سرعة تباعد المجرات والمسافة بينها وبين الأرض.

جميل جدًّا، الآن نعرف أن الكون يتوسع، لكن ما علاقة ذلك بالضوء القادم من أبعد المجرات؟ دعنا نرجع إلى تجربة البالون لكن هذه المرة نحتاج إلى أن نتخيل شعاع الضوء كموجة مرسومة على بالون ينتفخ، كلما انتفخ البالون ازداد الطول الموجي للموجة بسبب مطِّها في أثناء الانتفاخ، هذا هو سبب الانزياح الأحمر المجري، فهو لأن شعاع الضوء يتم مطه كلما توسع الكون (كما يتوسع البالون)، لذلك كلما كانت المجرة أبعد وأسرع، أخذ الضوء وقتًا أطول، فيتم مطه بشكل أكبر، فيكون انزياح المجرة أكثر احمرارًا، ومن هنا يمكن أن نحدد المسافة لأبعد المجرات.

---

(1) كان هذا التشبيه هو الأشهر إلى الآن في شرح توسع الكون، رغم قصوره في توضيح بعض الأمور. شرحه آرثر إدينجتون في كتابه «الكون المتمدد» 1933.



هنا أيضًا يجب أن نلاحظ أن انزياح المجرات الأحمر، عادةً، لا يجعلنا نراها بلون أحمر، ولكنه يحرك خطوط الامتصاص على طيفها ناحية الأحمر، ويعطي الانزياح الأحمر في هذه الحالة قيمة (تأخذ حرف z) قد تقرأها من حين إلى آخر حينما تتعرض لخبر عن كشف جديد لمرصد جيمس ويب مثلًا، حينما تكون تلك القيمة أقل من 1 فإننا نتحدث عن الأجسام القريبة نسبيًّا، مثل المجرات في الكون القريب، وحينما تكون تلك القيمة أكبر من 1، فنحن نتحدث عن الأجسام البعيدة، مثل الكوازارات البعيدة، والتي تُظهر لنا الكون عندما كان أصغر سنًّا، وحينما يكون الانزياح أحمر مرتفعًا جدًّا (قيمة أكبر من 10)، فإننا نتحدث عن الأجرام التي عاشت من الكون المبكر، مثل المجرات البدائية والهياكل الأخرى التي تشكلت بعد الانفجار العظيم بفترة وجيزة.

الكون في صندوق

وإلى جانب الأرصاد، تعتبر المحاكاة الحاسوبية في الفيزياء الفلكية أدوات حسابية قوية تستخدم لنمذجة الظواهر الفيزيائية الفلكية المعقدة التي لا يمكن دراستها بسهولة، بمعنى أن العلماء في نطاقات أخرى عادة ما يقومون ببناء التجارب لاختبار الفرضيات، لكن لأن النجوم والمجرات بعيدة جدًّا ونادرًا ما تشهد تغيرات كبيرة لأن أعمارها طويلة جدًّا، فإن العلماء يحاولون تسريع الزمن إلى الأمام لفهم مستقبل تلك الأجرام، أو إلى الخلف لدراسة ماضيها، عبر المحاكاة، التي تستخدم الحوسبة عالية الأداء، والتي لا تتوفر في حواسيبنا المنزلية.

فكرة المحاكاة بسيطة، فلدينا بيانات صادرة من عدد من التلسكوبات التي التقطت صورًا في نطاقات مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي في أزمنة مختلفة، ولدينا كذلك إشعاع

الخلفية الكونية، ولدينا قوانين الفيزياء التي توصل إليها العلماء من خلال مجموعة من الأرصاد[1] والمنطق الرياضي والنمذجة النظرية.

الآن ماذا يحدث لو جمعنا بياناتنا في الفترة المبكرة من تاريخ الكون مع النماذج النظرية تلك، ومنحنا القدرات الحاسوبية الفرصة لتخيل كيف سيكون وضع الكون بعد الانفجار العظيم مباشرةً؟ في هذه الحالة فإن العلماء يلجؤون إلى عدة حيل للحصول على نتائج دقيقة رغم أنهم لا يمتلكون كل البيانات الممكنة، منها مثلًا الاقتطاع، فهم لا يتمكنون من محاكاة كل الكون لأن ذلك يتطلب حاسوبًا فائق القوة لا نمتلكه، فيقومون بمحاكاة قطعة من الكون بعرض وطول 10 مليون سنة ضوئية مثلًا، ومنها كذلك التبسيط، فمثلًا لحساب سرعة الأرض لا يجب عليك إضافة نشاطنا البشري على سطحها، رغم أنه مؤثر (بقدر يسير جدًّا)، وهنا تحدد المجرات مثلًا كوحدات كتلية لا أكثر، ومن ثم تنطلق المحاكاة لبحث مستقبل هذه المجرات أو ماضيها.

ودعني في هذا السياق أضرب مثالًا واحدًا (من ضمن الكثير جدًّا من الأمثلة في هذا النطاق المزدهر)، حيث قام فريق بحثي دولي بقيادة علماء من جامعة دورهام البريطانية في عام 2023 بإجراء المحاكاة الحاسوبية الأكبر في تاريخ العلم إلى الآن، والتي صممت لفهم الهيكل المجري الكبير للكون، أجريت المحاكاة الجديدة في حاسوب فائق بجامعة دورهام سمي «كوزما 8» بتكلفة قدرت بـ 10 مليون جنيه إسترليني، يعمل الحاسوب بكفاءة على أكثر من 30 ألف وحدة معالجة مركزية، ولغرض التقريب فإن هذا الحاسوب يمتلك قدرة تعادل 17000 حاسوب منزلي!

قبل إجراء هذه المحاكاة الجديدة، التي سميت «فلامنجو»، كانت عمليات المحاكاة الحاسوبية المستخدمة تتتبع فقط المادة المظلمة، وهي جانب يمثل قرابة 27% فقط من تركيب الكون سنتحدث عنه بالتفصيل في الفصل الخامس عشر، لكن المحاكاة الجديدة تضيف الطاقة المظلمة (وتمثل 68% من تركيب الكون) والمادة العادية (وتمثل 5% من تركيب الكون)، إلى جانب المادة المظلمة.

وتستخدم المحاكاة الجديدة 300 مليار عنصر دقيق (كل منها يمثل كتلة مجرة صغيرة) في حجم مكعب تبلغ حوافه عشرة مليارات سنة ضوئية.

---

(1) على سبيل المثال، درس كيبلر الأرصاد التفصيلية للكواكب التي أجراها تايخو براهي ولاحظ أن مدارات الكواكب بيضاوية الشكل وليست دائرية، قاد ذلك كيبلر إلى صياغة القوانين الثلاثة لحركة الكواكب) والتجارب (على سبيل المثال، قدمت نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين تنبؤًا حول انحناء الضوء حول الأجسام الضخمة، وقد تم اختبار ذلك تجريبيًّا في أثناء كسوف الشمس في عام 1919، مما أكد النظرية وما تقدمه من قوانين فيزيائية.

ويعتقد الباحثون من جامعة دورهام أن نواتج المحاكاة الجديدة ستمثل نقلة في علم الكونيات خاصة حينما تقارن بنتائج مهام فضائية مثل تلسكوب إقليدس الفضائي الذي أطلقته مؤخرًا وكالة الفضاء الأوروبية ومرصد جيمس ويب الفضائي التابع لوكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا)، فإذا وجدت اختلافات بين النتائج وجه ذلك العلماء إلى نقاط جديدة في البحث العلمي في علم الكونيات.

المجرات المستحيلة

دعنا الآن نتوقف قليلًا للنظر في أحدث ما توصل العلماء إليه في هذا النطاق، في يوليو 2023، فجر فريق بحثي من جامعة أوتاوا الأمريكية مفاجأة من العيار الثقيل حينما اقترحوا في دراسة جديدة أن التقديرات السابقة لعمر الكون كانت ببساطة خاطئة، فعمر الكون ليس 13.8 مليار سنة، لكنه بحسب هذا الفريق 26.7 مليار سنة! للوصول إلى تلك النتيجة اعتمد العلماء على نظرية قديمة في علوم الضوء وأطيافه عمرها قرابة 100 سنة سميت «نظرية الضوء المُتعب» اقترحها عالم الفلك السويسري فريتس زويكي، وتقول إن الضوء القادم من المجرات البعيدة والذي يستخدمه العلماء كإحدى وسائل قياس عمر الكون، يعطي العلماء انطباعًا خاطئًا عن عمر هذه المجرات القديمة.

لا يعتقد العلماء حاليًّا أن هذه الفرضية صحيحة، وتظل هناك حاجة إلى الكثير من التأكيدات بالطبع، لكن ربما تسأل نفسك في هذا السياق: لماذا؟ لماذا الآن تحديدًا يستورد العلماء نظرية عمرها عقود كي يغيروا من عمر الكون؟ ما الذي حدث وصُوِّر للعلماء أن عمر الكون الحالي قد يكون خاطئًا؟

في أواخر 2022، اكتشف جيمس ويب مجموعة من 6 مجرات وجدت في وقت مبكر جدًّا من الكون، بعد 500 مليون سنة من الانفجار الكبير، لكن هذه المجرات لم تكن بدائية كما هو معتاد، بل كانت شديدة السطوع لدرجة أنها بحسب العلماء «لا ينبغي أن تكون موجودة من الناحية النظرية»! ومن هنا جاءت التسمية: «المجرات المستحيلة».

هذه المجرات كانت ساطعة بشكل يوحي أنها مجرات ضخمة تحوي عددًا كبيرًا من النجوم. إلا أن النموذج أو النظرية التي يعتمد عليها العلماء لفهم الكون، تقول إن المجرات نشأت في صورة قطع صغيرة متناثرة من مجرات صغيرة، تلاحمت مع بعضها مع الزمن، لتصنع مجرات كبيرة، لكن من المفترض أن يأخذ ذلك عدة مليارات من السنوات كي يحدث، كيف إذن وجدت خلال أول نصف مليار سنة من عمر الكون؟

الأمر لم يقف عند المجرات المستحيلة، في نوفمبر 2023 أعلن العلماء عن اكتشاف مجرة جديدة سميت «سييرز-2112»، والتي عدت أكثر دفعًا إلى التعجب من سابقاتها، رصدت المجرة قبل 11.7 مليار سنة، لكن الملمح المميز لها كان أنها مكتملة بل وشبيهة بمجرتنا درب التبانة، مجرة متطورة تمثل قمة الشباب في تاريخ الكون، تتكون من أذرع حلزونية تدور حول مركز عصوي الشكل زاخر بالنجوم، ويمثل المركز العصوي في علم الفلك أكثر الهياكل انتظامًا وأناقة، ومن المفترض أن يأخذ أكثر من 7 مليار سنة كي يصل إلى هذا الشكل، فكيف إذن ظهر بعد 2 مليار سنة فقط من نشأة الكون؟

لا يعني ذلك بالضرورة أن عمر الكون أكبر مما يبدو عليه، فالأدلة على عمر الكون تظل شديدة الدقة وقادرة على الصمود أمام جديد المكتشفات، كما أن هناك أسبابًا أخرى لظهور المجرات المستحيلة بهذا السطوع، منها مثلًا تصور فريق من العلماء أن سطوع المجرات قد يكون بسبب نمو نجومها الصغيرة بسرعة، وليس بسبب عدد النجوم الكبير الذي يوحي باكتمالها، وفي أغسطس 2024 أعلن فريق من العلماء أن سبب سطوع هذه المجرات الاستثنائي له علاقة بالثقوب السوداء فائقة الكتلة في مراكزها، حيث كانت تستهلك الغاز بسرعة غير مألوفة، وتسببت هذه العملية في حدوث احتكاك أكبر من المتوقع بين جزيئات المادة المحيطة بالثقب الأسود، مما تسبب في انبعاث المزيد من الحرارة والضوء التي خلقت الوهم بوجود المزيد من النجوم لدى العلماء.

رغم ذلك، فإن تلك الافتراضات لم تحل الكثير من الألغاز في أرصاد جيمس ويب، ولا تزال هناك مشكلات يعمل العلماء على حلها تتعلق بشكل الكون في تلك الفترة النشطة من تاريخه، لكن لماذا أثار جيمس ويب تحديدًا كل تلك التساؤلات؟

الإجابة في الفصل التاسع من هذا الكتاب، وهي أن الضوء الصادر من تلك الفترة الكونية البعيدة قد تم مطه إلى النطاق تحت الأحمر، ما جعل جيمس ويب قادرًا على اكتشاف ما لم يره مرصد هابل في تلك الفترة، بدأ جيمس ويب في دفع العلماء إلى تغيير النماذج التي يتبنونها لشرح تلك الفترة المسماة حول فجر الكون، والتي تبدأ من 50 مليون سنة وتصل إلى المليار الأول من السنوات بعد الانفجار العظيم، وخلالها نشأت النجوم والمجرات الأولى.

إنها الفترة التي انتهت خلالها عصور الكون المظلمة، وأشرق الكون بالشكل الذي نراه الآن. عادة ما يهتم الناس بالانفجار العظيم نفسه وما يحيط به من ملابسات، لكن يظل الفجر الكوني فترة مدهشة في تاريخ كوننا تستحق التأمل، وهي واحدة من نطاقات البحث النشطة جدًّا حاليًّا في علم الفلك، ولذلك وددت الإشارة إليها في هذا الكتاب.

الفصل الرابع عشر

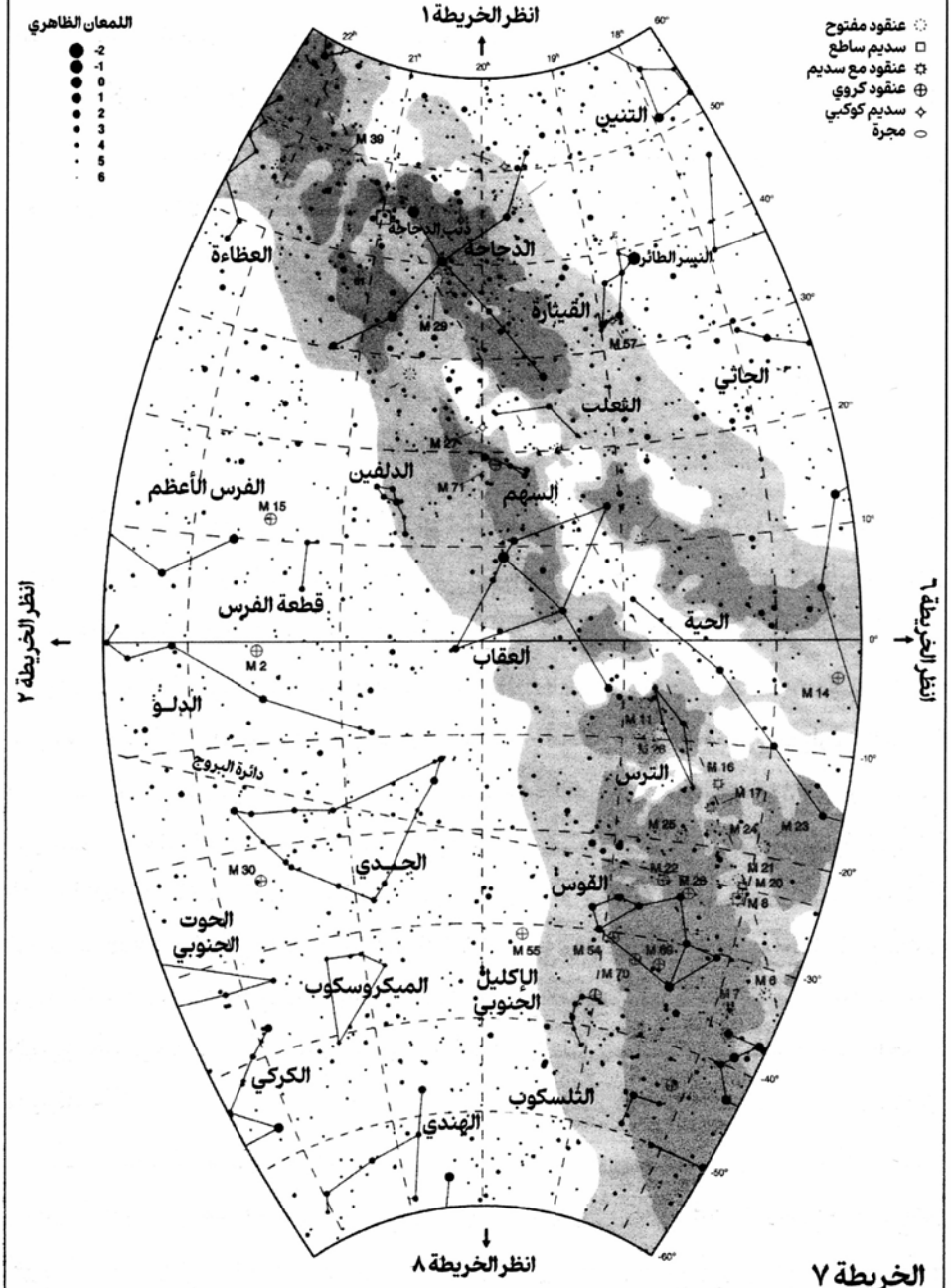
الفوارس العابرة في نهر المجرة

في الأسطورة اليونانية القديمة مثلت الدجاجة أو البجعة الصورة التي تنكر بها زيوس ملك الآلهة ليتمكن من إغواء ليدا زوجة الملك تنداريوس، لكن العرب القدماء لم يتخيلوها كطائر فارد جناحيه، بل كخمسة من الفوارس التي تتسابق في طريق طويل.

والحكاية لها وجاهتها فكوكبة الدجاجة تقف بالضبط على حزام مجرة درب التبانة، النجوم الخمسة الأساسية بها، والتي تمثل الجناح في الحكاية اليونانية، هي الفوارس الخمسة التي تتسابق في طريق المجرة، وقيل إنه خلف هذه الفوارس الخمسة يوجد فارس سادس «يردفهم» فسمته العرب قديمًا بالردف، لكنه الآن يعرف باسم عربي يصوِّر الحكاية اليونانية القديمة (Deneb) أو ذنب الدجاجة، نجم الصدر Sadr كذلك يلعب نفس الدور. أما نجم فوارس Fawaris فيعبر بالطبع عن الأسطورة العربية وهو أحد الفوارس، وأسفل نجم الذنب يوجد نجم أخير خافت يسمى Azelfafage وربما هو تحريف شديد الوعورة لواحدة من كلمتين، «ظفر الفرس» أو «ظفر الدجاجة» وهما مرتبطتان بالأسطورتين القديمتين، العربية واليونانية[1].

ذنب الدجاجة هو نجم من القدر الأول بلمعان 1.25، ورغم ذلك فهو بعيد جدًّا، وضعت بعض التقديرات المسافة إلى ذنب الدجاجة عند 2600 أو 3000 سنة ضوئية، في حين تعدل تقديرات أخرى هذا الرقم إلى 1500 سنة ضوئية، لاحظ أن قيم القياسات التي يقوم بها العلماء تكون عادة تقريبية، وهناك دائمًا قيم تحوي علامات مثل (±) والتي تعني زائد أو

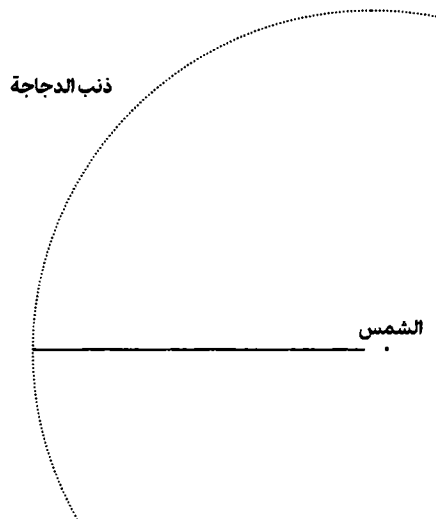
(1) لاحظ الأسماء العربية في الخريطتين رقم 23 و26 في الأطلس المرفق بالكتاب.


انظر الخريطة ١
انظر الخريطة ٢
انظر الخريطة ٦
انظر الخريطة ٨
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
التنين
العظاءة
ذنب الدجاجة
الدجاجة
النسر الطائر
القيثارة
الحاثي
الثعلب
السهم
الدلفين
الفرس الأعظم
قطعة الفرس
الحية
العقاب
الدلو
دائرة البروج
الجدي
الترس
القوس
الحوت الجنوبي
الميكروسكوب
الإكليل الجنوبي
الكركي
التلسكوب
الهندي
M 39
M 29
M 57
M 27
M 71
M 15
M 2
M 14
M 11
M 26
M 16
M 17
M 25
M 24
M 23
M 30
M 22
M 28
M 21
M 20
M 8
M 55
M 54
M 69
M 70
M 6
M 7

الخريطة ٧

ناقص، فمثلًا المسافة بيننا وبين هذا النجم أو ذاك 500 سنة ضوئية زائد أو ناقص 120 سنة ضوئية، ويعني ذلك أنه في نطاق بين 380 و620 سنة ضوئية، وقد تجد أن قطر هذا النجم يساوي 80 مرة ضعف الشمس زائد أو ناقص 13، وهكذا.

وفي كل الأحوال فإن ذنب الدجاجة يظل بعيدًا جدًّا، لكن لم، على كل هذه المسافة يظل ذنب الدجاجة لامعًا بهذا الشكل؟ نعرف مثلًا أن نجوم مثل الشعرى اليمانية أو ألفا قنطورس لامعة في سمائنا لأنها قريبة منا.



الإجابة في ضيائية هذا النجم فهو عملاق أبيض مزرق من الفئة الطيفية A2 Ia (لتعرف ماذا يعني ذلك راجع الفصل الخامس)، يلمع أشد من الشمس بما يتراوح بين 50 و200 ألف مرة، ويبلغ قطر هذا النجم قرابة 200 ضعف الشمس في بعض التقديرات، ما يعني أنه لو كانت الشمس نقطة ترسمها في مركز دائرة كبيرة نسبيًّا، لكان ذنب الدجاجة هو الدائرة! وبالتبعية، يمكن أن تفهم أن نجمًا من هذا النوع من النجوم يحرق وقوده بمعدل سريع، هو الآن نجم شاب بعمر 8 مليون سنة فقط، وما زالت لديه عدة من الملايين من السنوات لينفقها قبل أن ينفجر في صورة مستعر أعظم.

إذا وُضِع ذنب الدجاجة من الأرض مسافة مثل النسر الواقع (25 سنة ضوئية تقريبًا)، فسوف يلمع الذنب بقدر - 7.8، أي أكثر سطوعًا بـ 15 مرة من كوكب الزهرة في أفضل حالاته، وسيكون ساطعًا مثل الهلال، ويلقي بظلاله على الأرض، ويمكن رؤيته بسهولة في وضح النهار!

اللافت كذلك أن ذنب الدجاجة كان نجمًا قطبيًّا إلى حد ما، حيث وقع على بعد 7 درجات من القطب السماوي الشمالي منذ 18 ألف سنة، وسيكون كذلك مرة أخرى قرابة عام 9800 (راجع الفصل الثاني).

بقية المثلث

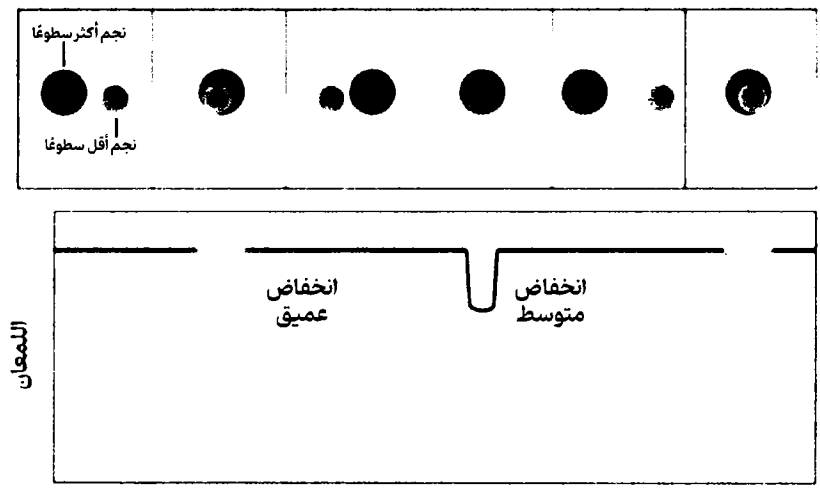
يشترك ذنب الدجاجة مع نجمي النسر الواقع (من كوكبة القيثارة) والنسر الطائر (من كوكبة العقاب) اللامعين في صناعة أهم ملامح فصل الصيف، وهو مثلث الصيف، ويضم هذا المثلث خلاله وفي محيطه مجموعة من الكوكبات الخافتة مثل الثعلب والدلفين والسهم وقطعة الفرس والترس، أما جنوبًا فننزل لنجد برج الجدي بشكل أساسي على دائرة البروج وإلى يمينه برج القوس، وإذا انخفضنا جنوبًا لوجدنا شكلًا متنوعًا من الكوكبات متوسطة اللمعان، منها الإكليل الجنوبي، والحوت الجنوبي والميكروسكوب، والهندي، والتلسكوب، والكركي.

يعد النسر الواقع خامس ألمع النجوم في سماء الليل، ولا يتفوق عليه سوى الشعرى اليمانية، وسهيل والسماك الرامح وألفا قنطورس، وهو نجم من نجوم التسلسل الرئيسي. يعزى بريقه جزئيًّا إلى قربه منا، حيث يقع على بعد 25 سنة ضوئية فقط، ولكنَّ هناك عاملًا آخر يساهم أيضًا في سطوع النسر الواقع، وهو أن النجم ببساطة يشع قدرًا كبيرًا من الطاقة، فرغم أنه يبلغ ضعف الشمس تقريبًا من حيث الكتلة ونصف القطر، فإنه يسطع بضيائية تعادل نحو 40 شمسًا، ولو قدر أن يكون نجمنا الرئيسي لكان الصباح أشد إشراقًا بنفس القدر! يُظهر النسر الواقع أيضًا انتفاخًا استوائيًّا واضحًا بحيث يمكن القول إنه تخلى عن شكل الكرة وأصبح بيضة! السبب في ذلك هو الدوران السريع للنجم.

ومثل نظامنا الشمسي، الذي يحوي حزام كويكبات وحزام كايبر من الأجسام الجليدية، يبدو أن النسر الواقع أيضًا يمتلك قرصًا من الحطام الصخري، وقد اكتشف تلسكوب سبيتزر الفضائي هذا القرص في نطاق الأشعة تحت الحمراء، التي تتمكن من رصد الإشعاعات منخفضة الحرارة.

جدير بالذكر أن بيتا القيثارة أو السلياق، في نفس الكوكبة والذي يقف قريبًا نسبيًّا من النسر الواقع، هو ثنائي كسوفي لكنه ليس من نفس نوع نجم الغول في الفرس الأعظم، بل هو النموذج الأولي لفئة مختلفة من الثنائيات الكسوفية سميت (متغيرات بيتا القيثارة)، أقصى لمعان ظاهري لهذا النجم يساوي 3.3، ويكون في هذه الحالة مساويًا تقريبًا لجاره جاما القيثارة (3.2). ومع ذلك، فإن لمعانه في تغير خلال دورة مدتها 12.9 يومًا، فينخفض إلى حد أدنى متوسط عند لمعان 3.8، وحد أدنى عميق عند لمعان 4.2.

والسبب هو أن السلياق يتكون من نجمين، غير متساويين إلى حد ما، وقريبين جدًّا من بعضهما بعضًا لدرجة أنهما يكادان يتلامسان، يحدث الحد الأدنى العميق عندما يكون النجم الأكثر سطوعًا منهما مخفيًّا بالرفيق الأقل سطوعًا، ويحدث الحد الأدنى المتوسط عندما يكون النجم الأقل سطوعًا هو الذي يتم تغطيته بالنجم الأكثر سطوعًا، ويكون النجم في ألمع حالاته حينما لا يخفي أحدهما الآخر، فيسطعان معًا كنجم واحد بالنسبة إلينا. من السهل متابعة هذه التقلبات بالعين المجردة إذا ما تدربت جيدًا على مقارنة لمعان النجوم.



أما النسر الطائر، على الجانب الآخر فيحتل الترتيب الثاني عشر لأكثر النجوم لمعانًا في سماء الليل وهو كذلك أحد أقرب النجوم إلى الأرض، حيث يبعد عن الأرض مسافة 16.7 سنة ضوئية فقط، ومثل رفيقيه السابقين لا يزال النسر الطائر في نطاق نجوم التسلسل الرئيسي، حيث لا يزال يحرق الهيدروجين في نواته، ويحتمل فريق من العلماء أن كلًّا من النسر الطائر وذنب الدجاجة قد يكونان في طريقهما إلى التحول إلى نجم شبه عملاق، المرحلة السابقة للنجم العملاق (أو العملاق الفائق) الأحمر. النسر الطائر كذلك من النجوم سريعة الدوران، حيث يتحرك حول نفسه بسرعة 290 كيلومترًا في الثانية تقريبًا.

وفي التراث العربي، كان كلٌّ من النسر الطائر والواقع مرتبطًا بالنجوم المجاورة لكل منهما، فإلى جانب النسر الواقع يوجد نجمان قريبان من بعضهما (إبسيلون وزيتا)، فيبدوان وبينهما النسر الواقع كنسر يضم جناحيه، ولا يضم النسر جناحية إلا في حالة السقوط للانقضاض على الفريسة على الأرض، أما النسر الطائر فيقف إلى جوار نجمين (جاما وبيتا)

يقفان على امتداد خط مستقيم معه، فيبدوان وبينهما النسر الطائر وكأنه نسر يفرد جناحيه محلقًا في الأعالي.

يعد «إيتا العقاب» أحد ألمع وأشهر المتغيرات القيفاوية في هذه الكوكبة، وقد تم اكتشاف تغيره بعد أسابيع قليلة فقط من اكتشاف «دلتا قيفاوس» النجم الرئيسي في هذه السلسلة. من السهل العثور عليه[1]، حيث إلى الجنوب من النجوم الثلاثة التي يعتبر النسر الطائر العضو المركزي فيها، يتغير النجم خلال فترة مدتها 7.2 يومًا.

وبالطبع من السهل متابعة تقلباته بالعين المجردة، حيث يتراوح التغير في لمعانه بين 3.5 و4.4، على مقربة منه تجد دلتا العقاب بلمعان 3.4 وثيتا العقاب في الجهة الأخرى بلمعان 3.2، ويمكن لك أن تستخدمهما لملاحظة التغير في لمعان النجم إيتا إلى الحد الأعلى، يمكنك أيضًا استخدام النجم يوتا القريب بلمعان 4.4 للمقارنة عندما يكون إيتا بالقرب من الحد الأدنى.

مرة أخرى، فالتعلم عن النجوم المتغيرة ومراقبة تغير لمعانها، وتدريب عينيك على هذه النوعية من المهارات الدقيقة، لهو شيء ممتع. استند دائمًا في تقديراتك للمعان نجم ما على نجمين إلى المقارنة على الأقل، أحدهما أضعف من المتغير والآخر أكثر سطوعًا. يُطلق على هذا «التصنيف» bracketing. وكلما اقتربت نجوم المقارنة من سطوع المتغير المستهدف، كان ذلك أفضل.

الآن دعنا ندرس لمعان النجم يوتا بطريقة تعلمناها في الفصل الرابع. أعطِ دلتا العقاب قيمة «1» ويوتا العقاب قيمة «5»، ثم قم بإجراء أرصاد كل ليلة صافية وشاهد ما يحدث، وسجل تقديرك للمعان إيتا على النحو التالي[2]:

1 - بنفس سطوع دلتا.

2 - أضعف قليلًا من دلتا.

3 - في منتصف الطريق بين دلتا ويوتا.

4 - أكثر سطوعًا قليلًا من يوتا.

5 - أضعف من يوتا.

أما بالأسفل في كوكبة الترس، يقع نجم متغير مثير للاهتمام وهو «آر الترس». في ذروته يمكن لهذا النجم أن يلمع ليصل إلى لمعان ظاهري 4.4، ولكن النطاق المعتاد له يتراوح من

(1) تجده بسهولة في الأطلس المرفق بالكتاب في الخريطة رقم 24.

(2) في هذه الحالة ستتمكن من مراقبة تغير اللمعان بدقة أكبر، لأنه لا يزيد أو ينقص فجأة، بل بالتدريج.

5.7 إلى 8.6 تقريبًا، يجعله ذلك نجمًا متغيرًا ممتازًا بالنسبة إلى نظارة معظمة أو تلسكوب صغير، وهو ينتمي إلى نوع نادر جدًّا من المتغيرات سُمي على اسم العضو الأول المكتشف من هذه الفئة، وهو «آر في الثوريات»، هذه النجوم عمالقة صفراء ضخمة، ذات حجم هائل، ولكن كتلة وكثافة منخفضتين، يتغير لمعان «آر الترس» في حدود 140 يومًا غالبًا، ولكن لمعانه قد ينخفض أو يرتفع في أي وقت، وهذا ما يجعله مثيرًا للاهتمام لمتابعته.

بغض النظر عن النوع، يتم دائمًا تصنيف النجوم المتغيرة حسب الكوكبة باستخدام الأحرف الكبيرة. يُطلق على أول متغير يتم اكتشافه في كوكبة «R»، والثاني «S»، ثم «T»، وهكذا. على سبيل المثال، كان R الإكليل الشمالي هو المتغير الأول الذي تم اكتشافه في كوكبة الإكليل الشمالي، في حين كان S الترس هو المتغير الثاني الذي تم اكتشافه في كوكبة الترس، وهكذا.

وبمجرد تصنيف المتغير التاسع في كوكبة معينة، والذي تتم الإشارة إليه بـ «Z»، يتم تحديد المتغير التالي بـ «RR»، يليه «RS» إلى «RZ»، ثم «SS» إلى «SZ»، وتستمر التسمية على هذا النحو حتى نصل إلى «ZZ». بعد ذلك، يتم تعيين «AA» إلى «AZ»، ثم «BB» إلى «BZ»، وهكذا. يستمر النظام، باستثناء «JJ» إلى «JZ»، حتى يتم استخدام «QZ».

باستخدام هذا النظام المربك، يمكن لعلماء الفلك تصنيف 334 نجمًا متغيرًا في كوكبة واحدة. قد يبدو هذا كافيًا لتغطية جميع المتغيرات في كوكبة ما، لكن بعض الكوكبات على طول التيار الرئيسي لمجرة درب التبانة تحوي المزيد. في هذه الحالات، يتم استخدام الأرقام بداية من 335 مسبوقة بحرف V كدلالة على variable أو متغير، فنقول مثلًا V335 قيفاوس، وتستمر الأرقام في التصاعد.

وقبل أن نترك كوكبة العقاب دعنا نتأمل نجمًا آخر لافتًا جدًّا للانتباه يمكن أن نسميه النجم «المهاجر»، وهو «رو العقاب»، الذي يقع في الحافة القصوى على حدود كوكبة العقاب مع كوكبة الدلفين (تجده في الأطلس الكبير المرفق بالكتاب في الخريطة رقم 27) ويبلغ قدره 4.9، ما يعني أنه على حافة قدرات العينين المجردتين، وهو نجم من النوع A ويعد وهو أكثر سطوعًا من الشمس بنحو 30 مرة، ويبعد عنا 166 سنة ضوئية.

يتحرك هذا النجم ببطء في السماء، مثله مثل بقية النجوم، بحيث يصعب علينا تحديد تلك الحركة لمئات أو ربما آلاف السنوات، ففي كل سنة يتحرك رو العقاب ما مقداره 0.06 من ثانية قوسية فقط في السماء، ولتقدير مساحة الحركة فقط تخيل أنك أمسكت بشعرة بشرية ومددتها أمامك بكلتا يديك، ونظرت إلى السماء، ما يمثله سمك هذه الشعرة هو قرابة ثانية قوسية كاملة.

لكن لأن رو العقاب يقف على الحدود بين كوكبتين، فإن تلك الحركة البطيئة قد نقلته بالفعل إلى داخل حدود الكوكبة المجاورة (الدلفين). لا يوجد أي نجم آخر يمكن رؤيته بالعين

المجردة من المقرر أن يهاجر من كوكبته في المستقبل القريب بسبب هذه الحركة الطبيعية، لكن النجم التالي سيكون جاما الإزميل، الذي يبلغ لمعانه 4.6، والذي سيعبر حدود كوكبة الحمامة المجاورة في حدود عام 2400.

ترتبط كوكبة الدلفين بعدة حكايات في الميثولوجيا القديمة، أشهرها أن بوسايدون أرسل الدلفين إلى أمفتيريت، واحدة من حوريات البحر، ليحضرها إليه لأنها رفضت تودده على العكس من أخواتها اللائي سعدن بذلك. نجم واحد هو ما يمتلك اسمًا عربيًّا في هذه الكوكبة، وهو الدلفين Aldulfin، والواقع أن العديد من الكوكبات الصغيرة المحيطة بمثلث الصيف قد امتلكت أسماء عربية لأهم نجومها، رغم أن بعض تلك الكوكبات لم تمتلك في التراث العربي حكاية (على حد علمنا) وكانت أجزاءً من قصص ذات علاقة بكوكبات أخرى.

على سبيل المثال، لا تمتلك كوكبة قطعة الفرس أي حكايات نعرفها في التراث العربي، لكن ألمع نجوم الكوكبة قد امتلك اسمًا عربيًّا وهو «قطعة الفرس»، وهي الترجمة العربية لاسم الكوكبة، وكما تلاحظ فإن الكتابة اللاتينية محرفة Kitalpha فقد أخذت جزءًا من الاسم (قطعة الفـ) وتركت البقية، والسبب عادة ما يكون خطأ حصل في أثناء النقل والترجمة من العربية للاتينية، ونفس الأمر ينطبق على كوكبة السهم، والتي لا تجد لنفسها جذرًا في التراث العربي القديم، لكن ألمع نجم بها هو سهم Sham.

تمرين للشغوفين

الآن دعنا ننزل قليلًا إلى كوكبة الجدي، ولا أريد هذه المرة أن أتحدث عن نجم مألوف أو أكرر حديثًا عن نجوم التسلسل الرئيسي، بل أريد أن أعرض عليك خطة من خطط الهواة المثيرة جدًّا للانتباه، وهي خطة لرصد (ومن ثم تصوير إن أمكن) الجرم المسمى PHL 1811، سيظهر في تلسكوب كبير كنجم عادي لكنه ليس كذلك. في الواقع، لقد كانت تسمية هذه الأجرام متعلقة بأنها تظهر في التلسكوبات كنجوم، لكنها لم تكن نجومًا قط!

الكوازار Quasar هو اختصار لاصطلاح «مصدر راديو شبه نجمي» quasi-stellar objects، لأن علماء الفلك حينما اكتشفوا هذه الأجرام لأول مرة في عام 1963 كانت أجسام نقطية في التلسكوبات، تشبه النجوم وتصدر موجات راديوية، الآن نعرف أنها نوى مجرات بعيدة جدًّا جدًّا (مليارات السنوات الضوئية). لا نرى بقية أجسام تلك المجرات بسبب المسافة، لكن تلك النوى ساطعة جدًّا بحيث يمكن لنا أن نراها، ليس فقط في تلسكوبات العلماء، بل أيضًا تلسكوبات الهواة.

تستضيف كل مجرة كبيرة تقريبًا ثقبًا أسود بكتلة ملايين إلى مليارات كتلة الشمس في مركزها، والعديد من هذه الثقوب السوداء خاملة، تكمن في الظلام تقريبًا مثل الرامي أ*. إلا أن

المادة (من غاز وغبار) تزدحم بزخم شديد حول بعض تلك الثقوب السوداء فائقة الكتلة، تدور تلك السحب الكثيفة من الغاز والغبار حول الثقب الأسود بسرعات هائلة تتراوح من 10% إلى أكثر من 80% من سرعة الضوء. الاحتكاك بين مكونات تلك السحب سريعة الحركة يولد الحرارة، ويصبح القرص ساخنًا جدًّا (ملايين الدرجات) لدرجة أنه يلمع بشدة، ويشع الضوء في نطاقات متنوعة من الطيف الكهرومغناطيسي.

يأتي الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية من القرص المتوهج من المواد المتساقطة في الثقب الأسود، بينما يتألق الغاز الأكثر سخونة فوق القرص في نطاق الأشعة السينية، وفي أثناء ذلك تنبعث نفاثات من المادة من أقطاب الثقب الأسود في نطاقات عدة من الموجات الراديوية إلى الأشعة السينية، أما بعيدًا عن الثقب الأسود، فيتوهج الغبار والغاز الغزير بأطوال موجية تحت الحمراء. في الواقع، يبلغ نصف قرص الكوازار الدوار بضعة أيام ضوئية في العادة، واليوم الضوئي هو المسافة التي يقطعها الضوء في يوم وتساوي 26 مليار كيلومتر.

وقد تسأل نفسك: لم لا توجد كوازارات في محيطنا ونراها فقط على مسافات بعيدة جدًّا؟

يعتقد العلماء أن السبب في ذلك أنها ظاهرة مرتبطة بالمراحل المبكرة من تطور المجرات، كانت الكوازارات أكثر شيوعًا في الكون المبكر، ويمكن ملاحظتها في المقام الأول عند انزياحات حمراء عالية (راجع الفصل السابق)، مما يعني أننا نراها كما كانت موجودة منذ مليارات السنين[1].

هذا مفهوم، ففي الكون المبكر كانت المجرات الصغيرة تحتوي على كميات وفيرة من الغاز يمكن أن تتدفق إلى مركز المجرة وتغذي الكوازار، كما شهدت هذه فترة تكوين المجرات عبر اصطدامات واندماجات متكررة، الأمر الذي يؤدي إلى تغذية الثقب الأسود المركزي بكميات هائلة من الغاز.

مع مرور الزمن ونمو المجرات، استهلك الكثير من هذا الغاز أو أنه قد استقر في صورة نجوم ناشئة، مما ترك وقودًا غير كافٍ لدعم نشاط الكوازار، فتوقف نشاطه. ولذا يمثل الكوازار مرحلة نشطة وجيزة في تطور الثقب الأسود المركزي للمجرة، تستمر لمدة 10 إلى 100 مليون سنة فقط. بعد ذلك، تنتقل المجرة إلى حالة أكثر هدوءًا، ويصبح الثقب الأسود أقل نشاطًا بكثير، وينبعث منه إشعاع ضعيف فقط[2].

---

(1) عادة ما ترصد الكوازارات بين قرابة 1 إلى 3 مليار سنة بعد الانفجار العظيم في المتوسط، وتنخفض أعداده كلما اقتربنا من الأرض، حيث يوجد أقرب كوازار نعرفه على بعد قرابة 600 مليون سنة ضوئية.

(2) هناك بعض الأدلة على أن الثقب الأسود المركزي لمجرة درب التبانة كان أكثر نشاطًا في الماضي، ولكن ليس إلى المستوى المتطرف الذي يصل إليه الكوازار.

الكوازارات هي إحدى فئات النوى المجرية النشطة التي تحدثنا عنها في الفصل التاسع، وتظهر أمثلة أخرى على النوى المجرية النشطة منخفضة السطوع، مثل مجرات سيفيرت والمجرات الراديوية، بعض الخصائص المشابهة للكوازارات، ولكن بمستوى طاقة أقل بكثير.

من خلال التلسكوب المتوسط إلى الكبير (8 إلى 14 بوصة وأكبر)، سيبدو الكوازار شبيهًا بالنجم، لأنه فقط نواة مجرة بعيدة جدًّا لا نرى جسدها، ولتحديدها بصريًّا، ستحتاج إلى معدات مناسبة في ظروف جوية ممتازة في موقع مظلم في السماء، كما تحتاج إلى استخدام أطالس أو برمجيات دقيقة لتحديد الكوازار بدقة، وتلك مهمة صعبة، لكنها ممكنة.

يقع الكوازار 4U 0241+61 في برج الحوت عند لمعان ظاهري 12.2، وهو بذلك يصبح في متناول تلسكوب متوسط. من ناحية أخرى، سيكون الكوازار 1422 B+231 في برج العواء عند لمعان 16.1 تحديًا كبيرًا لك كهاوٍ، أما الكوازار 3C 273 فمن الأفضل مشاهدته في أواخر أبريل في نصف الكرة الشمالي، وهو كوازار سهل نسبيًّا في برج العذراء، مع لمعان ظاهري يساوي 12.8، وهو ليس بعيدًا عن نجمي جاما وإيتا العذراء وهي نجوم لامعة نسبيًّا.

أما صديقنا المستهدف من كل ما سبق من حديث PHL 1811 في شمال شرق الجدي، فيقع تقريبًا في منتصف المسافة بين نجمي ذنب الجدي وسعد مالك، وهو من الكوازارات السهلة نسبيًّا كذلك. وفيما يلي تجد مجموعة من المقترحات للرصد والتصوير.

الكوازار	لمعان ظاهري	الكوكبة	مطلع مستقيم	ميل	المسافة (مليار سنة ضوئية)
4U 0241+61	12.2	الحوت	00 01	+00 06	0.6
3C 273	12.8	العذراء	12 30	+01 58	1.9
PHL 1811	13.9	الجدي	21 56	-09 18	2.2
Markarian 231	14.4	الدب الأكبر	12 57	+56 47	0.6
HS 1626+6433	15.9	التنين	16 27	+64 25	9.2
3C 48	16.2	المثلث	01 39	+33 15	3.7
QSO B 1422+231	16.1	العواء	14 25	+22 56	10.0

إذا نجحت في تلك المهمة وتمكنت من رؤية أي من هذه الأجرام العجيبة، فقط تذكر أنك في حضرة واحدة من حفريات الكون، الصور النشطة البعيدة جدًّا في الزمن والمكان لأشرس المجرات.

سديم الخاتم

الآن دعنا نبدأ في حديث عن أجرام مسييه في هذه اللوحة السماوية، وكما تلاحظ فهي زاخرة بالسدم والعناقيد النجمية، ببساطة لأن تلك هي إحدى شرائح حزام المجرة، الذي يبدو وكأنه سحابة دخانية تمشي في السماء بين الكوكبات وتكون أوضح ما تكون في الصيف بين كوكبتي القوس والعقرب. وهي ليست إلا أذرع مجرتنا درب التبانة حينما نراها من الجنب، لم أعط حزام المجرة الكثير من التفصيل في هذا الكتاب، لأنني كنت قد فعلت في كتاب السما.

دعنا نبدأ مع مسييه 57، وهو سديم الخاتم أو الحلقة، أحد أشهر أهداف هواة الفلك، بل ربما هو ثاني أشهر سديم في السماء بعد الجبَّار ملك الشتاء؛ فإلى جانب سهولة تحديد موضعه في السماء ليلًا، حيث يقع بين نجمي السلباق والسلحفاة في كوكبة القيثارة، يمكن لك عبر تلسكوب صغير رؤيته كغيمة دخان خفيفة باهتة تحتاج إلى بعض التركيز وتقع عند الحد الأقصى لقدرات تلسكوبك الصغير عند القدر 8.8، ويتضح هيكل السديم بشكل أفضل مع تلسكوب متوسط، فيظهر كخاتم دائري مكون من سحب داكنة تحيط بمنطقة باهتة.

يرجع تاريخ رصد سديم الخاتم إلى القرن الثامن عشر، حيث لاحظ تشارلز مسييه غيمة حلقية بين النجمي بيتا وجاما القيثارة بينما كان يبحث عن «مذنب بودي»، فأضافها إلى قائمته الشهيرة التي نتعلم عنها بدرجة من التفصيل في هذا الكتاب. فيما بعد، وخلال الفترة نفسها تقريبًا، كان فلكي فرنسي آخر وهو أنتوان داركي دي بيليبوا قد رصد الشيء نفسه وقال عنه إنه «بحجم المشتري، ويشبه كوكبا باهتا»، ربما لذلك السبب أعطى الفلكيون قديمًا لقب «السدم الكوكبة» (Planetary Nebula) على تلك الأنواع من السدم، فقد كان البعض وقتها يظن أنها كواكب.

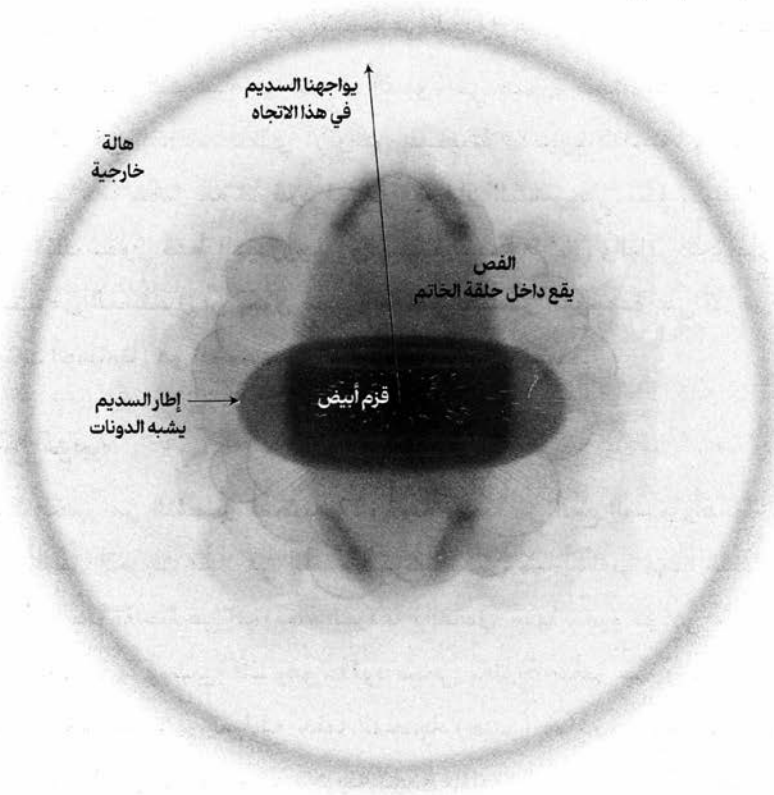
السدم في الأساس هي تجمعات للغاز والغبار البين-نجمي وتتخذ أشكالًا مختلفة، ولها أكثر من نوع كما أسلفنا، السديم الكوكبي تحديدًا تكوَّن حينما نفض عملاق أحمر عن نفسه أغلفته الخارجية في شكل رياح نجمية عاتية بنهاية عمره، ثم أبقى في منتصف تلك الغيمة الملونة قزمًا صغيرًا أبيض تحيط به السحابة الضخمة، ذلك هو نفس مصير النجوم المتوسطة كالشمس، والتي سوف تتضخم بعد خمسة مليارات من الأعوام فيصل حجمها إلى مدار الأرض الآن.

انطلقت تلك السحب الخاصة بسديم الخاتم في كل الاتجاهات آلاف السنوات لتصنع ما نراه الآن بعرض سنة ضوئية واحدة، أي تقريبًا بعرض مجموعة شمسية كاملة بحدود سحابة أوورت، هل تتخيل تلك المساحة؟ نحن هنا نتحدث عن قرابة عشرة تريليونات من الكيلومترات، وهو ما زال إلى الآن يتوسَّع بمعدَّل 69 ألف كيلومتر في الساعة، ما يعني أنه

يتمدد بمعدل ثانية قوسية واحدة كل مئة عام، ويعني ذلك أيضا أن خفوته يزداد بسبب تمدده، حيث لا تستمر السدم الكوكبية كثيرًا، فهي كما قلنا عبارة عن أغلفة نجم ما تنتفض وتندفع للخارج بسرعات مهولة، يعني ذلك أنها في مرحلة ما سوف تنتشر بالكامل في الفضاء البين-نجمي تاركة القزم الأبيض في المنتصف، كما أن هذا النجم نفسه سوف تتوقف التفاعلات فيه في النهاية، وبذلك سوف يتوقف عن إصدار الأشعة التي بدورها تضيء سحابة السديم فنراه من على الأرض.

منذ اللحظة الأولى التي وجهت فيها عدسات تلسكوب هابل إلى هذا السديم سنة 2002، لفت انتباه العلماء والهواة على حد سواء، فقد ظهرت السحابة الخاصة به بلون أزرق في المنتصف ثم مائل للحمرة على الحلقة الدائرية، تلك الألوان في السحابة هي ذرَّات متأينة بسبب الإشعاع الصادر من القزم الأبيض الذي يقع منتصف السديم، فمثلًا اللون الأزرق الداكن قليلًا في الدائرة التي تقع منتصف السديم يشير إلى وجود الهيليوم المتأين، أما الأزرق السماوي في الحلقة الداخلية فيشير إلى وجود الأكسجين والهيدروجين، أما المائل للأحمر في الحلقة الخارجية فيشير إلى وجود الكبريت والنيتروجين.

في مايو 2013 أطلق هابل صورة جديدة متعددة النطاقات الكهرومغناطيسية للسديم (تلاحظها في اللوحة الكبيرة مع الكتاب)، مكننا ذلك من الحصول على تصميم دقيق ثلاثي البعد لهذا الكيان هائل الضخامة، حيث اكتشفنا أن الحلقة الرئيسة البرتقالية في سديم الخاتم لا تشبه الفطيرة أو الكعكة وإنما نشبه قطعة الدونات، وظهر أن المنطقة الزرقاء في منتصف السديم هي فص أو فقاعة ضخمة. مرة أخرى، يتمكن العلماء عبر دراسة السدم في نطاقات متعددة من الطيف الكهرومغناطيسي من تشريحها في شكل ثلاثي البعد (راجع الفصل التاسع للمزيد عن هذا الأمر).



هناك عدة أسباب تجعل من السدم الكوكبية كـ «الخاتم» مناطق مميزة من سماء الليل، فإلى جانب أنها أسهل السدم في التصوير، وأكثرها لمعانًا وروعة، ولذلك فهي معشوقة هواة الفلك في كل مكان بالعالم، لكنها تعد ذات أهمية خاصة لسبب آخر له علاقة بما تطلقه في الفضاء من عناصر كيميائية مهمة، فكما قلنا إنها تتمدد في الفضاء البين نجمي، في أثناء ذلك قد تُستخدم العناصر الخارجة منها كالكربون، والكالسيوم، والأكسجين في بناء نجوم جديدة، أو ربما كواكب صالحة للحياة حول نجوم أخرى، من الموت إذن قد تخرج الحياة!

دعني الآن أتوقف قليلًا وأتحدث عن أحد أشهر اقتباسات الفلكي الكبير كارل ساجان، يقول فيه: «الكون موجود بداخلنا. نحن مصنوعون من مادة النجوم»، ويضيف في اقتباس آخر «النيتروجين في الحمض النووي الخاص بنا، الكالسيوم في أسناننا، الحديد في دمائنا، الكربون في فطائر التفَّاح، كل ذلك صُنع في قلب النجوم المنهارة».

نعرف أن الاندماج النووي في باطن النجوم هو الأساس لنشأة العناصر، حيث تدمج ذرات الهيدروجين لتصنع الهيليوم، ومع نفاذ الهيدروجين يبدأ النجم في دمج الهيليوم، وهنا تظهر

عناصر جديدة تولد في باطن النجوم مثل الأكسجين والكربون والنيتروجين، وكلما كان النجم أضخم وأثقل، سمح ذلك ببناء عناصر متقدمة في الجدول الدوري وصولًا إلى الحديد.

وفي حالة السدم الكوكبية، أو انفجار النجوم في صورة مستعرات عظمى، فإن تلك العناصر تنتشر في الفضاء، لتغذي الأقراص المحيطة بالنجوم الناشئة، وربما تدخل في تركيب كواكبها كما حصل مع الأرض. في الواقع، فإن الشمس هي نجم متوسط العمر، ما زالت شابة لذلك تحوي فقط الهيدروجين والهيليوم بنسبة 99%، والباقي للعناصر الأخرى. لهذا السبب، من المستحيل أن يكون مصدر معظم العناصر الموجودة على الأرض (بما في ذلك مكونات أجسامنا) هو الشمس، لقد جاءتنا من مصادر بعيدة.

حبة ملح كونية

أعطيت الكثير من التفصيل لمسييه 57، كونه واحدًا من ألمع السدم وأهمها، كما أنني أحببت أن أفصِّل الحديث قليلًا في السدم الكوكبية، لكن كما أسلفت فهذه المنطقة زاخرة بأجرام مسييه كما تلاحظ في الخريطة المرفقة بالفصل، منها سديم كوكبي آخر هو مسييه 27 أو «سديم دمبل»، ومسييه 29 وهو عنقود نجمي مفتوح صغير جدًّا ومشرق من النجوم يقع جنوب النجم المركزي الساطع جاما الدجاجة (صدر) مباشرة، ويعد جزءًا من تجمع «الدجاجة أو بي 1»، والذي يشبه في تكوينه تجمع «الثور-الجبار ر1»، الذي تحدثنا عنه في الفصل السادس، مع عدة فروق طبعًا.

أما لو قررت تأمل كوكبة القوس بالأسفل للاحظت أنها زاخرة بالعناقيد النجمية الكروية، مثل مسييه 22 ومسييه 23 ومسييه 54 ومسييه 55 ومسييه 69 ومسييه 70. تحوي كوكبة القوس تركيزًا عاليًا من العناقيد الكروية بسبب موقعها، في اتجاه مركز المجرة، الجزء الأكثر كثافة في مجرة درب التبانة وفي مركزه يوجد الرامي أ*. تحتوي منطقة الانتفاخ المجري (المنطقة المحيطة بمركز المجرة) على تركيز مرتفع نسبيًّا من النجوم القديمة والأنظمة النجمية، بما في ذلك العديد من العناقيد الكروية[1].

من جانب آخر، فإن تلك المنطقة تحوي مجرة القوس القزمة الكروية (SagDEG)، وهي مجرة كروية صغيرة تابعة لدرب التبانة (نتحدث عن الأمر بتفصيل أكبر في الفصل السادس عشر)، وتندمج حاليًّا معها في اتجاه كوكبة القوس، وتم اكتشافها مؤخرًا نسبيًّا، في عام

(1) لكن بشكل عام، تتوزع العناقيد الكروية في الهالة المجرية ولا تقتصر على مركز مجرة درب التبانة، وقد فصلت هذا الأمر بشكل أفضل في الفصل الثاني عشر.

1994 بواسطة رودريجو إيباتا وزملائه من جامعة كامبردج، باستخدام تلسكوب شميدت البريطاني من خلال تحليل توزيع النجوم في هالة درب التبانة.

مجرة القوس القزمة الكروية غير مرئية مباشرة في التلسكوب، وعلى الرغم من أن لمعانها الكلي 4.5 وقطرها الظاهري 7.5 درجات في السماء[1]، إنها تقع على الجانب البعيد من قلب مجرتنا، وتتشابك مع سحب النجوم الخاصة بمجرتنا ويصعب تمييزها حتى بالنسبة إلى المحترفين، إلا أن هذه المجرة تحوي أربعة عناقيد كروية في جسمها الرئيسي وألمعها هو مسييه 54، وهو هدف تلسكوبي سهل، وحينما تتأمل هذا العنقود فيما بعد بتلسكوب صغير، فقط تذكر أنك تتأمل مجرة أخرى غير مجرتنا!

يبلغ قطر هذه المجرة القزمة قرابة 10 آلاف سنة ضوئية (أي عشر قطر مجرتنا تقريبًا)، وهي حاليًّا تبعد قرابة 85 ألف سنة ضوئية عن الأرض، وتسافر في مدار قطبي[2] على مسافة قرابة 50 سنة ضوئية من قلب مجرتنا.

خلال عدة مئات من الملايين من السنوات، ستكون المجرة قد أتمت اندماجها مع المجرة الأم (درب التبانة)، وامتصتها الأخيرة تمامًا، ولم يتبقَّ منها شيء سوى حركة نجومها، التي ستظل دليلًا على أنه كانت هنا يومًا ما مجرة صغيرة، لكنها فنت في مجرتنا، كما تفنى حبات من الملح في البحر الواسع!

---

(1) إذا مددت يديك للأعلى ورفعت إصبعك الصغرى فهي تغطي درجة كاملة.

(2) مدار يمر أسفل قطب مجرة درب التبانة، عند كوكبة القوس.

الفصل الخامس عشر

خمسة في المئة

مكتبة
t.me/soramnqraa

في المرحلة الابتدائية نتعلم أن كل شيء يتكون من ذرات، قد تبدو لك معلومة بسيطة فقد تعودت عليها فأصبحت أقرب إلى البديهة، بل إن الفيزيائي واسع الشهرة والحاصل على نوبل ريتشارد فاينمان، في مقدمة محاضراته الشهيرة وهي تتكون من ثلاث مجلدات، يقول إنه إذا حدثت كارثة عظيمة لكوكب الأرض هددت بفناء بني جنسنا وكان مقدر لجملة واحدة فقط أن تبقى، فهي تلك المعلومة البسيطة؛ أن كل شيء يتكون من ذرات.

لدى فاينمان حجة وجيهة، فقد أخذت تلك الجملة من تاريخنا البشري آلاف السنوات، بدايةً من عهد ديمقريطس، الفيلسوف الذي عاش بمدينة أبديرة اليونانية قبل أكثر من ألفي وخمسمائة سنة، حتى وصلنا إلى نموذج الكيميائي بريطاني جوان دالتون واضع النظرية الذرية الحديثة المسماة باسمه، لكن في تلك النقطة ربما تسأل: لمَ أخذنا كل ذلك الوقت للقول إن هناك ذرات؟

ببساطة، لأن الذرات صغيرة إلى درجة السخافة التي لا تُصدق بسهولة، في النفس الواحد مثلًا تقوم رئتاك بسحب مليون مليار مليار ذرة أكسجين، بل إن سمك شعرة واحدة من رأسك يساوي ما مقداره 500 ألف ذرة كربون متجاورة.

مادة مظلمة

إلى هذا الحد فإن كل شيء مدهش حقًّا إلا أنه مقبول على الأقل، لكن فيرا روبين كوبر، عالمة الفلك الأمريكية، اكتشفت في الستينيات من القرن الفائت شيء غير هذه الجملة تمامًا، فبدلًا من «كل شيء يتكون من ذرات» أصبحت «كل شيء نعرفه يتكون من ذرات».

خلال عملها في معهد كارنيجي بولاية واشنطن، تقدَّمت روبين بطلب لاستخدام تلسكوبات مرصد بالومار الذي يقع على قمة عالية يبلغ ارتفاعها أكثر من كيلومتر ونصف متر تبعد عن ولاية سان ديغو بنحو 80 كيلومترًا، وهناك راقبت عددًا من المجرات على رأسها «المرأة المسلسلة» جارة مجرتنا، لتكتشف شيئًا يناقض تمامًا ما نعرفه عن دوران النجوم حول مركز المجرة.

تقول قوانين نيوتن إن الأجرام التي تدور حول مركز ما (في مجموعة شمسية مثلًا أو مجرة) عادة ما تكون أسرع كلما اقتربنا من المركز، وهذا مفهوم، فالنجوم القريبة لمركز المجرة مثلًا تدور بسرعة لكي تلافي أثر الجذب الشديد هناك فلا تسقط في المركز، أما النجوم في أطراف المجرات فمن المفترض أن تكون أبطأ، لأن الجاذبية في تلك المنطقة البعيدة عن مركز المجرة تكون أضعف. لو كانت تلك النجوم في أطراف المجرات تدور بسرعة كبيرة، لأفلتت من المجرة أصلًا ومضت في الفضاء بلا عائق.

لكن كوبر اكتشفت شيئًا غريبًا، وهو أن النجوم والسحب الجزيئية في أطراف المرأة المسلسلة لم تكن أبطأ، بل كانت سرعتها مساوية تقريبًا لتلك التي تدور حول المركز، كررت كوبر تجاربها مع أكثر من مجرة وفي أكثر من مرصد، وكانت النتائج واحدة، هذه النجوم في أطراف المجرات لا بد أن تفلت منها مع هذه السرعة الكبيرة، إلا أنها -لسبب ما- لا تفعل!

إلى الآن، لا أحد يعرف بالضبط هذا السبب، لكن التصور السائد حاليًّا في مجتمع الفيزياء يقول إن هناك ما يسمى بالمادة المظلمة، وهي كيان يغلف المجرات ويمنع نجوم أطرافها من الهروب، لا نعرف الكثير عن المادة المظلمة ومن تلك النقطة بالأساس ظهر اسمها، فالظلام هنا لا يعني أنها سوداء اللون، بل يعني جهلنا بطبيعتها، فنحن نلاحظ فقط أثرها على محيطها.

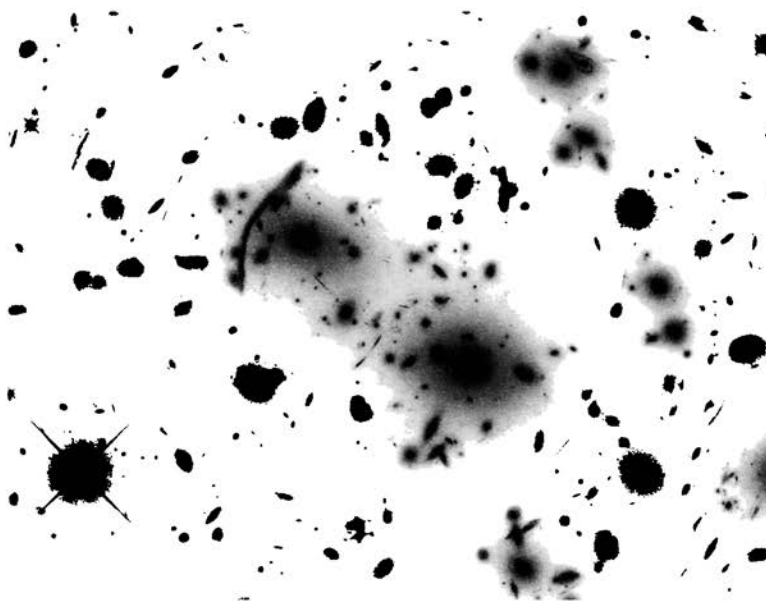
عناقيد المجرات الهائلة

أشهر الأمثلة لشرح تلك النقطة هو عنقود كوما المجري، وهو تجمع لأكثر من مئة مجرة توجد على مسافة 336 مليون سنة ضوئية من الأرض، حينما قام العلماء بحصر المجرات المرئية في العنقود ثم قاموا بتقدير كتلها بناءً على سطوعها، ثم رصدوا حركات المجرات بالقرب من حافة العنقود، والتي تحددها الجاذبية الكلية للعنقود والتي تتحدد بناءً على كتلة مجراته مجتمعة، ووجدوا أن حركة المجرات تشير إلى وجود كتلة إضافية موجودة لكننا لا نراها ولم تحسبها الأرصاد!

لفهم الفكرة دعنا نضرب مثالًا افتراضيًّا، تخيل أننا وضعنا تفاحة واحدة في إحدى كفتي ميزان، بالطبع سنتوقع أننا إذا وضعنا ثقلًا وزنه 1 كيلوجرام في الكفة الأخرى فإن هذه الكفة

الأخرى ستزن أكثر من كفة التفاحة، لكن ماذا لو لم يحدث شيء وما زالت كفة التفاحة هي الأثقل؟ هنا سنضع ثقلًا إضافيًّا بوزن 2 كيلوجرام مثلًا، لكن ماذا لو أن الميزان لم يتحرك وما زالت التفاحة أثقل؟ هنا بالتأكيد ستقول إن هناك شيئًا غريبًا يحدث، لا بد أن هناك شيئًا ما لا تراه يوجد مع التفاحة في هذه الكفة يجعلها وهي صغيرة إلى هذا الحد تزن أكثر من ثلاثة كيلوجرامات! هذا هو بالضبط ما يرصده العلماء كلما راقبوا حركة المجرات في التجمعات المجرية، حيث يبدو أن تلك الحركة تشير إلى وجود تجمع مجري هائل جدًّا، لكننا لا نرى ذلك حينما نرصده بالتلسكوبات.

يظهر نفس السلوك حينما يدرس العلماء ظاهرة تسمى «عدسة الجاذبية»، وقد تحدثنا عنها في الفصل الثاني عشر، لفهم الأمر دعنا نحضر عدسة محدبة وننظر من خلالها، سوف نرى الأشياء في الخلفية بصورة مشوهة ومكبرة، ذلك لأن الضوء يمر خلال أطراف العدسة وينكسر إلينا بطريقة تشوه وتكبر ما يقع خلفها.



بالنسبة إلى علم الكونيات، فإن الشيء ذاته يحدث، حيث تتوقع النظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين أن شعاع الضوء سوف ينحني بتأثير كتلة النجوم والمجرات في الفضاء، وحينما تكون كتلة تلك المادة هائلة مثل تجمعات المجرات الضخمة فإن ما يقع في خلفيتها يظهر مكبرًا ومشوهًا بصورة واضحة تتناسب مع تلك الكتلة، بالضبط كما يحدث مع العدسة (لاحظ التشوه في الصورة المرفقة من مرصد هابل).

لكن حينما قام فريق دولي من العلماء في عام 2004 برصد التشوهات التي تحيط بتجمع مجري يقع على مسافة 3.7 مليار سنة ضوئية ويسمى «عنقود الطلقة المجري»، وجدوا -مرة أخرى- أن تلك التشوهات تتناسب مع كتلة أكبر بكثير من كتلة المجرات التي ترصدها التلسكوبات، يعني ذلك أن هناك كتلة إضافية غير مرئية توجد هناك، لا نعرف عنها أي شيء بعد سوى أثرها الجذبوي على محيطها.

كشفت حسابات العلماء، بعد تقدير الفارق بين الكتلة المنظورة والكتلة التي تُحسب من التشوهات وسرعات المجرات، أن كتلة تلك المادة المظلمة تفوق كتلة المادة التي نعرفها بأكثر من خمسة أضعاف.

فجر الكون مرة أخرى

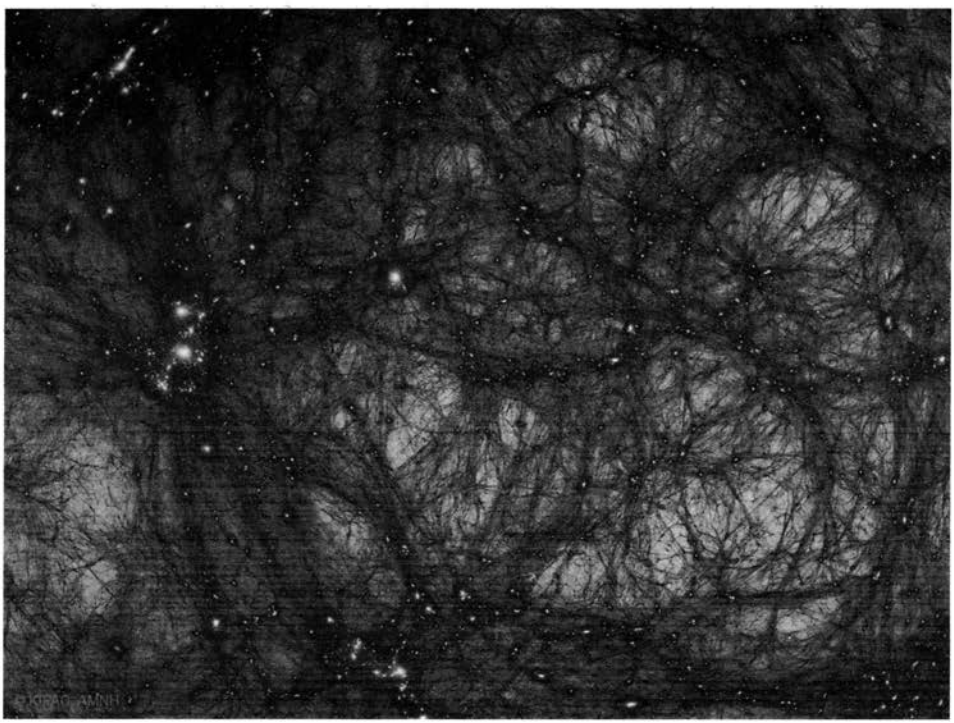
خلال الفصل الثالث عشر تحدثنا معًا عن فجر الكون، تلك الفترة التي نشأت خلالها المجرات الأولى ومن قبلها أول النجوم العملاقة، لكننا عن عمد أغفلنا شيئًا وهو الدور الذي لعبته المادة المظلمة في تشكيل بنية وتطور الكون المبكر، حيث يعتقد العلماء أنها عملت كدعامة لبناء، ليس فقط المجرات الأولى، ولكن الهياكل الكونية الأكبر (عناقيد المجرات وصولًا إلى الشبكة الكونية).

ويجري السيناريو كالتالي: بعد الانفجار العظيم، كان الكون في الغالب عبارة عن حساء ساخن وكثيف من نوعين من المادة وليس نوع واحد، الأول هو المادة العادية (البروتونات والنيوترونات والإلكترونات) والثاني هو المادة المظلمة.

بدأت المادة المظلمة في التكتل فورًا، تقريبًا بعد الانفجار العظيم مباشرة، قبل وقت طويل نسبيًّا من تمكن المادة العادية من القيام بذلك، شكل هذا التكتل المبكر مناطق كثيفة تسمى «هالات المادة المظلمة»، والتي عملت كآبار جاذبية، أي أنها تجذب المادة العادية المحيطة وتجمِّعها في مركزها. وبعد أن بدأت المادة العادية في التكدس والتجمع بتأثير هالات المادة المظلمة، بدأت المجرات البدائية الأولى في التشكل.

شكلت المادة المظلمة هالة حول كل سحابة غازية مكدسة، وقد وفر هذا بنية حماية أو قل إنه درع يعمل على استقرار السحابة ضد الاضطرابات، مما يسمح لها بالتبريد والانكماش بشكل أكبر، الأمر الذي سمح مع الزمن بنشأة النجوم الأولى (جمهرة النجوم الثالثة). ومن دون المادة المظلمة، كان تكوين هذه النجوم المبكرة ليكون أقل كفاءة بكثير لأن الغاز لم يكن ليتمكن من التجمع في مناطق عالية الكثافة.

بعد ذلك، نما الكون بطريقة هرمية كما أسلفت، حيث اندمجت الهياكل الأصغر لتكوين هياكل أكبر، وفي هذا السياق كانت هالات المادة المظلمة المبكرة صغيرة (لكنها تظل أكبر من المادة العادية بفارق كبير)، ثم بدأت هذه الهالات، التي تستضيف مجرات بدائية صغيرة، في الاندماج تحت تأثير الجاذبية لتكوين هالات أكبر وأضخم، والتي اجتذبت المزيد من الغاز وشكلت مجرات أكبر داخلها. وعلى مدى مليارات السنين، استمر اندماج هالات المادة المظلمة على نطاقات أكبر، مما أدى إلى تكوين مجموعات وعناقيد مجرات فائقة.



يمتد تأثير المادة المظلمة إذن إلى ما هو أبعد من المجرات الفردية، حيث شكلت هالات المادة المظلمة المتصلة خيوط الشبكة الكونية، وهي ليست إلا نقاط تقاطع وسريان خيوط أضخم من المادة المظلمة. في التصميم المرفق من متحف التاريخ الطبيعي الأمريكي، تجد تصور العلماء لخيوط المادة المظلمة التي تحتضن داخلها خيوط المجرات الصانعة للشبكة الكونية، لاحظ فارق الحجم.

لكن هنا قد تسأل: لمَ استحضرنا المادة المظلمة في هذه النقطة التاريخية الحاسمة؟ الإجابة هي أنه في الكون المبكر، كان الغاز ساخنًا ومتأينًا، وكانت قوى الضغط الإشعاعي

مرتفعة جدًّا بشكل يجعله من الصعب على المادة العادية أن تنكمش إلى هياكل كثيفة، وكانت تلك هي مشكلة تواجه العلماء في أثناء محاولاتهم لفهم كيفية نشوء النجوم ومن ثم المجرات، لكن لأن المادة المظلمة تتفاعل فقط من خلال الجاذبية، ولا تتأثر بالإشعاع أو التفاعلات الكيميائية، فإن ذلك جعلها مستقرة ضد قوى الضغط هذه، وبالتالي فإنه من دون المادة المظلمة، كان الغاز الساخن في الكون المبكر ليقاوم الانهيار لفترة أطول، مما يؤخر تكوين المجرات والنجوم بشكل يتعارض مع ما يرصده العلماء حاليًّا.

ومثلما تتكون المادة العادية التي نعرفها من جسيمات[1]، يعتقد أغلب العلماء في هذا النطاق أن المادة المظلمة تتكون من جسيمات مختلفة عن تلك التي نعرفها، المرشحون الرئيسيون لتكوين المادة المظلمة هي جسيمات افتراضية تعرف باسم «الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل» (WIMPs)، والتي يُعتقد أن كتلتها تتراوح بين عشرة إلى مئة ضعف كتلة البروتون. ومع ذلك، فإن تفاعلاتها مع المادة العادية ضعيفة جدًّا جدًّا. هناك مرشحات أخرى كمكونات أساسية للمادة المظلمة مثل النيوترينو العقيم (وهو نوع رابع من النيوترينو لا يتفاعل مع المادة العادية إلا من خلال الجاذبية) والأكسيونات، ولكن إلى الآن لم يجد العلماء أثر لهذه الجسيمات التي يفترض أنها تكون المادة المظلمة.

طاقة مظلمة

تخيل مثلًا أنك تمشي وحيدًا في شارع ما، لكنك فجأة شعرت بالشد أو الدفع، لكنك لا ترى أي شيء، هنا ستتصور أن هناك شيئًا ما «خفي» هو ما فعل ذلك، بالطبع بعدها سوف تهرب فورًا ظنًّا منك أن «عفريت» هو ما فعل ذلك. بالنسبة إلى علم الكونيات، فإن هذا العفريت هو «المادة المظلمة»، فنحن نلاحظ أثرها على محيطها، لكننا لا نراها، نفس التشبيه كذلك يجري على اصطلاح آخر هو «الطاقة المظلمة».

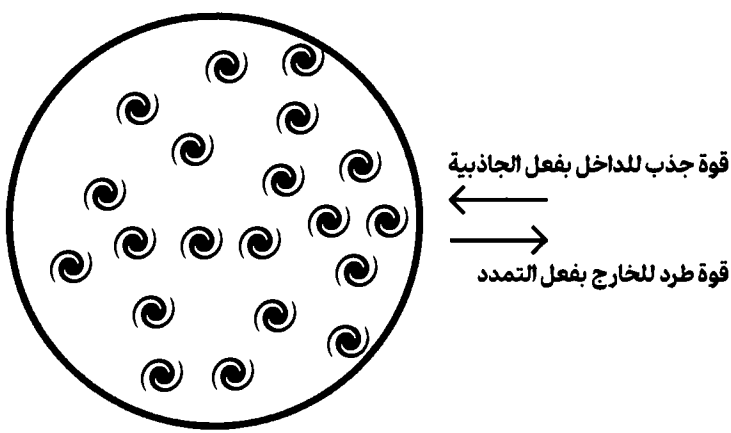
لفهم الأمر نحتاج إلى أن نعود بالزمن إلى نقطة انطلاق علم الكونيات المعاصر، إنها نظرية ألبرت أينشتاين، وكانت المشكلة ببساطة أنه بعد أن صاغ النسبية العامة، نجد أنه حينما نقوم بتطبيقها على الكون ككل فإنه لا يمكن لهذا الكون أن يكون مستقرًّا ثابتًا في الحجم، بل سوف يستمر في التمدد أو ينكمش على ذاته، وكان أينشتاين مقتنعًا أن ذلك غير ممكن، فربما هو خلل حسابي ما يجب ضبطه، فأضاف إلى معادلاته ما يُعرف بـ «الثابت الكوني».

(1) الذرات، التي تتكون من إلكترونات تدور حول نواة تحوي بروتونات ونيوترونات، ويتكون كل منها من كواركات

والثابت الكوني هو رقم، استخدمه أينشتاين لضبط معادلاته بحيث تسمح بوجود كون ثابت، يشبه الأمر -ليس بالضبط، ولكن فقط للتقريب- أن تستعين بجهاز ليمنع باب المحل الخاص بك من أن يستمر مفتوحًا للداخل أو الخارج، فإذا دفعه أحدهم أو جذبه في أثناء الدخول أو الخروج سوف يعيده هذا الجهاز المثبت بالأعلى إلى نقطة استقرار ثابته. الثابت الكوني يفعل نفس الشيء، فهو يمنع الكون من التمدد أو الانكماش.

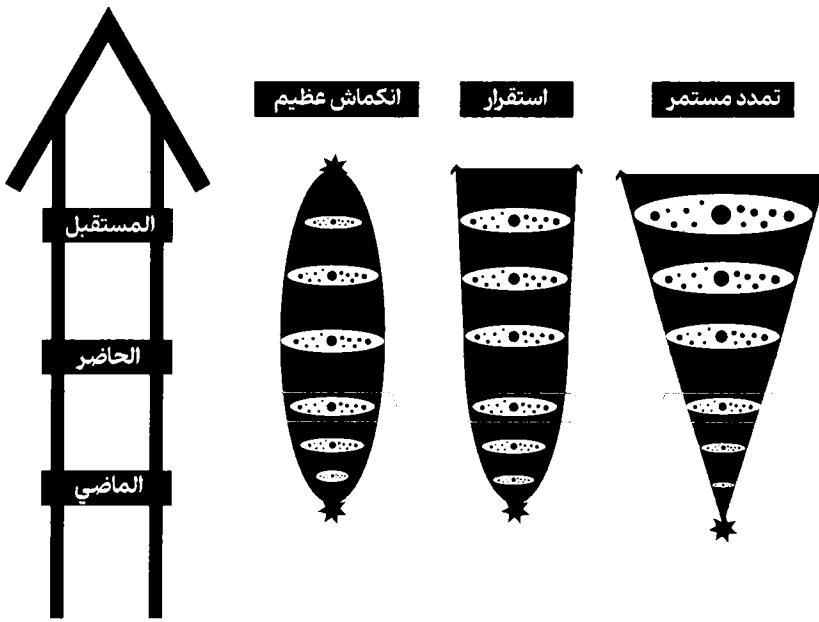
الآن نصل إلى المرحلة التي يظهر فيها إدوين هابل ليؤكد أن الكون يتوسع، وهنا يعلن أينشتاين أنه أخطأ، ويظهر تساؤل جديد ليطرح نفسه أمام فيزيائي الكونيات: إذا كان الكون يتمدد متوسعًا، فما مصيره النهائي؟

في تلك النقطة دعنا نتأمل مثالًا شهيرًا، الآن أنت تقف على الأرض وفي يدك ثمرة برتقال، حينما تلقي بها إلى الأعلى سترتفع بسرعة لكنها سوف تتباطأ شيئًا فشيئًا حتى تقف، ثم تعود إليك مرة أخرى، كلما قذفت البرتقالة بسرعة أكبر ارتفعت أكثر، لكن لو دفعتها بسرعة 11 كيلومترًا في الثانية تقريبًا، فإنها ستفلت من مجال الجاذبية الأرضية وتهرب إلى الفضاء (هذا ما تفعله الصواريخ)، وتسمى تلك السرعة «بسرعة الإفلات».



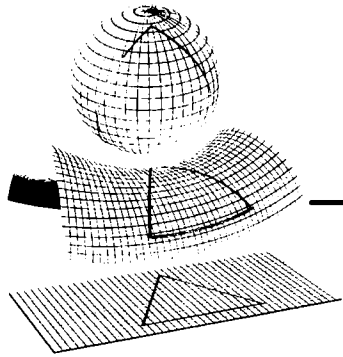
يمكن تطبيق نفس الفكرة على الكون ككل، فالكون به مادة توجد في المجرات التي تجري مبتعدة عن بعضها بعضًا في أثناء توسع الكون، لكن هناك قوَّتين تتحكمان في هذا التمدد، قوة طرد اكتسبتها المجرات بفعل الانفجار العظيم فدفعتها إلى التمدد والتوسع، وقوة شد بسبب جاذبية محيطها من المجرات لها، فمن سيكسب في هذا السباق؟ توصل العلماء إلى أن هناك 3 احتمالات لمصير هذا الكون.

- **الأول:** أن تكون قوة التمدد أكبر من قوة الجذب، الكون (كالبرتقالة) سوف يفلت من قوة جذب مجراته، يعني ذلك أن الكون سوف يستمر في التوسع إلى الأبد.
- **الثاني:** أن تكون قوة التمدد مساوية لقوة الجذب، يعني ذلك أن الكون سوف يتوقف عن التمدد. ويستقر.
- **الثالث:** أن تكون قوة التمدد أقل من قوة الجذب، هنا تكسب الجاذبية المعركة، فيرتد الكون على نفسه لينكمش فيما نسميه «الانكماش العظيم».



استطاع ألكسندر فريدمان في العشرينيات من القرن الفائت، عبر حل معادلات النسبية العامة لألبرت أينشتاين، أن يضع نموذجًا يمكن من خلاله وصف تلك الفكرة البسيطة التي عرضتها قبل قليل عن نمو الكون نحو مصير محدد من ثلاثة، لكن طبعًا مع تعقيدات رياضياتية كثيرة ومملة تملأ عشرات الصفحات، وتوصل إلى أنه من المفترض أن يستمر الكون في التمدد، حيث إن كثافة المجرات في الكون ليست بالقدر الذي يمكن أن يساعد على جذب الكون إلى الداخل مرة أخرى، ما يعني أن الكون قد تجاوز سرعة الإفلات.

لكن هنا تظهر مشكلة أخرى، حيث تتوقع معادلة فريدمان أنه لو كان الكون سيتمدد، لن يتخذ شكلًا مسطَّحًا، وهذا لم يحدث قط!



كون محدب

كون على شكل قطع زائد

كون مسطّح

في تلك النقطة يجب أن نشحذ تركيزنا قليلًا لأننا، كالعادة، سوف نتحدث عن أبعاد أكثر من التي نعرفها، لنفترض أن هناك مثلثين، أحدهما مرسوم على ورقة مسطَّحة، والآخر مرسوم على كرة، مجموع زوايا المثلث الأول هو كما علمتنا الهندسة الإقليدية 180 درجة، أما الآخر فمجموع زواياه أكبر من 180 درجة، أما لو رسمنا نفس المثلث لكن على شكل قطع زائد (يشبه سرج حصان) فإن مجموع زواياه يكون أقل من 180 درجة، وهنا يمكن القول إن انحناء المكان الذي ترسم فيه مثلثك هو ما يحكم نوع القوانين الهندسية التي سوف تطبقها، وهذا مهم جدًّا في علم الكونيات، وإلا سوف تكون حساباتنا كلها خاطئة إذا كنَّا نقوم بها على أساس أن الفضاء مسطح بينما هو فضاء منحنٍ، لكن أليس الفضاء واضحًا أمامنا؟

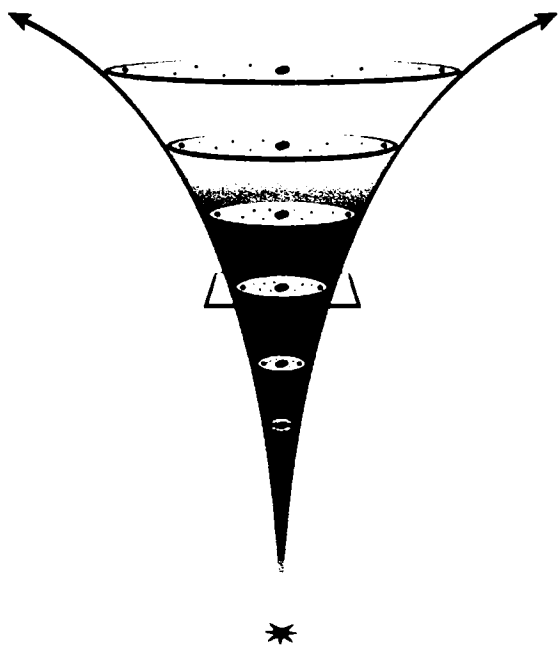
نعم، إنه غير واضح أمامنا، لأنه حينما نقول إن الفضاء محدب، كسطح كرة، فنحن نعني الزمكان نفسه، وهو انحناء في البعد الرابع، ولا يمكن لنا أن ندرك ذلك، لكنه ما زال يؤثر على شكل الكون الذي نعرفه.

المهم، تمكن العلماء بالفعل من اختبار شكل الكون، عبر قياس مثلث هائل الضخامة بين طرفي إشعاع الخلفية الكونية وتلسكوباتنا على الأرض، وتبين أنه مسطح، بما يتعارض مع افتراضات فريدمان. وحينما تختلف المعادلات مع الواقع فلا بد أن هناك خطأ ما. هنا، وكمحاولة لحل تلك المشكلة، التفت العلماء مرة أخرى إلى الثابت الكوني الخاص بألبرت أينشتاين، حيث ظهر أنه حينما نعيد صياغة معادلات فريدمان بوجوده فإنه يسمح بوجود كون مسطح.

إلا أن ذلك عنى أزمة، لأنه مع تمدد الكون تنخفض كثافته، ولكن ثابت أينشتاين لا يسمح بذلك، ولا يعني ذلك سوى شيء واحد، أن هذا الثابت يعبر عن شكل من أشكال الطاقة الذي

يزداد كلما ازداد حجم الفضاء نفسه مع تمدد الكون وتوسعه، حتى تظل كثافة الكون بالنسبة إلى هذا الحجم ثابتة، وهنا ظهرت «الطاقة المظلمة».

الطاقة المظلمة إذن لا علاقة لها بالظلام في شيء، لكن تلك العتمة ليست إلا جهلنا في تحديد ماهية تلك الطاقة، كانت معادلات فريدمان هي الدليل النظري على وجود تلك الطاقة المظلمة، لكن دليلًا آخر أكثر أهمية ظهر حينما كشف فريقان منفصلان من العلماء قاما برصد المستعرات الأعظمية البعيدة في أواخر التسعينيات من القرن الفائت عن مفاجأة غاية في الغرابة تسببت في حصول قادتهما (وهم الأمريكيان سول بيرلموتر وآدام ريس والأمريكي والأسترالي بريان شميت) على جائزة نوبل في الفيزياء عام 2011، وهي أن هذا الكون الذي نعيش فيه لا يستمر في التوسع فقط كما ذكرنا قبل قليل، بل يتوسع بشكل متسارع! هذا يعني أن علينا أن نضيف إلى الأشكال الثلاثة السابقة التي تعبر عن مصير الكون شكلًا إضافيًّا لم يكن أحد ليتوقعه.



يعني ذلك أن هناك بالفعل شيئًا مجهولًا يضيف طاقة لتوسع الكون، فلا يتوسع فقط، بل هو يتسارع توسعه، يشبه ذلك أن تقذف البرتقالة بسرعة عادية تمامًا، هنا ستعتقد أنها ستسقط في يديك مرة أخرى، لكنك اكتشفت أنها تجري أسرع كلما ارتفعت إلى الأعلى أكثر، هنا ستظن أن هناك شيئًا ما يدفعها، عفريت ما، هذا العفريت هو الطاقة المظلمة.

ما نعرف أننا لا نعرف

حينما يقوم العلماء بحساب تسارع تمدد الكون، فإنهم يتوصلون إلى كم الطاقة المطلوب لإحداث هذا التسارع مثلما تتمكن (على سبيل التقريب) من حساب قدر الطاقة الصادر من سيارتك لجعلها تتسارع من صفر إلى مئة كيلومتر في عشر ثوانٍ، تقول تلك الحسابات إن الطاقة المظلمة تمثل ما مجموعه 68% من تركيب هذا الكون كله، وبإضافة المادة المظلمة التي من المفترض أن تمثل الكتلة الإضافية التي رصد العلماء وجودها حول المجرات وعناقيد المجرات، فقد وجد أنها تمثل 27% من تركيب هذا الكون.

يعني ذلك أن كلًّا من المادة والطاقة المظلمتين يمثلان 95% من تركيب هذا الكون، وأن كل ما نعرفه يمثل فقط 5% من تركيبه. هل تتخيل ذلك؟ كل ما نعرفه، كل مادة هذا الكلام الذي تقرأ، كل ما يتركب منه جسمك والنجوم والمجرات بالأعلى في الفضاء، كل شيء قدَّمه العلم لنا على مدى أربعمئة سنة من تلسكوبات ضخمة ومصادمات هائلة للجسيمات وميكرسكوبات إلكترونية دقيقة، يتعلق فقط بـ 5% من تركيب الكون.

يتوافق ذلك بشكل مدهش مع الفيلسوف سقراط حينما قال ذات مرة: «فكل ما أعرفه أني لا أعرف شيئًا»، حيث يبدو أنه كلما ازددنا معرفة بهذا الكون واطلعنا على أسراره عبر أدق قوانين الفيزياء من نظريات النسبية والكوانتم وآخر تطوراتهما، ظهرت لنا بحور أوسع من الأسرار، فكأننا كلما ازددنا علمًا ازددنا جهلًا.

لكن ربما تسأل: هل يمكن أن تكون المادة والطاقة المظلمتان افتراضات خاطئة؟

في القرن التاسع عشر استخدم جون أدامز وأوربان لوفيرييه معادلات نيوتن للتنبؤ بشكل مدار كوكب أورانوس، وظهرت مشكلة في تطابق التوقعات الخارجة المعادلات مع الأرصاد في التلسكوبات، هنا كان كل منهما يثق تمامًا في قوانين نيوتن، فافترضا أن ذلك الشذوذ في النتائج كان بسبب وجود كوكب أبعد من أورانوس يؤثر بدوره أورانوس فيجعله يتخذ مدارًا يخالف التوقعات، وكان هذا الكوكب بالفعل هو نبتون، الذي تأكد وجوده فيما بعد بالتلسكوبات، بالضبط كما توقعت المعادلات.

لكن حينما حاول «لوفيرييه» حل مشكلة شبيهة تتمثل في عدم اتفاق موقع مدار كوكب عطارد مع توقعات نظرية نيوتن، بالطريقة السابقة نفسها مفترضًا وجود كوكب آخر سُمي «فولكان» جاءت النتيجة مخيبة للآمال، لأن المشكلة في هذه الحالة لم تكن في طبيعة البيانات أو طريقة القياس، بل كانت فعلًا في قوانين نيوتن ذاتها، هنا ظهرت النظرية النسبية وأعطت إجابة دقيقة عن الخلل الطفيف في مدار كوكب عطارد.

وعلى نفس المسار، يقول فريق من العلماء أن المادة والطاقة المظلمتين ليستا إلا افتراض تم وضعه لتبرير الانحرافات التي يجدونها في أرصادهم لمكونات هذا الكون، لكن هذه الأشياء، شأنها شأن «فولكان» قد لا تكون موجودة، قد تكون المشكلة في النظرية القائمة والتي يعتمد عليها العلماء أصلًا.

ولفهم الأمر دعنا نتحدث عن نظريات الجاذبية مثلما نتحدث عن أجيال هواتف الآيفون أو سامسونج فئة إس. فهناك الجاذبية العادية التي تحدَّث عنها نيوتن قبل نحو أربعة قرون، وهي ما تُبقي أقدامنا على الأرض وتتسبب في سقوط ثمرات التفاح. تعمل هذه النظرية جيدًا في معظم المواقف اليومية، لكنها لا تفسر الكثير من الظواهر الفيزيائية المتطرفة، وهنا ظهر التحديث الجديد، وهو النظرية النسبية لألبرت أينشتاين، والتي توصلت إلى تفسير أكثر تفصيلًا للجاذبية يسمى النسبية العامة، وفي هذه النظرية يشير إلى أن الجاذبية ليست قوة تنشأ بين الأجسام كما كان يعتقد نيوتن، لكنها نتيجة لقدرة الأجسام على ثني نسيج المكان والزمان من حولها.

ورغم براعة نظرية أينشتاين في شرح الكثير عن الكون عبر تلك النظرية، إلا أنها واجهت تحديًّا، حيث لا تفسر سرعات النجوم في أطراف المجرات أو حركات المجرات في العناقيد البعيدة، وهنا يأتي دور التحديث الجديد، حيث يفترض فريق من العلماء أن نظريات مثل «الجاذبية المعدلة» تمثل تحديثًا أو تصحيحًا لنظرية النسبية العامة، تفترض تلك النظريات أن الجاذبية قد تعمل بشكل مختلف على المقاييس الكبيرة جدًّا أو الصغيرة جدًّا، وبالتالي لا حاجة إلى وجود المادة أو الطاقة المظلمة، فالخطأ كان في نظرية أينشتاين نفسها.

إلى الآن لم نتمكن من تأكيد وجود الطاقة والمادة المظلمتين، ترى أكثرية الباحثين أنها موجودة حقًّا بسبب العديد من الدلائل التي تؤشر على وجود هذه الكيانات، بينما قرر فريق منهم المضي قدمًا والبحث عن نظريات جديدة تفسر الكون من دون حاجة إلى وجود الطاقة والمادة المظلمتين، وإلى الآن لم يتأكد صحة توجُّه أي من الفريقين بشكل تجريبي، ففي النهاية يجب على التجارب والأرصاد أن تؤكد النظريات.

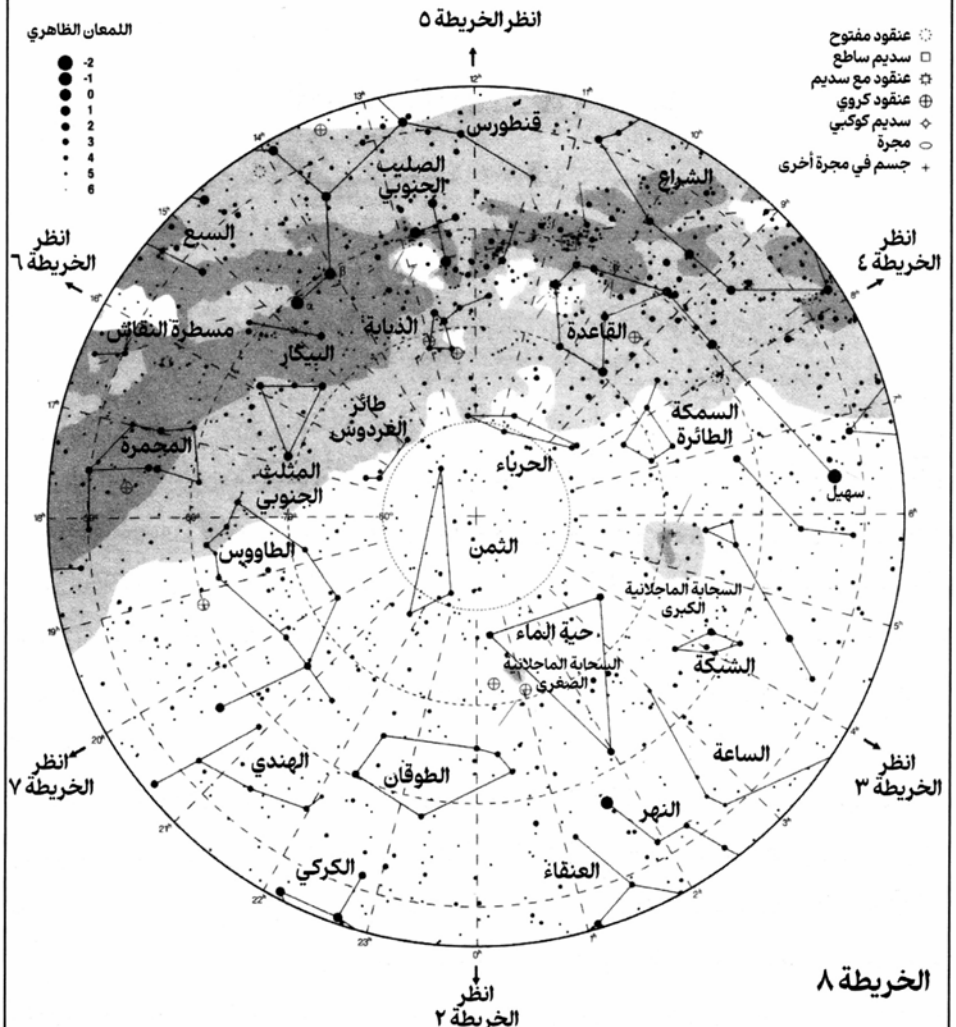
الفصل السادس عشر

قنطورس ورفاقه

كان توماس هندرسون، الفلكي الذي ولد في ديسمبر 1798 في اسكتلندا، مثالًا نقيًّا على حب علم الفلك. بعد إكمال دراسته الثانوية في سن الخامسة عشرة، كانت الخطوة الأولى التي اتخذها هندرسون لدراسة القانون كي يصبح محاميًا مثل أخيه هي التدريب في مكتب محامٍ شهير، وخلال وقت فراغه اهتم هندرسون بالأرصاد الفلكية وبدأ في دراسة الأمر ذاتيًّا، لكن حصل شيء ما، حيث كان هذا النشاط الترفيهي اللطيف الذي قرر هندرسون خوضه للتسلية مثيرًا جدًّا لاهتمامه، لكنه مثل الكثيرين ممن هم في سنه، قرر أن يتبع ما يقول الناس إنه الطريق الأفضل.

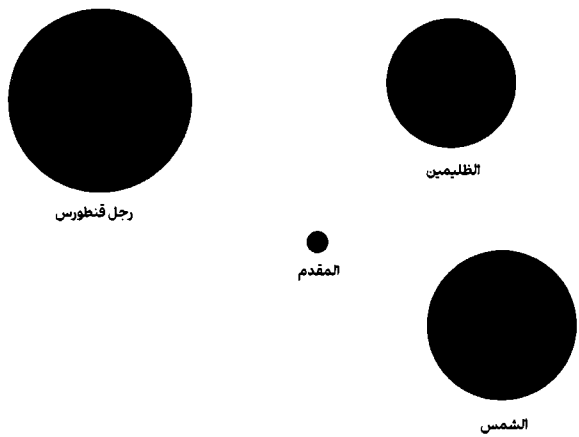
بعد أن أكمل تدريبه لمدة ست سنوات، انتقل إلى إدنبرة وبدأ العمل في مكتب محاماة، وترقى سريعًا فعمل في المحكمة العليا في اسكتلندا، ثم انتقل إلى مناصب أكبر وأكثر مسؤولية قبل أن يتم تعيينه في النهاية سكرتيرًا للمحامي اللورد. في هذا السياق استمر هندرسون في دراسة علم الفلك بشكل ذاتي، وفي أحد اللقاءات تعرف إلى أساتذة وأفراد متميزين مرتبطين بالمؤسسة الفلكية في إدنبرة، ولم يتطلب الأمر سوى حوار قصير ليكتشفوا ولعه ومعرفته الواسعة بعالم النجوم، فسُمح له بالدخول إلى مرصد كالتون هيل، هناك ساعد هندرسون في ضبط نجوم الملاحة، تلك التي يستخدمها البحارة لتوجيه سفنهم في أثناء السفر، وهو أمر معقد لأن مواضع النجوم تتغير يومًا بعد يوم، بل وتتغير ساعة بعد ساعة خلال الليل.

عند تلك النقطة، انخرط هندرسون في علم الفلك تمامًا وترك القانون، وحينما سافر إلى رأس الرجاء الصالح في جنوبي إفريقيا قام بتسجيل ملاحظات عدة عن القمر والمريخ والعديد


انظر الخريطة ٥
اللمعان الظاهري
-2
-1
0
1
2
3
4
5
6
عنقود مفتوح
سديم ساطع
عنقود مع سديم
عنقود كروي
سديم كوكبي
مجرة
جسم في مجرة أخرى
قنطورس
الصليب الجنوبي
الشراع
السبع
انظر الخريطة ٦
انظر الخريطة ٤
مسطرة النقاش
البيكار
الذبابة
القاعدة
طائر الغردوس
السمكة الطائرة
المجمرة
المثلث الجنوبي
الحرباء
سهيل
الطاووس
الثمن
السحابة الماجلانية الكبرى
حية الماء
الشبكة
السحابة الماجلانية الصغرى
انظر الخريطة ٧
الهندي
الطوقان
الساعة
انظر الخريطة ٣
النهر
الكركي
العنقاء
انظر الخريطة ٢
الخريطة ٨

من النجوم، ولاحظ عبور عطارد، وخسوف أقمار المشتري، والمذنبين إنكي وبيلا، من بين 5000 و6000 ملاحظة أخرى، وفي مايو 1833 عاد إلى اسكتلندا، وهناك عمل على حساباته للنجوم الجنوبية، وكان من الأمور ذات الأهمية الخاصة بالنسبة له دراسة النجم ألفا قنطورس.

من رأس الرجاء الصالح، كان النجم مرئيًّا طوال العام، وكان معروفًا وقتها أنه نجم ثنائي، ما صعب حسابات التزيح الخاصة به، لكن هندرسون تمكن من تحديد أن النجم كان على مسافة تزيد على 200000 وحدة فلكية، وهذا يتوافق مع قيمة 3.16 سنة ضوئية، وهي قريبة إلى المسافة المعترف بها حاليًّا إلى رجل قنطورس وهي 4.2-4.4 سنة ضوئية، لنعرف الآن أنه أقرب نجم إلينا في السماء.



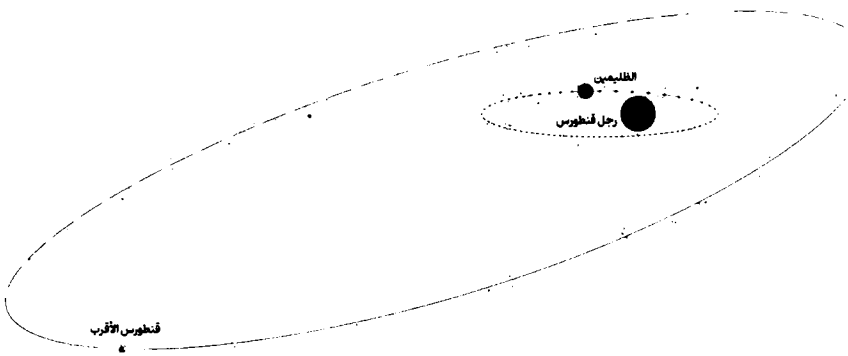
ألفا قنطورس هو ألمع نجوم كوكبة قنطورس الجنوبية، وهو نظام نجمي يتكون من ثلاثة نجوم، وبشكل جماعي، يعد هذا النظام النجمي رابع ألمع النجوم في السماء كلها، بعد الشعرى اليمانية وسهيل والسماك الرامح، وهو غير مرئي للمراقبين الذين يعيشون فوق خط عرض 29 درجة شمالًا. في جنوبي مصر (أسوان مثلًا) يمكنك أن تراه أعلى الأفق الجنوبي تمامًا، خلال شهور الربيع وبدايات الصيف، مساءً.

في عام 1689، اكتشف جان ريشود أن ألفا قنطورس هو نظام نجمي ثنائي يحوي ألفا قنطورس A (المسمى رجل قنطورس Rigil Kentaurus)، وألفا قنطورس B (المسمى الظليمين Toliman)[1]، الأول أكبر نجمي ألفا قنطورس وأكثرهما شبهًا بالشمس، فكتلته أكبر من كتلة الشمس بقليل ويصنف كنجم من الفئة G2 مثلها، ودرجة حرارة سطحه قرابة 5500

(1) لاحظ الخريطة رقم 8 في الأطلس الكبير.

درجة مئوية، أما الثاني فهو أقل كتلة من الشمس، وباعتباره نجمًا من النوع الطيفي K، فإنه يتوهج باللون البرتقالي.

تم اكتشاف ثالث وأضعف نجم مكون لهذا النظام في عام 1915 من قبل عالم الفلك الاسكتلندي روبرت ثوربورن أيتون إينيس، ويسمى بروكسيما قنطورس أو قنطورس الأقرب، وفي عام 1928، أكد عالم الفلك الأمريكي هارولد ألدين أن هذا النجم تحديدًا هو الأقرب من الشمس بين الثلاثي، على مسافة 4.24 سنة ضوئية. قنطورس الأقرب هو قزم أحمر بكتلة أكبر قليلًا من عُشر كتلة الشمس وقطر قرابة 14% من قطرها، ما يعني أن الشمس لو كانت بحجم بطيخة ضخمة لكان هذا النجم بحجم حبة مشمش مثلًا.



يدور الزوج رجل قنطورس والظليمين حول مركز مشترك بفترة مدارية تبلغ 79 عامًا، يقتربان إلى مسافة 11.2 وحدة فلكية (كالمسافة بين الشمس وزحل) ويبتعدان حتى يصلا إلى 35.6 وحدة فلكية (كالمسافة بين الشمس وبلوتو). ويعتقد العلماء أن قنطورس المقدم يدور حولهما، فيقترب منهما في بعض الأحيان ليكون على مسافة 3400 - 5400 وحدة فلكية، ويبتعد عنهما ليصل إلى مسافة 13 ألف وحدة فلكية، ويكمل النجم مداره حول الثنائي مرة كل 547 ألف سنة.

تم اكتشاف ثلاثة كواكب (اثنان مرشحان وواحد مؤكد) في مدار حول قنطورس الأقرب، أحدها قريب من حجم الأرض داخل المنطقة الصالحة للسكن أعلن عنه في 2016 وهو «قنطورس الأقرب ب»، يدور الكوكب حول نجمه الأم على مسافة 7.264 مليون كيلومتر تقريبًا، فيصنع دورة حول النجم كل قرابة 11.2 يومًا أرضيًّا. يُعتقد أنه كوكب شبيه بالأرض ونصف قطره أكبر قليلًا من نصف قطر الأرض.

تقدر حرارة سطح هذا الكوكب بنحو 39- درجة مئوية، يعتقد فريق من الفلكيين أن سطحه يحوي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، ويعتقد فريق آخر أنه غلاف جوي بدائي من الهيدروجين، وربما يمتلك مياهًا في صورة سائلة أو مجمدة، حيث يعتقد أن الكوكب مغطى جزئيًّا أو كليًّا بالجليد.

لكن الأمر لا يبعث على الأمل، لذا توقف قليلًا، حيث يشكل الإشعاع القوي في نطاقات الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية من قنطورس الأقرب تحديًا لوجود الحياة بالصورة التي نعرفها على هذا الكوكب، حيث يتلقى قرابة 10-60 ضعفًا من هذا الإشعاع وخاصة الأشعة السينية مقارنة بالأرض. يمكن للأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية أن تبخر الغلاف الجوي وبالتبعية يزال الماء منه، أضف إلى ذلك أن كثافة الرياح النجمية التي تؤثر على قنطورس الأقرب تصل إلى 10-1000 ضعف من تلك التي تؤثر على الأرض، مما يزيد الطين بلة.

نجم برنارد

أقرب نجم إلى الشمس بعد هذا الثلاثي هو نجم برنارد، ويقع على بعد قرابة 6 سنوات ضوئية في كوكبة الحواء. يمتلك نجم برنارد سمة فريدة، فهو أسرع نجم يتحرك في السماء، وهي السمة التي لاحظها لأول مرة مكتشفه، عالم الفلك الأمريكي إدوارد إيمرسون برنارد، حينما لاحظ أنه يقطع مسافة زاوية تعادل عرض القمر في البدر كل 180 عامًا تقريبًا، فيما بعد قدر أنه يسافر عبر الفضاء بسرعة 500 ألف كيلومتر في الساعة.

مثل قنطورس الأقرب، فإن نجم برنارد قزم أحمر، يبلغ عمره عدة مليارات من السنين ونصف قطره خُمس نصف قطر الشمس. وتشير دراسة صدرت في عام 2024 إلى أن نجم برنارد يدور حوله كوكب صخري صغير واحد على الأقل، وربما حفنة من الكواكب الصخرية الصغيرة.

أما «وولف 359» فهو قزم أحمر آخر في كوكبة الأسد، ويعد صاحب الترتيب الخامس في قائمة أقرب النجوم للشمس، حيث يقع على بعد قرابة 7.9 سنة ضوئية. ومثل نجم برنارد، فإنه يتحرك عبر السماء بسرعة، وتم التعرف عليه لأول مرة من قبل عالم الفلك الألماني ماكس وولف في كتالوجه لأكثر من 1000 نجم سريع الحركة. يلي ذلك «لالاند 21185» على بعد 8 سنوات ضوئية في الجزء الجنوبي من كوكبة الدب الأكبر، ويبلغ حجمه أقل بقليل من نصف حجم الشمس من حيث القطر والكتلة. اكتشفه جيروم لالاند، عالم فلك فرنسي من القرن الثامن عشر.

وأخيرًا يظهر نجم يمكن أن نراه بأعيننا في ترتيب الأقرب إلى الأرض وهو الشعرى اليمانية على مسافة 8.6 سنة ضوئية. أما النجمان التاليان في قائمة أقرب النجوم إلينا هما «بي إل قيطس» و«يو في قيطس»، وكلاهما جزء من نظام ثنائي نجمي، ويبتعدان مسافة 8.7 إلى 8.8 سنة ضوئية، في كوكبة قيطس. تم اكتشافهما في أواخر الأربعينيات عندما كان عالم الفلك الهولندي الأمريكي ويليم لويتن يجمع قائمة بالنجوم ذات الحركة الخاصة العالية، يدور النجمان حول مركز كتلتهما المشترك مرة كل 26.5 سنة، وكل منهما له قرابة عُشر كتلة الشمس ونصف قطر قرابة 14 في المئة من نصف قطر الشمس.

تستمر الأقزام الحمراء الخافتة في التتالي حتى يأتي بعد ذلك أبسيلون النهر على مسافة تقترب من 10.5 سنة ضوئية، ويمكن رؤيته بالعينين المجردتين، ويليه بعد ذلك بعدد من النجوم الخافتة الشعرى الشامية على مسافة 11.4 سنة ضوئية.

السماء الجنوبية

قبل أن يخوض البحارة الأوروبيون الأوائل مغامرة حول رأس الرجاء الصالح لفتح طرق تجارية إلى الهند والشرق الأقصى، كانت السماء حول القطب السماوي الجنوبي عبارة عن لوحة فارغة لعلماء الفلك الأوروبيين، حيث لم تمتد الأبراج اليونانية الـ48 المذكورة في كتاب المجسطي، والتي نقلها العرب وأضافوا إليها ثم انتقلت إلى أوروبا مرة أخرى، إلى الجنوب إلا في نطاق قنطورس (التي اشتق منها الصليب الجنوبي فيما بعد) والسفينة، التي تم تقسيمها الآن إلى ثلاثة كوكبات داخل جسمها وكلها أجزاء للسفينة هي الكوثل Puppis الذي يمثل مؤخرة السفينة، والشراع Vela والقاعدة Carina الخاصة بالسفينة. أما ما بقي جنوبًا فظل أرضا مجهولة.

عندما أبحرت أول بعثة تجارية هولندية إلى جزر الهند الشرقية في أبريل 1595، أصدر رسام الخرائط الهولندي بيتروس بلانسيوس تعليمات لعدد من أعضاء طاقم الرحلة، بإجراء أرصاد للنجوم الجنوبية، وكان من أبرز هؤلاء بيتر ديركسزون كايزر، كبير الملاحين على متن سفينة هولندية، وهي الأكبر حجمًا من بين السفن الأربع المكونة للبعثة.

وصل الأسطول الهولندي إلى مدغشقر في سبتمبر 1595 ومكث هناك لعدة أشهر، وخلال هذا التوقف، أجرى كايزر معظم أرصاده، حيث قام بقياس مواقع النجوم باستخدام الإسطرلاب الذي أعطاه له بلانسيوس. ثم استأنفت البعثة رحلتها، ووصلت في النهاية إلى جزيرة سومطرة في يونيو 1596 قبل أن تنتقل إلى وجهتها النهائية وهي جاوة، حيث توفي كايزر، وعندما عاد

الأسطول إلى هولندا في أغسطس 1597 بشحنته الثمينة من التوابل الشرقية، حملوا معهم كنزًا آخر، وهو أرصاد كايزر عن النجوم الجنوبية.

سلمت سجلات هذه الأرصاد، والتي قسمت النجوم الجنوبية إلى 12 كوكبة جديدة إلى بلانسيوس، كانت هذه الكوكبات أول إضافات مهمة إلى السماء منذ زمن بطليموس، وقد حوت 122 نجمًا، بالإضافة إلى خمسة نجوم أخرى شكلت امتدادًا جنوبيًّا لكوكبة النهر، و12 نجمًا لم تكن جزءًا من أي كوكبة.

في تلك النقطة يظهر فريدريك دي هوتمان، وهو الأخ الأصغر لقائد الأسطول الهولندي السيد كورنيليس دي هوتمان، كان فريدريك أيضًا أحد أفراد طاقم أسطول السفن التجارية المسافر إلى الجنوب، وأجرى أرصاد سماوية بشكل مستقل عن كايزر، وأضاف ملاحظاته فيما بعد إلى سجلات كايزر، ما يجعل حقوق هذه المجموعات النجمية الجنوبية الجديدة ترجع بشكل مشترك إلى كايزر ودي هوتمان ومعلمهما بلانسيوس الذي درس هذه الأرصاد وضبطها. ظهرت هذه الكوكبات الجنوبية الجديدة لأول مرة في أطلس النجوم الكبير «يورانومتريا» في عام 1603 من قبل عالم الفلك الألماني يوهان باير، والذي خصص لوحة لكل من الكوكبات البطلمية الثمانية والأربعين، ولكنه أعطى خريطة واحدة منفصلة لكل الكوكبات الجنوبية، كانت رقم 49.

إلى اللحظة الحالية كانت هناك 12 كوكبة جنوبية هي طائر الفردوس Apus، والحرباء Chamaeleon، وأبو سيف Dorado، والكركي Grus، وحية الماء Hydrus، والهندي Indus، والذبابة Musca، والطاووس Pavo، والعنقاء Phoenix، والمثلث الجنوبي Triangulum Australe، والطوقان Tucana، والسمكة الطائرة Volans.

بقيت الأمور على حالها لمدة 75 عامًا، حتى انطلق إدموند هالي البالغ من العمر 20 عامًا وقتها إلى جزيرة سانت هيلينا في جنوب المحيط الأطلسي، كانت نيته إنتاج امتداد جنوبي لكتالوج النجوم الذي كان يعده في جرينتش معلمه جون فلامستيد، فأخذ معه آلات فلكية مثل السدس والربع وعددًا من التلسكوبات، وقام بتركيبها في مبنى حجري صغير على سلسلة من التلال تسمى الآن جبل هالي، بالقرب من مركز الجزيرة، هذه الجزيرة شهيرة كذلك لأنها كانت محل نفي نابليون بونابرت منذ عام 1815 حتى وفاته 1821. أمضى هالي أكثر من عام راقب فيها السماء، وعند عودته إلى إنجلترا، سارع إلى طباعة نتائجه، بدءًا بخريطة النجوم، والتي تمت طباعتها بحلول يوليو 1678.

تبنى هالي الكوكبات الجنوبية الاثني عشر التي اخترعها كايزر ودي هوتمان، وأضاف أيضًا كوكبة جديدة من ابتكاره سميت Robur Carolinum أو بلوط تشارلز، لإحياء ذكرى

الشجرة التي اختبأ فيها تشارلز الثاني ملك إنجلترا للهروب من القوات البرلمانية بعد هزيمته في معركة ووستر عام 1651. شكل هالي هذه الكوكبة من النجوم التي كانت في السابق جزءًا من كوكبة السفينة، لكنها حذفت فيما بعد حيث لم تجد قبولًا.

لكن حتى مع تأسيس الأبراج الجنوبية الاثني عشر الآن بين فلكيي هذا العصر، كانت لا تزال هناك فجوات كبيرة بينها، وقام الفلكي الفرنسي نيكولا لويس دي لاكايل بملء هذه الفجوات، ففي عام 1750، أبحر من فرنسا إلى جنوب إفريقيا، حيث أنشأ مرصدًا صغيرًا في رأس الرجاء الصالح، وبين أغسطس 1751 إلى يوليو 1752، قام بقياس مواقع قرابة 9800 نجم جنوبي، ولاستيعاب هذه الوفرة في النجوم، أنشأ 14 كوكبة جديدة، هي مفرغة الهواء Antlia، والإزميل Caelum، والبيكار Circinus، والكور Fornax، والساعة Horologium، والجبل Mensa، والميكروسكوب Microscopium، ومسطرة النقاش Norma، والثمن Octans، وآلة المصور Pictor، والبوصلة Pyxis، والشبكة Reticulum، ومعمل النحات Sculptor، والتلسكوب Telescopium، بالإضافة إلى ذلك قام لاكيل أيضًا بتقسيم كوكبة السفينة، التي كانت كبيرة بشكل غير معقول، إلى ثلاثة كوكبات كما أسلفت.

وفي حين أطلق المستكشفون الهولنديون أسماء حيوانات غريبة على كوكباتهم، اهتم لاكيل بأدوات العلوم والفنون، باستثناء كوكبة الجبل Mensa التي أطلق عليها هذا الاسم تيمنًا بجبل تيبل الذي أجرى أرصاده تحته. مثلت تلك المجموعات معًا الكوكبات التي نراها اليوم في السماء الجنوبية، وبذلك لم ترتبط بأي أساطير قديمة، إلا أن ذلك لا يمنع أن سكان تلك المناطق كانت لهم حكاياتهم الخاصة بالنجوم، ألا تعتقد أنه يجدر بنا تغيير تلك الكوكبات لأخرى تحمل أساطير أهل الجنوب القديمة المدهشة؟!

السحابتان

كانت سحابتا ماجلان على سبيل المثال جزءًا من ثقافة وتقاليد العديد من الشعوب الأصلية في أمريكا الجنوبية وأستراليا وجنوب إفريقيا، حيث تم تسميتها لتمثيل أشياء في حياة الناس بتلك المناطق. فمثلًا صور شعب البوشمان السحابة الأكبر على أنها جزء من السماء حيث ينمو العشب الناعم الخالي من الأشواك، ورأى شعب السوتو السحابتين على أنهما أثر لحيوانين سماويين؛ سميت السحابة الكبيرة «سيتلهاكو سا ناكا» أي «أثر نجم القرن» (والمقصود سهيل) وسميت السحابة الأصغر «سيتلهاكو سيناكين» أي «أثر نجم القرن الصغير» (والمقصود نجم آخر النهر)، ويروي الفولكلور التسواني أنه عندما تظهر السحابة الصغيرة بشكل أكثر وضوحًا من السحابة الكبيرة، فإن الجفاف سوف يتبع ذلك.

صورتها شعوبٌ أخرى وكأنها ريش الروحاء، وهو جنس من الطيور من رتبة النعاميات، وصورها البعض كزوجين عجوزين يجلسان بجانب نار المخيم، واستخدم البحارة البولينيزيون والأوروبيون سحابتا ماجلان كأدلة سماوية، وأطلق عليها الأوروبيون فيما بعد هذا الاسم للاعتراف برحلة فرديناند ماجلان حول العالم في القرن السادس عشر.

يعتقد أن أول ذكر لسحابة ماجلان الكبرى كان في النقوش الصخرية الموجودة في تشيلي، ويعتقد أن ابن قتيبة الدينوري قد ذكرها في كتابه «الأنواء في مواسم العرب» حينما قال: « وأسفل من سهيل قدما سهيل. وفى مجرى قدمي سهيل، من خلفهما كواكب زهر كبار، لا ترى بالعراق، يسميها أهل تهامة الأعيار»، ولاحقًا ذكر الصوفي، في كتابه صور الكواكب الثابتة، نفس الاقتباس، ولكن بتهجئة مختلفة، قائلًا إن العرب في تهامة يقولون: «إن تحت قدمي سهيل كواكب زهر بيض، لا ترى بالعراق ولا بنجد»، وإن أهل تهامة تسميه: «البقر»، وقال الثقفي إن أهل تهامة تسميها: «الأعيار».

سحابتي ماجلان الكبرى والصغرى ليستا جزءًا من درب التبانة وإنما جزء من تصنيف للمجرات يسمى «مجرات قمرية»، أو «مجرات تابعة»، وكما يبدو من الاصطلاح فهي مجرات أصغر، مكونة مثل مجرتنا من النجوم والغاز والمادة المظلمة، تدور حول مجرة مضيفة أكبر، عن طريق الجاذبية، مثلما تجذب أرضنا القمر، ومثلما تجذب الشمس الأرض، فمجرتنا درب التبانة تجذب قرابة 50 مجرة معروفة إلى الآن لتتبعها.

تتراوح أحجام هذه المجرات من القزمة جدًّا إلى المجرات غير المنتظمة الأكبر حجمًا والتي قد يكون لديها تكوين نجمي مستمر، ويختلف عدد النجوم في هذه المجرات بشكل كبير، ولكنها تحوي عادةً عشرات الملايين من النجوم وربما أكثر.

تشكلت المجرات القمرية غالبًا خلال فترة فجر الكون (راجع الفصل الثالث عشر)، مثلها مثل المجرات الكبيرة نشأت في صورة كتل منعزلة من الغاز في هالات من المادة المظلمة، وربما كانت أكثر شيوعًا في الماضي، لكن نظرًا إلى فارق الحجم والكتلة بينها وبين المجرات الأكبر، فقد امتُص الكثير من هذه المجرات داخل المجرات الأكبر (مثل مجرة القوس القزمة الكروية التي تحدثنا عنها في الفصل الرابع عشر) وبقي بعضها كأقمار تدور حول المجرات.

وقد تؤثر المجرات المضيفة على المجرات القزمة بشكل آخر، فمع دوران المجرات القمرية حول مضيفها، يمكن لقوى الجاذبية أن تسحب منها «تيارات نجمية»، وهي مسارات النجوم التي تم سحبها من المجرة القمرية وتستمر في الدوران حول المجرة المضيفة. تيار القوس هو خير مثال على ذلك، حيث يمثل بنية طويلة ومعقدة تتكون من نجوم تلتف حول مجرة

درب التبانة في مدار يكاد يعبر أقطاب المجرة. يتكون من نجوم تم سحبها من مجرة القوس القزمة، في أثناء عملية الاندماج مع درب التبانة على مدى مليارات السنين.

في علم الكونيات، هناك قضية مثيرة للاهتمام تُعرف باسم «مشكلة المجرات القمرية المفقودة»، حيث إن عمليات المحاكاة الحاسوبية التي يقوم بها العلماء تقول إنه يكون لدى المجرات الكبيرة مثل درب التبانة عدد أكبر بكثير من المجرات القمرية القزمة مقارنة نلاحظه.

ويفترض فريق من الباحثين عدة حلول لهذه المشكلة، منها أن المجرات القزمة تمتص داخل المجرات المضيفة أو تمزقها المجرات الأكبر بسبب التفاعلات الجاذبية، بسرعة أكبر مما يتوقعه العلماء في نماذجهم. ويرجح فريق جامعة توهوكو اليابانية، أنه قد يكون هناك في الواقع ما يقرب من 500 مجرة تابعة لمجرتنا درب التبانة بناءً على تحليلهم لسماء الليل، لكننا فقط لا نتمكن من رصدها بسهولة، وبالتالي فحل مشكلة المجرات القمرية المفقودة هو أن المجرات موجودة بالفعل، لكننا فقط لا نراها.

في عام 2024، تمكن هذا الفريق من اكتشاف مجرتين جديدتين تابعتين لمجرة درب التبانة. استخدم الباحثون بيانات من برنامج «هايبر سوبريم كام» والذي يتمثل في كاميرا رقمية عملاقة بطول إنسان بالغ ووزن قرابة عدة أطنان، تم تركيبها على تلسكوب سوبارو الذي يبلغ قطره 8.2 متر، الموجود على قمة مونا كيا الواقعة على إحدى جزر هاواي بالمحيط الهادئ، أطلق على المجرتين الجديدتين اسم «العذراء 3» و«السدس 2» نسبة إلى أماكن وجودها في سماء الليل.

تيارات النجوم المدهشة

بالإضافة إلى كونها أهدافًا مدهشة للرصد من قبل سكان جنوبي العالم، فإن سحابتي ماجلان هما أهداف شائعة لعلماء الفلك المحترفين. في الواقع، ظهرت هاتان السحابتان في أكثر من 15000 ورقة بحثية، حتى عام 2020، وهناك العديد من الأسباب وراء ذلك، فهي قريبة نسبيًا (قرابة 160 ألف سنة ضوئية لسحابة ماجلان الكبرى وقرابة 200 ألف سنة ضوئية لسحابة ماجلان الصغرى)، وهذا يعني أنها قريبة بما يكفي لدراستها بالتفصيل كهيكل واحد، فعلى الرغم من أن وجودك داخل غابة ما يساعدك على دراسة مكوناتها بعناية، فإنك تفتقد إلى الصورة الكبرى للغابة، والتي يمكن أن تراها إذا حلقت فوقها، هذه هي ميزة دراسة المجرتين من على مسافة.

وتتمتع السحابتان أيضًا بعدد من الميزات البارزة، مثل سديم العنكبوت في سحابة ماجلان الكبرى، وهو أكبر منطقة لتكوين النجوم في مجموعتنا المحلية من المجرات كلها، إذا وُضِع

هذا السديم على نفس مسافة من سديم الجبار، فإنه سيمتد عبر خُمس السماء. في مركز هذا السديم توجد مجموعة كثيفة وضخمة من النجوم تسمى «آر136»، يبلغ عمرها أقل من 2 مليون سنة، وهي صغيرة السن جدًّا وبالتالي تعد مجالًا نشط للدراسة، تنتج هذه النجوم معظم الطاقة التي تجعل سديم العنكبوت مرئيًّا في التلسكوبات، وتقدر كتلتها مجتمعة بـ 450 ألف شمس!

كان يُعتقد أن سحابتي ماجلان الكبرى والصغرى هما أقرب مجرتين لنا حتى عام 1994، عندما اكتُشفت مجرة القوس القزمة، وفي عام 2003، اكتُشفت «مجرة الكلب الأكبر القزمة» وهي الآن أقرب مجرة معروفة إلينا، على مسافة 25 ألف سنة ضوئية فقط من الشمس، و42 ألف سنة ضوئية من مركز مجرتنا.

مكتبة
t.me/soramnqraa

تتفكك هذه المجرة أيضًا بفعل جاذبية مجرة درب التبانة وتترك وراءها خيطًا طويلًا من النجوم والغاز والغبار، ويُعرف هذا الخيط الذي يبلغ طوله 200 ألف سنة ضوئية باسم «حلقة وحيد القرن»، وهو يلتف حول مجرتنا ثلاث مرات!

هذا عجيب حقًّا، خيوط متحركة من النجوم التي تدور خارج المجرات، حينما قرأت لأول مرة عن تيار القوس وحلقة وحيد القرن سألت نفسي: ماذا لو كنت أعيش في هذه المناطق البعيدة جدًّا؟

تختلف بنية تلك المناطق لا شك بشكل كبير عن المناطق الداخلية لمجرة درب التبانة حيث من المعروف أن الحياة موجودة. أولًا، تميل النجوم في هذه التيارات إلى أن تكون قديمة في السن وفقيرة بالمعادن، وهي في العموم مناطق ذات كثافة منخفضة مقارنة بمجرتنا، كما أن النجوم متفرقة نسبيًّا، مما يعني أن هناك طاقة أقل وعناصر ثقيلة أقل متاحة، أضف إلى ذلك لا يوجد الكثير من الغاز والغبار الذي يمكنه أن يغذي كوكبًا يزخر بالحياة كما نعرفها (تلك التي تتطلب الماء السائل والغلاف الجوي المستقر)، لكن لا يمكن استبعاد إمكانية وجود أشكال حياة غريبة يمكنها تحمل الإشعاع والعيش في ظروف قاسية تمامًا كتلك التي تعيشها تلك التيارات.

في الواقع فقد افترض بعض العلماء في 2010 (وهو افتراض لم يتأكد بعد) وجود كوكب حول أحد نجوم «تيار حلمي»، ومثل حلقة وحيد القلان فإن هذا التيار بدأ أيضًا كمجرة قزمة، ثم امتصته مجرة درب التبانة قبل 6 - 9 مليار سنة، وهو الآن عبارة عن تيار أو خيط من النجوم يدور حول المجرة، اكتشف في عام 1999 وينسب إلى مكتشفته، الفلكية الأرجنتينية «أمينة حلمي»، ويتكون كذلك من نجوم قديمة تفتقر إلى العناصر الثقيلة، تتحرك جميعها بنفس السرعة وفي نفس الاتجاه. ما هو شكل هذا الكوكب يا ترى؟ وكيف تكون رغم كل ذلك الفقر في الكثير من مقومات الحياة؟ وماذا سيرى شخص يعيش هناك؟ هل سيرى مجرتنا كهيكل واضح في السماء مثلًا؟

الكثير من الأسئلة تتجول دائمًا في دماغي حول مكونات سماء الليل، وهي مدهشة في كل أحوالها، تدفعك إلى التأمل وتهبك بعضًا من الهدوء، خاصة حينما تعرف أنه ما زال لدينا نحن البشر الكثير لنتعلمه عن هذا العالم السحيق بالأعلى، رغم كل ما جمعناه من إجابات، يثير ذلك انتباهي إلى أبي العلاء المعري مرة أخرى، حيث تسائل قبل ألف سنة بنفس تشاؤمه المعتاد قائلًا:

يا ليت شِعري! وهل ليت بنافعةٍ؟ ماذا وراءَكَ، أو ما أنتَ يا فلكُ؟

كم خاض في إثْرِك الأقوامُ واختلفوا قِدمًا، فما أوضحوا حقًّا ولا تركوا

شمسٌ تغيبُ ويقفو إثْرَها قمرٌ ونــورُ صبــحٍ يُوافى بَعــده حَلَكُ

طحنْتَ طحن الرَّحى من قبلِنا أممًا شَتَّى، ولمْ يدرِ خلقٌ أيَّةً سَلكوا

ملحق

فهرس مسييه

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M1	1952	سديم السرطان	بقايا مستعر أعظم	8.4	5h 34.5m	+22° 01'	الثور	ش	1000	6500
M2	7089	--	عنقود كروي II	6.5	21h 33.5m	+00° 49'	الدلو	خ	13-10 مليارات	40000
M3	5272	--	عنقود كروي VI	6.2	13h 42.2m	+28° 23'	السلوقيان	ر	13-10 مليارات	30000
M4	6121	--	عنقود كروي IX	5.6	16h 23.6m	-26° 32'	العقرب	ص	13-10 مليارات	7000
M5	5904	--	عنقود كروي V	5.6	15h 18.6m	+02° 05'	الحية	ص	13-10 مليارات	25000
M6	6405	عنقود الفراشة	عنقود مفتوح III 2 p	4.2	17h 40.1m	-32° 13'	العقرب	ص	95 مليونًا	1600
M7	6475	عنقود بطليموس	عنقود مفتوح II 2 r	3.3	17h 53.9m	-34° 49'	العقرب	ص	300 مليون	1000
M8	6523	سديم البحيرة	سديم انبعاثي	6	18h 03.8m	-24° 23'	القوس	ص	5 ملايين	4000
M9	6333	--	عنقود كروي VIII	7.7	17h 19.2m	-18° 31'	الحواء	ص	13-10 مليارات	25000
M10	6254	--	عنقود كروي VII	6.6	16h 57.1m	-04° 06'	الحواء	ص	13-10 مليارات	15000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M11	6705	عنقود البط البري	عنقود مفتوح I 2 r	6.3	18h 51.1m	-06° 16'	الترس	ص	200 مليون	6000
M12	6218	- -	عنقود كروي IX	6.7	16h 47.2m	-01° 57'	الحواء	ص	10-13 مليارات	15000
M13	6205	عنقود هرقل	عنقود كروي V	5.8	16h 41.7m	+36° 28'	هرقل	ص	10-13 مليارات	25000
M14	6402	- -	عنقود كروي VIII	7.6	17h 37.6m	-03° 15'	الحواء	ص	10-13 مليارات	30000
M15	7078	عنقود الفرس الأعظم	عنقود كروي IV	6.2	21h 30m	+12° 10'	الفرس الأعظم	خ	10-13 مليارات	34000
M16	6611	سديم العقاب	سديم انبعاثي مع عنقود مفتوح II 3 m	6.4	18h 18.8m	-13° 47'	الحية	ص	1-3 ملايين	6000
M17	6618	سديم أوميجا	سديم انبعاثي وعنقود مفتوح III 3 m n	7	18h 20.8m	-16° 11'	القوس	ص	1 مليون	1 مليون
M18	6613	- -	عنقود مفتوح II 2 p n	7.5	18h 19.9m	-17° 08'	القوس	ص	30 مليونًا	4000
M19	6273	- -	عنقود كروي VIII	6.8	17h 02.6m	-26° 16'	الحواء	ص	10-13 مليارات	30000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M20	6514	سديم ترايفد	سديم منتشر (مزيج انبعاثي عاكس)	9	18h 02.6m	-23° 02'	القوس	ص	300 ألف	5000
M21	6531	--	عنقود مفتوح I 3 m	6.5	18h 04.6m	-22° 30'	القوس	ص	10-5 ملايين	4000
M22	6656	عنقود القوس	عنقود كروي VII	5.1	18h 36.4m	-23° 54'	القوس	ص	13-10 مليارات	10000
M23	6494	--	عنقود مفتوح III 1 m	6.9	17h 56.8m	-19° 01'	القوس	ص	300 مليون	2000
M24	--	سحابة القوس النجمية	سحابة نجمية	4.6	18h 16.9m	-18° 30'	القوس	ص	10	10000
M25	IC4725	--	عنقود مفتوح I 2 p	6.5	18h 31.6m	-19° 15'	القوس	ص	100-70 مليون	2000
M26	6694	--	عنقود مفتوح I 1 m	8	18h 45.2m	-09° 24'	الترس	ص	200-100 مليون	5000
M27	6853	سديم دمبل	سديم كوكبي	7.4	19h 59.6m	+22° 43'	الثعلب	ص	4000-3000	1000
M28	6626	--	عنقود كروي IV	6.8	18h 24.5m	-24° 52'	القوس	ص	13-10 مليارات	20000
M29	6913	--	عنقود مفتوح III 3 p	7.1	20h 23.9m	+38° 32'	الدجاجة	ص	10 ملايين	3000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M30	7099	--	عنقود كروي V	7.2	21h 40.4m	-23° 11'	الجدي	خ	13-10 مليارات	25000
M31	224	مجرة المرأة المسلسلة	مجرة حلزونية SA(s)b	3.4	0h 41.8m	+41° 16'	المرأة المسلسلة	خ	12-10 مليارات	2.5 مليون
M32	221	--	مجرة إهليلجية E2	8.1	0h 42.8m	+40° 52'	المرأة المسلسلة	خ	12-10 مليارات	2.5 مليون
M33	598	مجرة المثلث	مجرة حلزونية SA(s)c	5.7	1h 33.9m	+30° 39'	المثلث	خ	12-10 مليارات	3 ملايين
M34	1039	--	عنقود مفتوح II 3 m	5.5	2h 42m	+42° 47'	الفرس الأعظم	خ	200 مليون	1500
M35	2168	--	عنقود مفتوح III 2 m	5.3	6h 08.9m	+24° 20'	التوأم	ش	200-100 مليون	3000-2000
M36	1960	--	عنقود مفتوح II 3 m	6.3	5h 36.1m	+34° 08'	ممسك الأعنة	ش	20 مليونًا	4000
M37	2099	--	عنقود مفتوح II 1 r	6.2	5h 52.4m	+32° 33'	ممسك الأعنة	ش	500-400 مليون	5000
M38	1912	--	عنقود مفتوح III 2 m	7.4	5h 28.7m	+35° 50'	ممسك الأعنة	ش	300 مليون	5000
M39	7092	--	عنقود مفتوح III 2 p	4.6	21h 32.2m	+48° 26'	الدجاجة	خ	400-300 مليون	1000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M40	Win4	وينك 4	نجمان	8.4	12h 22.4m	+58° 05'	الدب الأكبر	ر	4.1 و1 مليارات	1013 و470
M41	2287	--	عنقود مفتوح II 3 m	4.6	6h 47m	-20° 44'	الكلب الأكبر	ش	300-200 مليون	2000
M42	1976	سديم الجبار	سديم منتشر (مزيج انعكاسي وانبعاثي)	4	5h 35.4m	-05° 27'	الجبار	ش	2 مليون	1400
M43	1982	سديم دي ميرانز	سديم انبعاثي	9	5h 35.6m	-05° 16'	الجبار	ش	2 مليون	1400
M44	2632	القفير	عنقود مفتوح II 2 m	3.7	8h 40.1m	+19° 59'	السرطان	ش	600 مليون	600
M45	--	الثريا	عنقود مفتوح I 3 r n	1.6	3h 47m	+24° 07'	الثور	ش	100 مليون	440
M46	2437	--	عنقود مفتوح III 2 m	6	7h 41.8m	-14° 49'	الكوثل	ش	200 مليون	5000
M47	2422	--	عنقود مفتوح III 2 m	5.2	7h 36.6m	-14° 30'	الكوثل	ش	100 مليون	1600
M48	2548	--	عنقود مفتوح I 2 m	5.5	8h 13.8m	-05° 48'	الشجاع	ش	400 مليون	2000
M49	4472	--	مجرة إهليلجية E2	8.4	12h 29.8m	+08° 00'	العذراء	ر	12-10 مليارات	55 مليون

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M50	2323	--	عنقود مفتوح II 3 m	6.3	7h 03.2m	-08° 20'	وحيد القرن	ش	130 مليونًا	3000
M51	5194	مجرة الدوامة	مجرة حلزونية SA(s)b pec	8.4	13h 30m	+47° 11'	السلوقيان	ر	10-12 مليارات	25 مليون
M52	7654	--	عنقود مفتوح I 2 r	7.3	23h 24.2m	+61° 35'	ذات الكرسي	خ	10 ملايين	4000-5000
M53	5024	--	عنقود كروي V	7.6	13h 12.9m	+18° 10'	الهلبة	ر	10-13 مليارات	60000
M54	6715	--	عنقود كروي III	7.6	18h 55.1m	-30° 29'	القوس	ص	10-13 مليارات	85000
M55	6809	--	عنقود كروي XI	6.3	19h 40m	-30° 58'	القوس	ص	10-13 مليارات	18000
M56	6779	--	عنقود كروي X	8.3	19h 16.6m	+30° 11'	القيثارة	ص	10-13 مليارات	30000
M57	6720	سديم الحلقة أو الخاتم	سديم كوكبي	8.8	18h 53.6m	+33° 02'	القيثارة	ص	6000-8000	2000
M58	4579	--	مجرة حلزونية SAB(rs)b	9.7	12h 37.7m	+11° 49'	العذراء	ر	10-12 مليارات	55 مليونًا
M59	4621	--	مجرة إهليلجية E5	9.6	12h 42m	+11° 39'	العذراء	ر	10-12 مليار	55 مليونًا

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M60	4649	- -	مجرة إهليلجية E2	8.8	12h 43.7m	+11° 33'	العذراء	ر	12–10 مليارات	55 مليونًا
M61	4303	- -	مجرة حلزونية SAB(rs)b	9.7	12h 21.9m	+04° 28'	العذراء	ر	12–10 مليارات	55 مليونًا
M62	6266	- -	عنقود كروي IV	6.5	17h 01.2m	-30° 07'	الحواء	ص	13–10 مليارات	25000
M63	5055	مجرة زهرة الشمس	مجرة حلزونية SA(rs)b	8.6	13h 15.8m	+42° 02'	السلوقيان	ر	12–10 مليارات	25 مليونًا
M64	4826	مجرة العين السوداء	مجرة حلزونية SA(rs)a	8.5	12h 56.7m	+21° 41'	الهلبة	ر	12–10 مليارات	15 مليونًا
M65	3623	- -	مجرة حلزونية SA(s)a	9.3	11h 18.9m	+13° 05'	الأسد	ر	12–10 مليارات	35 مليونًا
M66	3627	- -	مجرة حلزونية SAB(s)b	8.9	11h 20.2m	+12° 59'	الأسد	ر	12–10 مليارات	35 مليونًا
M67	2682	- -	عنقود مفتوح II 2 m	6.1	8h 50.4m	+11° 49'	السرطان	ش	4 مليارات	3000
M68	4590	- -	عنقود كروي X	7.8	12h 39.5m	-26° 45'	الشجاع	ر	13–10 مليارات	34000
M69	6637	- -	عنقود كروي V	7.6	18h 31.4m	-32° 21'	القوس	ص	13–10 مليارات	30000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M70	6681	- -	عنقود كروي V	7.9	18h 43.2m	-32° 18'	القوس	ص	13-10 مليارات	30000
M71	6838	- -	عنقود كروي IX	8.2	19h 53.8m	+18° 47'	الدلو	ص	13-10 مليار	13000
M72	6981	- -	عنقود كروي IX	9.3	20h 53.5m	-12° 32'	الدلو	ص	13-10 مليار	55000
M73	6994	- -	مجمة	9	20h 59m	-12° 38'	الدلو	ص	متنوع	2500
M74	628	- -	مجرة حلزونية SA(s)c	9.4	1h 36.7m	+15° 47'	الحوت	خ	12-10 مليار	25 مليونًا
M75	6864	- -	عنقود كروي I	8.5	20h 06.1m	-21° 55'	القوس	ص	13-10 مليار	70000
M76	650	دمبل الصغير	سديم كوكبي	10.1	1h 42.4m	+51° 34'	الفرس الأعظم	خ	6000	4000
M77	1068	- -	مجرة حلزونية SA(rs)b	8.9	2h 42.7m	+00° 02'	قيطس	خ	12-10 مليار	50 مليونًا
M78	2068	- -	سديم انعكاسي	8.3	5h 46.7m	+00° 03'	الجبار	ش	2 مليون	1400
M79	1904	- -	عنقود كروي V	7.7	5h 24.5m	-24° 33'	الأرنب	ش	13-10 مليار	40000

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M80	6093	--	عنقود كروي II	7.3	16h 17m	59' -22°	العقرب	ص	10-13 مليار	42000
M81	3031	مجرة بودي	مجرة حلزونية SA(s)a	6.9	9h 55.6m	04' +69°	الدب الأكبر	ر	10-12 مليار	12 مليونًا
M82	3034	مجرة السيجار	مجرة غير منتظمة I0	8.4	9h 55.8m	41' +69°	الشجاع	ر	10-12 مليار	12 مليونًا
M83	5236	مجرة دولاب الهواء الجنوبية	مجرة حلزونية SAB(s)c	7.6	13h 37m	52' -29°	الشجاع	ر	10-12 مليار	15 مليونًا
M84	4374	--	مجرة إهليلجية E1	9.1	12h 25.1m	53' +12°	العذراء	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M85	4382	--	مجرة إهليلجية أو عدسية ?(S0(3	9.1	12h 25.5m	12' +18°	الهلبة	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M86	4406	--	مجرة إهليلجية أو عدسية S0(3) or E3	8.9	12h 26.2m	57' +12°	العذراء	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M87	4486	--	مجرة إهليلجية E0	8.6	12h 30.8m	24' +12°	العذراء	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M88	4501	--	مجرة حلزونية SA(rs)b	9.6	12h 32.1m	26' +14°	الهلبة	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M89	4552	--	مجرة إهليلجية E0	9.8	12h 35.7m	33' +12°	العذراء	ر	10-12 مليار	55 مليونًا

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M90	4569	- -	مجرة حلزونية SAB(rs)a	9.5	12h 36.8m	10' +13°	العذراء	ر	12-10 مليار	55 مليونًا
M91	4548	- -	مجرة حلزونية SBb	10.2	12h 35.5m	30' +14°	الهلبة	ر	12-10 مليار	55 مليون
M92	6341	- -	عنقود كروي IV	6.4	17h 17.1m	08' +43°	هرقل	ص	13-10 مليار	27000
M93	2447	- -	عنقود مفتوح IV 1 p	6	7h 44.6m	52' -23°	الكوثل	ش	400 مليون	3000
M94	4736	- -	مجرة حلزونية SA(r)a	8.2	12h 50.9m	08' +41°	الهلبة	ر	12-10 مليونًا	15 مليونًا
M95	3351	- -	مجرة حلزونية SB(r)b	9.7	10h 44m	42' +11°	الأسد	ر	12-10 مليار	35 مليونًا
M96	3368	- -	مجرة حلزونية SAB(rs)a	9.2	10h 46.8m	49' +11°	الأسد	ر	12-10 مليار	35 مليونًا
M97	3587	سديم البومة	سديم كوكبي	9.9	11h 14.8m	01' +55°	الدب الأكبر	ر	8000	2000
M98	4192	- -	مجرة حلزونية SBab(s)cd	10.1	12h 13.9m	55' +14°	الهلبة	ر	12-10 مليار	50 مليونًا
M99	4254	- -	مجرة حلزونية SA(s)c	9.9	12h 18.9m	26' +14°	الهلبة	ر	12-10 مليار	55 مليونًا

الاسم	رقم الفهرس العام الجديد	الاسم الشائع	النوع والتصنيف	اللمعان الظاهري	المطلع المستقيم	الميل	الكوكبة	الفصل	العمر التقريبي (بالسنة)	المسافة (بالسنة الضوئية)
M100	4321	--	مجرة حلزونية SAB(s)b	9.3	12h 23m	+15° 50'	الهلبة	ر	10-12 مليار	55 مليونًا
M101	5457	مجرة دولاب الهواء	مجرة حلزونية SAB(rs)c	7.9	14h 03.2m	+54° 21'	الهلبة	ر	10-12 مليار	21 مليونًا
M102	5866	--	مجرة عدسية S0	9.9	15h 06.5m	+55° 46'	التنين	ص	10-12 مليار	40 مليونًا
M103	581	--	عنقود مفتوح III 2 p	7.4	1h 33.2m	+60° 42'	ذات الكرسي	خ	20 مليونًا	7000
M104	4594	مجرة القبعة المكسيكية	مجرة حلزونية	8	12h 40m	-11° 37'	العذراء	ر	10-12 مليار	30 مليونًا
M105	3379	--	مجرة إهليلجية E1	9.3	10h 47.8m	+12° 35'	الأسد	ر	10-12 مليار	35 مليونًا
M106	4258	--	مجرة حلزونية SAB(s)b	8.4	12h 18.9m	+47° 19'	الهلبة	ر	10-12 مليار	25 مليونًا
M107	6171	--	عنقود كروي X	7.9	16h 32.5m	-13° 03'	الحواء	ص	10-13 مليار	20000
M108	3556	--	مجرة حلزونية SBc	10	11h 11.5m	+55° 40'	الدب الأكبر	ر	10-12 مليار	40 مليونًا
M109	3992	--	مجرة حلزونية SB(rs)b	9.8	11h 57.6m	+53° 23'	الدب الأكبر	ر	10-12 مليارات	70 مليونًا

مصادر ومراجع للاستزادة

AAVSO - Variable Star Classification and Light Curves- An AAVSO course for the Carolyn Hurless Online Institute for Continuing Education in Astronomy (CHOICE)

AAVSO Manual for Visual Observing of Variable Stars

Antony Cooke - Visual Astronomy Under Dark Skies - A New Approach to Observing Deep Space

Astrophysics Authors: Wolfgang Demtröder

Biman B. Nath - The Story of Helium and the Birth of Astrophysics Authors:

Bradley W. Carroll, Dale A. Ostlie - An Introduction to Modern Astrophysics

Brian Greene - The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory

C. De Pree, A. Axelrod - The Complete Idiot's Guide to Astronomy 2nd ed -

C. R. Kitchin - Exoplanets Finding, Exploring, and Understanding Alien

Carlos Martins - The Universe Today - Our Current Understanding and How It Was Achieved

Daniel E. Barth - Star Mentor: Hands-On Projects and Lessons in Observational Astronomy for Beginners

Dave Eagle - From Casual Stargazer to Amateur Astronomer: How to Advance to the Next Level (The Patrick Moore Practical Astronomy Series)

David A. J. Seargent - Weird Astronomy - Tales of Unusual, Bizarre, and Other Hard to Explain Observations

David E. Falkner - Stories of Astronomers and Their Stars

David E. Falkner - The Mythology of the Night Sky, an Amateur Astronomer's Guide to the Ancient Greek and Roman Legends

David H. Levy - Observing Variable Stars: A Guide for the Beginner

David H. Lyth - The History of the Universe

David S. Stevenson- Extreme Explosions Supernovae, Hypernovae, Magnetars, and Other Unusual Cosmic Blasts

Dinah L. Moché - Astronomy: A Self-Teaching Guide, Eighth Edition (Wiley Self Teaching Guides)

- Dr. Martin Griffiths - Observer's Guide to Variable Stars
- E. Karkoschka - The Observer's Sky Atlas - With 50 Star Charts Covering the Entire Sky
- Edward van den Heuvel - The Amazing Unity of the Universe - And Its Origin in the Big Bang

Gareth Wynn-Williams - Surveying the Skies - How Astronomers Map the Universe

George Rhee- Cosmic Dawn The Search for the First Stars and Galaxies

Gerald North - Astronomy in Depth

Gerrit Verschuur - The Invisible Universe -The Story of Radio Astronomy

Grant Privett, Kevin Jones - The Constellation Observing Atlas

Herschel 400 - Observing Guide - Steve O'Meara

James Dire - Exploring the Universe A Practical Guide for Hobbyists

James Mullaney - Double and Multiple Stars and How to Observe Them

John R. Percy - Understanding Variable Stars

Karim A. Malik & David R. Matravers - How Cosmologists Explain the Universe to Friends and Family

Karl-Heinz Spatschek - Astrophysics: An Introduction to Theory and Basics

Kenneth R. Lang - A Companion to Astronomy and Astrophysics Chronology and Glossary with Data Tables

Luginbull & Skirr - Observing Handbook and Catalogue of Deep-Sky Objects

Martin Beech - Alpha Centauri - Unveiling the Secrets of Our Nearest Stellar Neighbor

- Masud Chaichian, Hugo Perez, RojasAnca Tureanu - Basic Concepts in Physics From the Cosmos to Quarks
- Michael Bakich - The Cambridge Guide to the Constellations
- Michael E. Bakich - 1,001 Celestial Wonders to See Before You Die, The Best Sky Objects for Star Gazers
- Michael K. Gainer - Real Astronomy with Small Telescopes - Step-by-Step Activities for Discovery
- Mike Inglis - Astrophysics is Easy! An Introduction for the Amateur Astronomer
- Multimessenger Astronomy - John Etienne Beckman
- Nebulae and How to Observe Them - Steven R. Coe
- Neil English - Space Telescopes - Capturing the Rays of the Electromagnetic Spectrum

Observing the Messier Objects with a Small Telescope In the Footsteps of a Great Observer - Philip Pugh

- Olmes Bisi - Visible and Invisible - The Wonders of Light Phenomena
- Patrick Moore - The Data Book of Astronomy
- Patrick Moore - Astronomy with a Budget Telescope

Philip M. Bagnall - The Star Atlas Companion - What You Need to Know about the Constellations

Philip S. Harrington - Cosmic Challenge: The Ultimate Observing List for - st Edition

R.H. Frater, W.M. Goss, H.W. Wendt - Four Pillars of Radio Astronomy: Mills, Christiansen, Wild, Bracewell

Rhodri Evans - The Cosmic Microwave Background - How It Changed Our Understanding of the Universe

Richard Hinckley Allen: Star Names — Their Lore and Meaning

Ronald Stoyan, Oculum-Verlag GmbH - Atlas of the Messier Objects Highlights of the Deep Sky

Sinnott Roger - Sky & Telescope's Pocket Sky Atlas

Stan Owocki -Fundamentals of Astrophysics

Star Clusters and How to Observe Them - Mark Allison FRAS

Stephen P. Maran - Astronomy For Dummies

Steve Miller - The Chemical Cosmos A Guided Tour

Steve O'Meara - Deep-Sky Companions - Hidden Treasures-

Steven Arnold - Radio and Radar Astronomy Projects for Beginners

Steven J. Dick - Classifying the Cosmos - How We Can Make Sense of the Celestial Landscape.

The Messier Objects - Deep-Sky Companions

V. B. Bhatia - A Textbook of Astronomy and Astrophysics with Elements of Cosmology.

Warren H. Finlay - Concise Catalog of Deep-Sky Objects - Astrophysical Information for 550 Galaxies, Clusters and Nebulae

Will Gater- The Cosmic Keyhole - How Astronomy Is Unlocking the Secrets of the Universe

Wolfgang Kapferer The Mystery of Dark Matter - in Search of the Invisible

النجوم والأنواء في التراث العربي - علي حسن موسى.

كتاب الأنواء في مواسم العرب - ابن قتيبة الدينوري.

علم الفلك الشعبي وحساب المواسم والفصول عواد ملهي عثمان.

الفلك والأنواء في التراث - علي عبندة.

النجوم الثوابت: وأسماؤها العربية والأفرنجية - مجلة المجمع العلمي العربي - أمين المعلوف.

بسائط علم الفلك وصور السماء - يعقوب صرُّوف.

أسماء النجوم في الفلك الحديث - أصولها وتطورها - عبد الرحيم بدر.

كتاب صور الكواكب لأبي الحسين عبد الرحمن بن عمر الرازي الصوفي - تحقيق وشرح خالد العجاجي.

أرجوزة الكواكب - لأبي علي الحسين بن عبد الرحمن بن عمر الرازي المعروف بابن الصوفي - شرح وتحقيق خالد العجاجي.

مكتبة
t.me/soramnqraa

كتاب الكون

هذا الكتاب لا يتطلب معرفة سابقة بعلم الفلك، إذ يبدأ من مقدمات مبسطة وموضحة بعناية، لينطلق بك تدريجيًّا إلى استكشاف مكونات سماء الليل من نجوم ومجرات وسدم وغيرها من الأجرام السماوية، بأسلوب يجمع بين سهولة العرض وسحر الحكايات المدهشة. ولتحقيق هذا الغرض، فهو يقسم السماء إلى شرائح، يخصص لكلٍّ منها فصلًا مستقلًّا، وفي أثناء ذلك يخصص عددًا من الفصول الإضافية ليجيبك بدرجة من التفصيل المُيسر عن أسئلة عميقة قد تدور في ذهنك عن هذا الكون الباهر بالأعلى، مثل: كيف يعرف العلماء المسافات إلى أبعد النجوم؟ وكيف يحددون سمات تلك الأجرام المنيرة من كتلة وحجم وحرارة بل وعمر؟ وماذا عن تلك الكواكب التي تدور حول نجوم أخرى، كيف يعرفون إن كانت صخرية مثل أرضنا أو غازية أو ربما تُمطر رمالًا؟ وكيف يكتشفون أسرارَ الكون الأولى وما حدث قبل مليارات السنين؟

أعمال أخرى للكاتب

غلاف: محمود هشام

مكتبة
t.me/soramnqraa

عصير الكتب
www.aseeralkotb.com
contact@aseeralkotb.com
aseeralkotb
aseeralkotb
aseeralkotb