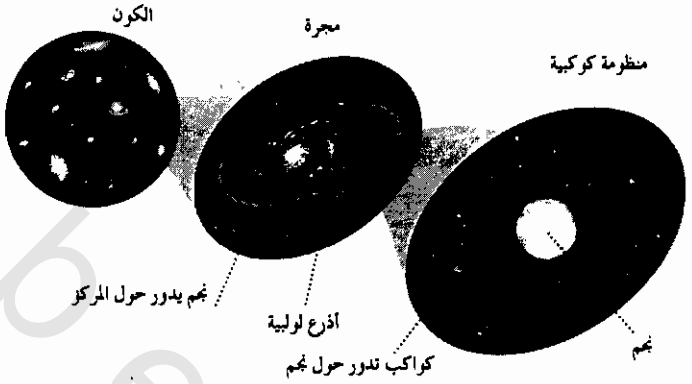
تمهيد عن الكون

ما مقدار حجم الكون؟ دعنا نحاول الإجابة بلغة من بيئة الإنسان:

تستطيع أسرع طائرة نفاثة مقاتلة أن تقطع ما يزيد عن كيلومتر واحد (أو ٠,٦ من الأميال) فى الثانية، وهذا اسرع بثلاثة أمثال من سرعة الصوت، وحتى بهذه السرعة سيستغرق الواحد منا مليون سنة للوصول إلى أقرب نجم بعد الشمس، وهو نجم قنطورس القريب Proxima Centauri. ومع ذلك لو أننا اختزلنا هذه المسافة لتكون فى حجم رقيقة من رقائق الحبوب فى سلطانية للإفطار، فإن أقصى المجرات ستكون بعيدة عند الجانب الآخر من كوكب الأرض، قد يبدو مع هذه المقاييس الهائلة أنه من غير الواقعى إلى حد مهول أن يزعم علماء الفلك أنهم يعرفون كل هذا القدر من المعلومات عن الكون ومحتوياته كلها، على أن الباحثين المحدثين لديهم الكثير من الوسائل والمعدات التى تساعدهم فى أبحاثهم للكشف عن أسرار الفضاء. شهد القرن الماضى تطورات فى العلم والتكنولوجيا تزيد عما حدث فى كل التاريخ، سيكتشف القارئ من هذا الكتاب من أين أتى الكون، وإلى أين قد يذهب.. ولكن دعنا أولا نلقى نظرة على ما يوجد بالضبط فى الكون، ونكتشف كيف يعرف علماء الفلك ما يزعمون أنهم يعرفونه عنه.

obeikandl.com

جولة قصيرة فى كل مكان



الكون مصنوع من كل ما هو موجود. معظم المادة المرئية فى الكون تتجمع فى مجرات لا حصر لعددها، وقد صنعت هذه المجرات من نجوم وكواكب تشكل المنظومات الكوكبية. يوجد من حولنا فى كل اتجاه هذا الكون من الكواكب، والمذنبات، والنجوم، والمجرات والسدم، وسحب الغاز والتراب. لعل القارئ سيرى فى ليلة مظلمة صافية آلافا عديدة من النجوم، وكوكبا أو اثنين، ومناطق قليلة غائمة. إحدى هذه المناطق الغائمة هى مجرة أخرى – مجرة أندروميدا (المرأة المسلسلة) – إنها جزيرة ماردة من النجوم وهى أبعد وأكبر جرم نستطيع رؤيته دون مساعدة من أجهزة بصرية. تبعد عنا مجرة أندروميدا بمسافة ٢,٩ مليون سنة ضوئية(*) وعرضها يزيد عن مائة ألف سنة ضوئية. أندروميدا من حيث السياق الكونى تعد قريبة منا، عند الطرف الأقصى الآخر من مقاييس الكون، يقيس علماء الفلك مسافات تبلغ بلايين السنين الضوئية. هيا نبدأ الآن جولة لنرى ماذا هناك غير ذلك، بادئين بأقرب الأجرام لبيتنا، أى بادئين بكواكب منظومتنا الشمسية.

الكواكب:

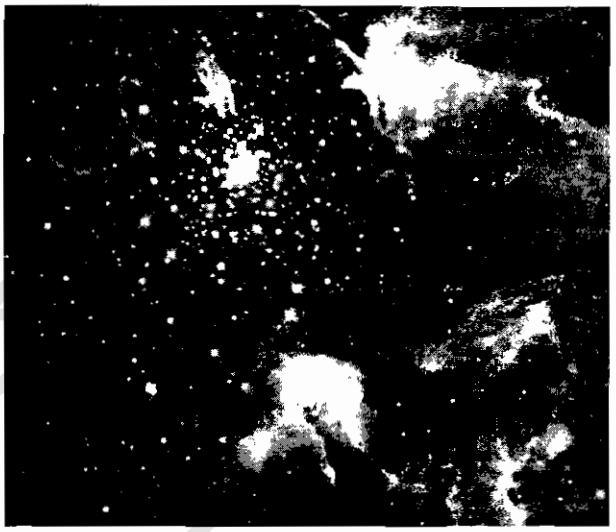
قبل سنة ١٨٠٠ كانت الكواكب التى نعرفها هى فقط الكواكب الستة الموجودة بالداخل أكثر من باقى الكواكب التسعة التى تشكل المنظومة الشمسية، على أن علماء الفلك يعرفون الآن أن الكواكب منتشرة فى الكون وربما توجد خلاله كله. توجد الكواكب فى نوعين: الكواكب الصغرى تسمى كواكب أرضية بمعنى أنها فيها شبه بالأرض. وهى مصنوعة فى معظمها من مواد صخرية ومعدنية ولها أسطح جامدة، ولكنها قد يكون أو لا يكون لها جو. تقع فى هذه الفئة

(*) السنة الضوئية: المسافة التى يجتازها الضوء فى الفراغ فى عام واحد، وتساوى تقريبا ٩,٥ مليون مليون من الكيلومترات (٦ مليون مليون ميل). (المترجم).

كواكب عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ، وبلوتو فيما يحتمل. الكواكب الأخرى – المشترى، وزحل، وأورانوس، ونبتون وكذلك كل الكواكب الأخرى التى وجدت حتى الآن حول نجوم أخرى غير الشمس، كلها أكبر بمرات عديدة، وتعرف بأنها العمالقة الغازية، حتى وإن كانت فى الواقع غير مصنوعة من الغاز. وهى مصنوعة من مواد توجد طبيعيا فوق الأرض فى شكل غازات كالهيدروجين والهيليوم، ولكنها داخل الكواكب العملاقة نفسها توجد بالفعل فى شكل سوائل. وهكذا فإن العمالقة الغازية هى فى الحقيقة كرات هائلة من سوائل دوارة. وكلها لها جو يمتزج مع ما يوجد داخلها،كما أن من المحتمل أن تكون لها قلوب جامدة.

النجوم:

كما يقول عالم الرياضة البريطانى السير جيمس جينز (١٨٧٧ – ١٩٤٦)، «لو وضعنا ثلاث حبات من الرمال داخل كاتدرائية ضخمة، ستكون تعبئة الرمال هكذا داخل الكاتدرائية أكثر تقاربا من النجوم فى تعبئتها للفضاء». ومع ذلك فإن الأغلبية العظمى من الكواكب تدور حول نجوم، مثلما تدور الأرض حول الشمس. على أنه حتى مع استخدام أقوى التليسكوبات لن تظهر النجوم أكبر من مجرد نقاط. أما فى الحقيقة فإن النجوم كرات ضخمة من غاز ساخن يصل عرضها إلى عشرات أو حتى مئات الآلاف من الأميال. وهى توجد بكل الأحجام والألوان – بل وحتى فى أزواج من نجمين مقترنين يدور الواحد منهما حول الآخر وتعرف بالنجوم الثنائية. نجد عند الحد الأدنى من المقاييس النجمية النجوم الصغرى والأكثر شيوعا، التى تعرف بالأقزام الحمراء، والأقزام الحمراء تكون كتلتها نمطيا نصف كتلة الشمس وتقرب درجة حرارة سطحها من ٤٠٠٠°م (٧٠٠٠°ف). النجوم المشابهة للشمس أسخن قليلا، ولونها أصفر، وكتلتها أكبر، وليست شائعة إلى حد بالغ. عند الطرف الأعلى من المقاييس النجمية، هناك النجوم الشديدة الضياء وتزيد كتلتها عن عشرة أمثال كتلة الشمس، وهذه هى العمالقة الزرقاء، وهى نادرة جدا، وساخنة إلى درجة استثنائية، فتزيد حرارتها عن ٥٠٠٠٠°م (٩٠٠٠٠°ف). وعلى أى حال فإن كل هذه النجوم تحترق بالطريقة نفسها خلال كل حياتها، إلا أن النجوم عندما يتقدم بها العمر تصيبها بعض تغيرات مذهلة. وكمثل فإن الشمس ستأخذ فى النهاية فى أن تموت بأن تتضخم أولا لتغدو وحشا نجميا يعرف باسم العملاق الأحمر، وهو أكبر من النجم التقليدى بمئات كثيرة من المرات، وإن كان العملاق الأحمر أحف كثيرا فى الكتلة. يعقب هذه المرحلة تقلص النجم وموته تاركا وراءه جثة ضئيلة الحجم تعرف بالقزم الأبيض، وحجمه أصغر بمائة مرة عن النجم الطبيعى.

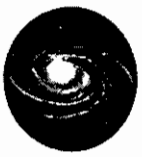


مولد وموت النجوم: تولد النجوم فى سحب هائلة من الغاز والغبار تسمى السدم. رصدت سدم يحوى الواحد منها نجوما من كل الأعمار. يوجد فى السديم سحب قاتمة لم تبدأ بعد فى التقلص لتشكل نجوما،كما توجد أيضا أعمدة من هيدروجين متوهج تحوى نجوما بازغة، وثمة حشد لامع فى جزء من السديم يحوى نجوما ضخمة صغيرة السن ستكون لها حياة قصيرة، بينما قد يوجد عملاق فائق أزرق هو نجم قارب الموت.

السدم:

السدم سحب من الغاز والغبار تتكون فيها العديد من النجوم، والسدم مستودعات هائلة من الهيدروجين والهيليوم، لكنها أيضا تحوى آثارا من غازات أخرى وبعض حبيبات من الكربون لها أغلفة ثلجية على السطح. السدم إما لامعة أو قاتمة حسب طريقة رؤيتها وما إذا كانت قريبة من أى نجوم. الضوء الآتى من النجوم القريبة ينعكس من على الغاز لينتج عن ذلك سديم انعكاس، أو أن الضوء يجعل السديم يتوهج مثل الشفق، فنرى سديما لامعا يسمى سديم انبعاث. أما إذا لم تكن هناك نجوم مجاورة، فإن الغاز لن يعكس ضوءاً ويظل بدلا من ذلك مظلما، ولا يمكن رؤيته إلا بواسطة أى مادة لامعة يحجبها جزئيا. أكبر السدم هى السحب الجزيئية العملاقة وقد يصل عرضها إلى مئات السنوات الضوئية، وتحوى مادة تكفى لتكوين ملايين النجوم.

المجرات:


مجرة لولبية

مجرة أهليلجية

مجرة غير منتظمة

المجرات لها حجمها الأكبر – جزر هائلة من السدم، ونجوم، وكواكب، فيما يفترض. توجد المجرات فى ثلاثة أشكال أساسية. مجرتنا درب اللبانة مثل للمجرة اللولبية وتحوى تقريبا مائتى بليون من النجوم. كما يطرح اسمها فإن المجرات اللولبية لها توزيع للنجوم والسدم فى شكل لولب، والمجرة هنا عموما مسطحة مثل القرص. على أن لها أيضا بروزا عند مركزها بحيث إنها عندما ترى من الجانب تبدو كبيضتين تم قليهما ظهرا لظهر. المجرات الأكبر هى المجرات الأهليلجية، وقد تصل كتلتها إلى ما يزيد بعدة مرات عن المجرات اللولبية، ويزيد عرضها من جانب للآخر زيادة لها قدرها عن ١٠٠٠٠٠ سنة ضوئية. المجرات الأهليلجية لها شكل يشابه كرة قدم(*) ماردة، ولكنها بخلاف كرة القدم يكون لكل محور من محاورها الثلاثة طول مختلف. تختلف المجرات اللولبية بأنها تحوى كمية قليلة جدًا من المواد السديمية وبالتالى فإنها لا تحوى إلا القليل جدا من النجوم الجديدة.

وأخيرا هناك ما يسمى المجرات غير المنتظمة التى لا يتفق شكلها مع أى من الفئتين الأخريين، وعلى كل ليست كل المجرات غير المنتظمة مجرات مشوهة كما يطرح اسمها، فبعضها لها شكل قرص وتحوي مثل المجرات اللولبية مناطق نشطة فى تكوين النجوم، لكنها ليس لديها أذرع لولبية يمكن تمييزها.

هناك مجرة قريبة من الأرض تسمى السحابة الماجلانية الكبيرة، وهى بعيدة عنا بمسافة ١٧٩٠٠٠ سنة ضوئية، وبهذا فإنها من أقرب المجرات لنا، وتحوى ما يزيد عن

(*) كرة القدم الأمريكية لها شكل بيضاوى يقارب الشكل الإهليلجى. (المترجم)

بليون من النجوم. رُصدت صورة لهذه المجرة فيها سحابة زرقاء (إلى اليسار) تخلقت بواسطة تفجر نجم ضخم.

رصد تليسكوب هابل الفضائى فى صور مجاله العميق مجرات تختلف اختلافا واسعا وتُعد أبعد ما رأيناه قط من المجرات، وقد تكونت هذه المجرات بعد زمن قصير نسبيا من بدء الكون.

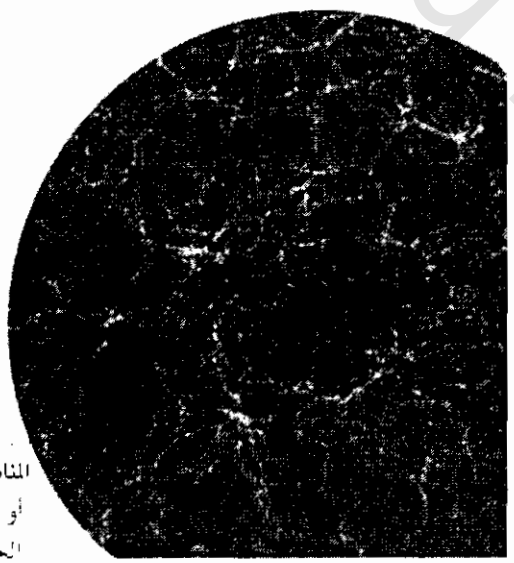
حشود المجرات:

كما أن النجوم تتجمع معا بتأثير الجاذبية لتشكل المجرات، فبمثل ذلك تماما تؤثر الجاذبية بدورها فى المجرات لتجعلها تتجمع معا فى حشود أكبر كثيرا. أكبر الحشود مثل حد «فيرجو» (العذراء) تحوى آلافا من المجرات المفردة وتشغل مناطق من الفضاء يبلغ عرضها ما يقرب من ٢٠ مليون سنة ضوئية. إلا أن هناك حشودا صغيرة مثل حشد «المجموعة المحلية» يحوى درب التبانة وأندروميدا معا، ولا يأوى فيه إلا ما يقرب من الثلاثين من المجرات الصغيرة نسبيا فى منطقة تمتد لما يقرب من خمسة ملايين سنة ضوئية. عمومًا تظهر أغنى حشود المجرات بعض نوع من بنية مثلها مثل المجرات نفسها، فهناك مجرات ضخمة جدا تكون عادة إهيلجية وتسود على المناطق المركزية للحشد. المجرات هاهنا فى المناطق المركزية يمكن أن تكون لها كثافة قصوى، بحيث لا تتباعد المجرات إحداها عن الأخرى إلا بمسافة من أقطار قليلة وتكون هكذا محشودة معا عن قرب أكثر من النجوم، إلا أنه مع الابتعاد لأكثر عن قلب الحشد، تنخفض الكثافة وتصبح المجرات نفسها أصغر وغير منتظمة وأكثر مباعدة وتحوى كل منها ملايين قليلة فحسب من النجوم.

الصور التى يولدها الكمبيوتر لشرائح خلال الكون تظهر انتظام بلايين المجرات فى حشود تربطها معا خيوط رفيعة تمر عبر مسافات من بلايين السنين الضوئية ويوجد فيما بين الحشود مناطق هائلة من الفضاء الخاوى.

الحشود الفائقة:

حشود المجرات ليست أكبر البنى التى يُعرف وجودها، ذلك أنه كما أن المجرات تنحو إلى التجمع معا، فبمثل ذلك تنحو الحشود بأكملها إلى التجمع معا لتشكل مجموعات هائلة حقا تعرف بالحشود الفائقة. بمنظور المقاييس العظمى فى الكبر نجد أن الكون له قوام كالزبد، هناك صفحات هائلة من الحشود والحشود الفائقة – كل منها تأوى فيها بلايين المجرات – تشكل هذه الصفحات الجدران أو الخيوط الرفيعة «للفقاقيع» فى الزبد. يوجد داخل الفقاقيع مساحات خالية هائلة لها اسمها الملائم وهو «الخواءات» وهى نفسها يمكن أن يصل عرضها إلى ١٥٠ – ٢٠٠ مليون سنة ضوئية. تكاد كل المادة المرئية فى كل الكون المرصود أن تكون محبوسة داخل هذه الصفحات والخيوط المارة. على الرغم من وجود بلايين المجرات، إلا أن الكثير من أجزاء الكون يبدو خاليا على نحو لا يصدق. الحقيقة أنه يبدو أن هناك ملمحًا وحدا فقط أكبر من الحشود الفائقة – وهو الكون نفسه. الكون عند مقارنته بأكبر الكويكبات ستكون نسبة كبره عن الكويكب مماثلة لنسبة كبر الكويكب عن أصغر الجسيمات تحت الذرية(*) المسماة بالكواركات.



(*) الجسيمات تحت الذرية: الجسيمات الصغرى التى تكوّن الذرة كالإلكترون والكوارك. الكواركات تكوّن بروتونات ونيوترونات النواة. (المترجم).

كيف عرفنا ما نعرفه

كيف عرف علماء الفلك ما يعرفونه؟ كيف يمكنهم أن يعرفوا مسافة بعد النجوم، ومدى كبر حجمها، ومقدار ما تحويه من كتلة، وما إلى ذلك؟ الإجابة لها علاقة كبيرة بالأجهزة التى يستخدمها الباحثون. على أن هناك مفاتيح مهمة للأسرار تنتج أيضا عن الطريقة التى تسلك بها الكثير من الأجرام الفلكية والتى تتفاعل بها معا.

قياس شدة الضوء:

أحد أهم الأنشطة الأساسية التى يمكن لأى فرد أن يقوم بها فى علم الفلك هى أن يراقب جرما ليرى كيف تتغير مستويات ضوئه عبر مرور الوقت. يعرف هذا العلم بأنه «علم قياس الضوء» (Photometry). وكمثل هيا نتصور كويكبا يدور فى الفضاء. الكويكبات كتل غير منتظمة الشكل من المعدن أو الصخر، وهى أصغر من الكوكب. إذا كان الكويكب فى شكل بيضة فإن درجة نصوعه عند رؤيته من جانبه، حيث يكون الجزء الأكبر منه مرئيا، تكون أكثر مما عند رؤيته من طرفه. وبالتالى فإن بمجرد دراسة طريقة تغير الضوء الآتى من الكويكب عبر مرور الوقت، يستطيع علماء الفلك أن يعرفوا سرعة دورانه وأن يشكلوا بعض فكرة عن شكله. هيا الآن نتخيل نجما يظهر تغيرات طفيفة جدا فى نصوعه عبر فترة من الزمن. قد تكون هذه علامة على أن هناك كواكب تدور حول هذا النجم لأن ضوء النجم سيقل قلة طفيفة جدا عندما تمر الكواكب أمامه وتحجبه هونا. قد يكون هناك نجمان يدور أحدهما حول الآخر، وحيث إنه لا يوجد نجمان يتماثلان تماما فى ضيائهما، فإن مستويات الضوء تتغير خلال كل دورة، وعندما يكون النجم الأغمق فى المقدمة يقل الضوء، وعندما يكون النجم الأنصع فى المقدمة يزيد مستوى الضوء. أو أن الأمر خلاف ذلك، أى أن النجم قد يكون لديه بقع فوق سطحه وتتباين درجة نصوعه حسب عدد المناطق ذات البقع الأغمق التى ترى عند لحظة معينة. كل هذه التغيرات الصغيرة جدا فى قياس الضوء يمكن الآن اكتشافها وتطرح وجود كواكب، أو نجوم ببقع، أو وجود أنواع غير ذلك من النجوم.

تاريخ التليسكوب:

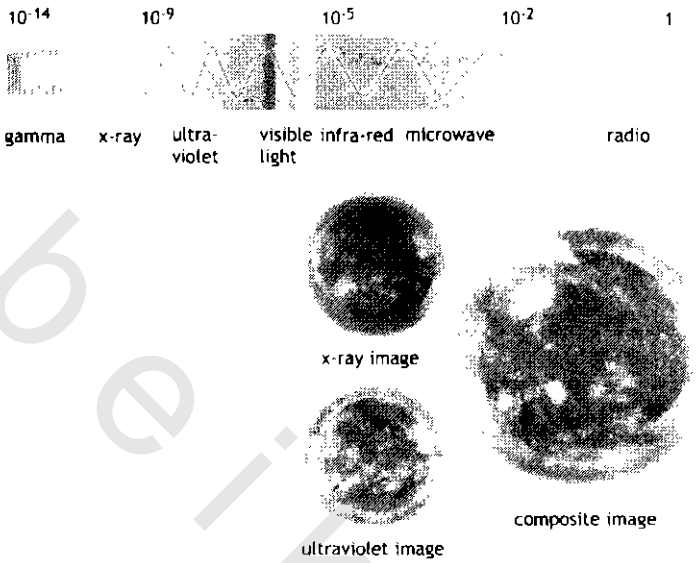
صنع جاليليو (١٥٦٤ – ١٦٤٢) التليسكوب المشهور بأن أنشأ تليسكوبا انكساريا يحوى عدستين يحدثان انكسارا أو انحناء فى الضوء الذى يدخل التليسكوب. فى سبعينيات القرن السابع عشر أنشأ إسحق نيوتن (١٦٤٢ – ١٧٢٧) الفيزيائى الإنجليزى تصميما أفضل للتليسكوب يتأسس على المرايا. وصنع بذلك أول تليسكوب عاكس شغال. يتواصل استخدام كلا النوعين من التليسكوبات على الأرض، وأمكن فى أوائل القرن العشرين صنع تليسكوبات أكبر. أحد الاستخدامات الأخرى للتليسكوب هى «الاستماع» إلى الكون. هناك أجرام كثيرة فى الفضاء تبث إشارات راديو قوية، وهكذا بدأ بناء تليسكوبات راديو (لاسلكى) للكشف عنها. وعلى كل فإن الضوء المرئى وموجات الراديو هى فحسب جزء من الطيف الكهرومغناطيسى، ويمكننا أن نجمع المزيد من المعلومات بأن نفحص الإشعاع الآتى من أجزاء أخرى من هذا الطيف، مما يكون عادة محجوبا بالجو. طُرح فى أربعينيات القرن العشرين بناء تليسكوب يتخذ موقعه فوق الجو ليتفادى تأثير طبقات الجو فى الرصد. تم فى النهاية إطلاق تليسكوب هابل الفضائى فى ١٩٩٠، رُكبت كل الأجهزة وراء المرآة الرئيسية، وهناك مرآة أصغر تعكس الصور ثانية داخل تلك المنطقة من التليسكوب لتسجيلها وتحليلها. أصبح تليسكوب هابل يعمل بكل طاقته فى ١٩٩٣ والتقط صورا مهمة حسب برامج أعدت لإثبات أو تغيير ما كان يطرح قبل إطلاق التليسكوب.

الطيف الكهرومغناطيسى:

الإشعاع الكهرومغناطيسى شكل من الطاقة ينتقل خلال الفضاء والمادة. هناك أنواع مختلفة من الإشعاع يتميز كل منها حسب طول الموجة والطاقة وتشكل فى مجموعها الطيف الكهرومغناطيسى. العين البشرية لا ترى إلا شريطا ضيقا من الإشعاع فى منتصف هذا الطيف، ويسمى هذا بأنه الضوء. وإذن فحتى «نرى» المزيد من الكون أنشئت تليسكوبات تكشف عن الأجرام التى تبعث إشعاع ضوء قليل جدًا، ولكنها تبعث أيضا موجات كهرومغناطيسية ذات أطوال أخرى. أول التليسكوبات البديلة كانت تليسكوبات الراديو، ثم أُنشئت تليسكوبات أخرى للكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال الأخرى. أُطلق فى الفضاء فى أواخر القرن العشرين تليسكوب كومبتون لرصد أشعة جاما، وتليسكوب شاندرا(*) لرصد أشعة إكس. كما التقطت الأقمار الصناعية المختلفة صورا لمختلف الإشعاعات التى تبثها الشمس كأشعة إكس والأشعة فوق البنفسجية، وتركب صور الأشعات المختلفة معا فى صورة موحدة تعطى معلومات أكثر عن الشمس.

(*) كرمبتون وشاندرا عالمان فى الفيزياء حاز كل منهما جائزة نوبل. (المترجم)

أطوال الموجات النمطية بالمتر



الطيف الكهرومغناطيسى من موجات الراديو حتى موجات أشعة جاما، ويعرف هذا المدى من ترددات الإشعاع الكهرومغناطيسى بأنه الطيف الكهرومغناطيسى

الدراسات الطيفية Spectroscopy :

مع كل، ما لقياسات الضوء من فائدة إلا أن لها حدودها. هناك تكنيك آخر أكثر قوة وهو دراسات الطيف. يمرر الضوء خلال سلسلة من شقوق ضيقة فينقسم متشعبا إلى طيف من ألوان الضوء. يقطع هذا الطيف خطوط الطيف القاتمة. سبب هذه الخطوط أن مصدر الضوء مصنوع من ذرات تمتص الضوء عند أطوال الموجات المحددة المصحوبة بألوان معينة. هكذا يمتص كل عنصر معين الضوء عند المدى المعين من أطوال الموجات الخاصة به. وكمثل، فإن خطوط الطيف عند مدى معين من أطوال الموجات لا يمكن أن تعنى إلا أن هناك هيليوم موجود فى النجم، فى حين أن خطوط الطيف عند نقطة مختلفة من مدى طول الأمواج تشير إلى وجود مادة أخرى مختلفة. تتيح هذه الطريقة لعلماء الفلك أن يستنتجوا ما هى الغازات التى تحويها الأجرام التى ينظرون إليها، وبالاضافة، فإن المدى الدقيق لخطوط الطيف لكل ذرة وكثافة هذه الخطوط تتباين حسب الخصائص الفيزيائية للذرات. دراسة الطيف لا تقتصر على أنها تدل على ما تتكوّن منه الأجرام، ولكنها أيضا تدلنا على مقدار سخونة أو كثافة الأجرام. هكذا يمكن قياس ما للأجرام من الضغط والكثافة والحرارة عن طريق قياس عرض وكثافة خطوط الطيف المفردة.

ظاهرة دوبلر:

إحدى المزايا الأخرى فى دراسة الطيف أنها يمكن أن تكشف عن مدى سرعة حركة الأجرام. دعنا نتخيل سيارة إطفاء للحريق تطلق صفارتها متجة إلينا. ستنضغط موجات الصوت الآتية لنا من سيارة الحريق بسبب حركتها أماما. يعطى هذا للصوت موجة قصيرة الطول تخلق طبقة صوت عالية. عندما يتم مرور عربة المطافئ، ستغدو الآن هذه الموجات نفسها ممطوطة وهى فى طريقها لنا، وبهذا يكون لها طول أكبر وهذا يخلق طبقة صوت أكثر انخفاضا. يسمى هذا بأنه ظاهرة دوبلر. الترددات الدقيقة للصوت الذى نسمعه تعتمد مباشرة على سرعة واتجاه حركة سيارة المطافئ بالنسبة لمكان وجودنا، هذه الظاهرة مهمة فى علم الفلك ذلك لأنها تنطبق أيضا على موجات الضوء. النجم الذى يتحرك تجاهنا تكون موجات ضوئه منضغطة – حيث تظهر خطوط الطيف عند تردد عالى – فتكون أكثر زرقة بدرجة قليلة عما إذا كان الجرم ثابتا بالنسبة لنا. يعرف هذا بأنه الإزاحة الزرقاء. وبالمثل، فإننا نرى إزاحة حمراء إذا كان الجرم يتحرك بعيدا عنا. أطوال موجات خطوط الطيف يمكن أن تخبر علماء الفلك عن اتجاه حركة الجرم ومدى سرعته. وهكذا فإنه بتطبيق ظاهرة دوبلر على الضوء المنبعث من النجوم والمجرات يصبح من الممكن أن نستنتج ما إذا كانت تتحرك تجاهنا أو بعيدا عنا ومدى سرعة هذه الحركة.

المسافات:

اذا عرف عالم الفلك مقدار اللمعان الأصيل للنجم – أى مقدار الضوء الذى يبعثه بالفعل – فإنه سيستطيع أن يقدر مدى بعده. يشابه ذلك أننا لو عرفنا مقدار لمعان مصابيح سيارة سوف نتمكن من معرفة مدى بعدها عن طريق ما يبدو عليه لمعان أنوارها، يماثل ذلك أيضا أننا نستطيع أن نقدّر المسافة النسبية لمصابيح الشارع، فالمصابيح البعيدة تبدو أكثر قتامة من القريبة. من الصعب فى الفضاء أن نعرف ما إذا كان النجم اللامع هو نجم قريب شاحب أو نجم لامع بعيد. يعتمد علماء الفلك

على فئة من النجوم يتغاير ضوءها ويُعرف متوسط ضياؤها الأصيل معرفة أكيدة، وهى ما تسمى القيفاويات Cepheids. لهذه النجوم مستويات ضوء تعلو وتنخفض عند فترات محددة بدقة تستمرلساعات قليلة. المفتاح هنا هو أنه كلما كان أى نجم قبفاوى معين له لمعان أصيل أكثر، يكون تغير لمعانة ببطء أكثر. وبالتالى فإن فترة التغاير التى تقاس بسهولة بالقياس الضوئى سوف تخبر علماء الفلك فى التو بمدى لمعان النجم الظاهر. وكما هو الحال مع مصابيح السيارة، إذا كنا نعرف مدى لمعان النجم فى الحقيقة، سوف تتمكن عن طريق لمعانه الظاهرى من أن نعرف مسافة بعده.

كيف توزن النجوم:

حتى يزن علماء الفلك نجمين من النجوم الثنائية، سيحتاجون إلى معرفة سرعتهما ومقدار الزمن الذى سيستغرقه النجمان لإكمال مدار (الفترة المدارية). حسب قانون الجاذبية هناك علاقة مباشرة بين هذه الفترة وبين كتلتى الجرمين وبين مسافة بعدهما أحدهما عن الآخر. كل الأجرام فى الكون يجذب أحدها الآخر. الجاذبية بين الأرض وعربة هبوط تهوى لأسفل فى ألعاب الملاهى يمكن قياسها عن طريق وزن العربة، وهذا الوزن هو شد الجاذبية بين العربة والأرض. يعتمد هذا أولا على كتلة العربة وكتلة الكوكب. لو ضاعفنا وزن الناس فى العربة ستجذب الجاذبية العربة بشدة تبلغ مثلين. كما أنه يعتمد ثانيا على مسافة بعد العربة عن مركز الكون، فكلما زاد بعدها عن المركز أصبح الشد الذى يمارسه الكوكب أضعف، حسب قاعدة تعرف بقانون عكس – المربع. باستخدام هذا القانون مع معدل سرعة مدار النجوم كما تكشف عنه الدراسة الطيفية، سوف يستطيع علماء الفلك تقدير المسافة بين نجمين. ومن هذا يمكنهم أن يحسبوا كتلتهما – وهكذا فإنهم بأحد المعانى يستطيعون وزن النجوم.

قانون عكس المربع:

الجاذبية تتبع قانون عكس المربع. عندما نضاعف المسافة بين جرمين فإن أحدهما يجذب الآخر بمقدار الربع من القوة. إذ زدنا المسافة بثلاثة أمثال،تنخفض قوة الجاذبية للتسع. وهكذا فإن تأثير الجاذبية يقل بمقدار مربع المسافة.