المقتطف

الجزء الخامس من المجلد الثامن والتسعين

١ مايو سنة ١٩٤١ — ٢ ربيع الثاني سنة ١٣٦٠

الفضاء بين النجوم

تقدم علماء الفلك في العصر الحديث تقدماً عظيماً في قياس ابعاد النجوم، ولكنهم لم يحصروا عنايتهم بقياسها في طريقة « زاوية الاختلاف » بل اعتمدوا على وسائل حديثة طبيعية واحصائية، ثبت صحة نتائجها باتفاقها والآراء الفلكية المسلَّم بها. وأسفر هذا البحث المتواصل عن صورة جديدة لتكوين النجمي فاذا هو مجموعة من الوف الملايين من النجوم والمجرات منثورة في فضاء رحب شدَّ ما يسترعي انتباهك فيه فراغه العظيم. فاذا فرضت وجود اربعة من صغار الاسماك في المحيط الاطلسي رسمت لنفسك صورة تبين رحابة الفضاء الكائن بين النجوم وفراغ هذه الرحاب

ولقد وسع في روع الباحثين، من عهد غير قريب، ان الفضاء الكائن بين النجوم ليس فراغاً تامًّا. فقد شاهد الراصدون، ان اشعة الضوء التي تمر في رحاب الفضاء تتبثث، وهذا التبثث لا يمكن ان يتم اذا كان الفضاء فراغاً تامًّا، ولا بدَّ من يحتوي الفضاء هنا وهناك على ذرة شاردة او كوكب تائه. والواقع ان الصور الفوتوغرافية التي صورت لمناطق مختلفة من السماء وخصوصاً مناطق المجرة، تثبت وجود نواح تملؤها مادة غازية كثيفة تحجب ضوء النجوم التي وراءها فتمنع وصوله الينا بامتصاصه. وبعض هذه القطع الغازية ذو مساحة وحدود واضحة، وبعضها لا حدود له ولكن كثافته تقل رويداً رويداً الى ان يتدمج فيما نحسبه عادة الحيز الخالي الادم

وهذا يشير اشارة لا لبس فيها الى احتمال انتشار مادة لطيفة في رحاب الفضاء بين النجوم

بسط ادنغتن اولاً هذا الرأي في خطبته البكرية Bakerian من نحو خمس وعشرين سنة واثبت بالادلة الراجحة ان الفضاء بين النجوم ليس فراغاً بل هو « ممتلئ » مادة. وليس المراد بلفظ

« ممتلىء » هذا اعتقاد لادة حتى لا يسع الفضاء شيئاً علاوة على ما فيه ، وانما يقصد منها النفي أي اننا لا نجد ناحية معينة في رحاب الفضاء خالية خلوّاً تامّاً من المادة ولو في ألطف حالاتها

وقد انقضت الآن فترة ، أثبت الراصدون في أثنائها ، بالمشاهدة صحة هذا الرأي ، بل أن حديث التقدم في هذه الناحية من الطبيعيات الفلكية من أوثق الاحاديث العلمية لاب . والغريب ان هذا الاكتشاف نشأ — كطائفة كبيرة من المكتشفات — من مشاهدة شذوذ أو انحراف عن القاعدة العامة في اثناء بحث مسألة علمية أخرى

في علم الطبيعة مبدأ يعرف بمبدأ دبلر (Doppler) مؤداهُ أن اقتراب جسم مضيء اليك في اثناء اهتزازه للصوت من شأنه ان يقصّر امواج الصوت ويزيد سرعة توالبها فيرتفع الصوت وان ابتعاده من شأنه أن يطيلها ، ويخفض سرعة توالبها فيضعف الصوت . وعليه فاذا كنت واقفاً وكان قطار صافر متجهاً اليك قصرت امواج الصفير وارتفع صوتها . واذا كان مبتعداً عنك طالت امواج الصفير وخفت صوتها . وكان السر وليم هجنز (Huggins) الفلكي البريطاني ، يبحث في هذا الموضوع من نحو نصف قرن ، فخطر لهُ ان يطبق هذا المبدإ على امواج الضوء ويستعمله في قياس سرعة النجوم . فاذا كان نجم من النجوم مقترباً منا كان طول كل موجة من امواج الضوء الذي يشعهُ اقصر من طول امواج الضوء الماثل على الارض . فاذا حللنا ضوء النجم المقترب بالمطياف حادت الخطوط المظلمة الخاصة بالنجم الى جهة اللون البنفسجي في الطيف . وأما اذا كان النجم مبتعداً عنا فان الخيود يكون الى جهة اللون الاحمر . ففي معرفة جهة الخيود تعرف جهة سير النجم اقترابهُ منا او ابتعادهُ عنا . ومن معرفة مدى الخيود تعرف سرعتهُ . وقد طبقت هذه الطريقة في طائفة كبيرة من اشهر المراصد فقيست بها سرعة الوف من النجوم . واستعملت في قياس سرعة السدم التي خارج المجرة فثبت ان بعضها يبتعد عنا بسرعة عظيمة . وهذا مما حمل العلماء الى القول بأن الكون آخذ في الاتساع كأنهُ فقاعة صابون ينفخ فيها نافخ

وقد استعملت خطوط فرنهوفر حديثاً لمعرفة نسبة العناصر التي في الشمس بعضها الى بعض ، وذلك بدرس عرض الخطوط التي تظهر في الطيف ونسبة عرض الواحد منها الى الآخر ثم استعملت هذه الخطوط لمعرفة شيء عن حركة الاجرام السموية . فقد ثبت انهُ اذا كان الجرم السموي متجهاً نحونا فان حركة الخطوط في طيفهِ تتجهُ من الاحمر الى البنفسجي . لان عدد الامواج التي تصلنا منهُ في الحالة الأولى آخذة في التزايد والقصر وفي الحالة الثانية آخذة في التناقص والطول فاتجاه حركة هذه الخطوط وسرعتها تمكن العلماء من معرفة اتجاه الاجرام السماوية بالنسبة الى الارض وسرعتها وبالجري على المبدإ ذاتهِ يستطاع الكشف عن النجوم المزدوجة واثبات دوران الارض حول محورها

ومن أول من وجهوا عنايتهم الى هذه الظواهر الدكتور هارتمان أحد علماء مرصد بوتسدام الالماني فقد لاحظ أنه في أثناء دراسته لخطي الكلسيوم في طيوف بعض النجوم وجد ظاهرة غريبة لا تتفق ومقتضيات مبدأ دبلر الذكور . ذلك أنه لاحظ أن خطي الكلسيوم لا يجيدان الى جهة اللون البنفسجي ولا الى جهة اللون الاحمر كما تجيد بقية خطوط الطيف وهذا من المفارقات . فاذا كان نجم من النجوم يسير سيراً سريعاً نحونا فلا بد أن تجيد الخطوط في طيفه نحو اللون البنفسجي . واذا كان مبتعداً عنا فلا بد من أن تجيد الى جهة اللون الاحمر . ومن الغريب أن هارتمان وجد أن جميع خطوط الطيف تجيد الى احدى الجهتين ما عدا خطي الكلسيوم وأحياناً خط الصوديوم . وما صرح هارتمان تصريحاً المتقدم حتى عنى الراصدون بتحقيق مشاهداته فأيدوها . ومن ثم أخذوا يقترحون النظريات لتعليلها

ولا يخفى ان الأرض في أثناء سيرها في الفضاء تتلقى معها غلافها الغازي وكذلك النجم يلقى معهُ في أثناء سيره غلافاً من الغازات التي تحيط بكتلته الغازية الشديدة الحمو

فاذا انبثقت من داخل النجم أشعة ومرّت في جوه الغازي الخارجي — البارد اذا قيست حرارتهُ بحرارة قلب النجم — واذا كان في هذا الجو الخارجي ذرات عنصر الكلسيوم ، ظهر خط الكلسيوم في طيف ضوء النجم مع خطوط العناصر الأخرى ، وهو خط مظلم من خطوط فرونهوفر لأنهُ حدث بالامتصاص . ولكن الغريب أن خطوط الطيف الأخرى تجيد الى جهة الاحمر أو جهة البنفسجي بحسب ابتعاد النجم او اقترابه ، واما خطّا الكلسيوم فلا يجيدان ولذلك عُرفا اولاً هما وما ماثلهما « بالخطوط المستقرة » Stationary lines . أفلا يجوز ان تكون ذرات الكلسيوم منتشرة في الفضاء بين النجوم وبهذا يعلل استقرار خطي الكلسيوم في طيوف النجوم ؟ وما منشأ هذا الكلسيوم الذي في الفضاء النجمي ؟ هل هو مادة منبثة من النجوم الحيارة في اثناء سيرها في الفضاء ؟ أو هو بقايا سديم كوني نشأت منهُ النجوم بالتجمع تجاذبي ؟

ولما تناول الدكتور سترووف [illegible] احد علماء مرصد يركز Yerkes الاميركي هذا البحث أثبت انهُ كلما زاد بعد النجم عن النظام الشمسي زاد ظهور الخطوط « المستقرة » في طيفه وهذا يعلل بأن الضوء مرَّ في مسافات شاسعة من السحاب الكوني المالىء للفضاء بين النجوم ، فزاد امتصاص هذا السحاب لضوء الكلسيوم فزاد ظهور خطيه في الطيف

ولم يلبث العلماء حتى وجدوا ان هذه الخطوط تجيد الى احد طرفي الطيف ولكن جهودها يسيرٌ جداً اذا قيس بجهود الخطوط الأخرى . لذلك عدلوا عن تسميتها بالخطوط المستقرة وقالوا إنها « خطوط ما بين النجوم » او « خطوط الفضاء النجمي » Interstellar lines . وجاء الاكتشاف الموج لهذه الابحاث لما ثبت ان هذا الجهود الضئيل في خطي الكلسيوم وما ماثلهما يمكن تعليله

تمثيلاً دقيقاً لعرض ان المجرّة تدور حول مركزها وهو ما أثبتته لنا بحوث الفلكية الأخرى

ويرى ادنتن أن مقياس « السديم الكوني » الذي لرحاب الفضاء النجمي ليست كاسيوماً فقط أو كاسيوماً وسوديوماً . وانما أحوال الرصد فقط هي التي مكنتنا من مشاهدة خطوط هذين العنصرين قبل غيرهما . وعنده ان هذا السديم الكوني يحتوي على جميع عناصر الأرض

اما كثافة مقياس « السديم الكوني » فيسيرة جداً لا تزيد عن كثافة نفحة مدخن وقد تمددت حتى ملأت فضاء ستة آلف ميل مكعب ! على ان رحاب الفضاء تفوق التصور في سعتها . وعليه فهذا الغاز المتناهي في الخفة الذي يملأها تبلغ كتلته نصف كتلة النجوم

وقد اطلعنا في عدد سبتمبر سنة ١٩٤٠ من مجلة السيتفك اميركان على مقال للدكتور هنري نوريس رسل رئيس قسم الفلك ومدير المرصد بجامعة برنستون ، أشار فيه الى كشف جديد يستوقف الانظار في هذا الموضوع مؤداه أن الأدلة المستخرجة من البحوث الفلكية الطيفية الحديثة تحمل على القول بأن في الفضاء بين النجوم جزيئات مركبات كيمائية اي ان الدقائق في هذا الفضاء ليست مقتصرة على الكهيربات والشوارد (الايونات) وحسب ، بل تشمل جزيئات عناصر (اي دقائق مركبة من ذرتين او اكثر من عنصر واحد) وجزيئات مركبات . غير ان التفسير العلمي الجامع بين الدقة والبساطة للكشف الجديد ليس من السهولة بمكان

من المعروف ان ذرّة عنصر كالتيتانيوم مثلاً يمكن ان تكون في حالات شتى تختلف باختلاف الطاقة الداخلية في الذرّة . والذرّة في كل حالة من هذه الحالات تستطيع ان تمتص مجموعة معينة من خطوط الطيف . ولذرات بعض العناصر — كالصوديوم — حالة واحدة تكون فيها الطاقة الداخلية على ادناها ، والفرق بينها وبين الطاقة الداخلية في الحالات الأخرى كبير . ولذلك يعتبر تحريك هذه الذرات التي في « الحالة الدنيا » ground-state محركاً يرفع بمقدار طاقتها الداخلية الى الحالة التي فوقها . ولذلك عندما ننظر في خطوط الصوديوم الطيفية إنما نشاهد خطوط ذرات الصوديوم التي في « حالة الدنيا » . اما ذرّات التيتانيوم فتختلف عما تقدم . لهذه الذرّات « حالة دنيا » عندما تكون طاقتها الداخلية على أدناها . ولكن يلي « الحالة الدنيا » مباشرة حالات متعددة وفي كل منها تبلغ الطاقة الداخلية للذرّة مبلغاً قريباً جداً من طاقتها في « حالتها الدنيا » . ولذلك عند ما ينظر الى صورة التيتانيوم الطيفية نشاهد خطوط مردّها الى ذرات التيتانيوم من حالات ذرّية مختلفة

ولكن الخطوط الطيفية للتيتانيوم التي في الفضاء بين النجوم هي خطوط ذرّاته في « حالتها الدنيا » فقط . فكأن الذرات التي طاقتها أعلى قليلاً من طاقتها في « حالتها الدنيا » تطرد طاقتها الزائدة عفواً ما وتهبط الى « الحالة الدنيا » . وكثيراً ما تستطيع الذرة ان تهبط هذا الهبوط

(من مستوى طاقة معين الى مستوى طاقة دونه) في جزء من مليون جزء من الثانية . ولكن التحوّل في الحالة المتهيجة من الحالة السابقة والعربية منها ، لا يتم الا اذا تركت الذرّة مدة طويلة لا يشبهها شيء . والمدة الطويلة في عرف علم الطبيعة تعني من الزمان ، في الأكثر وفي حالات ادرة، بضع دقائق . ولما كان الغاز الذي يملأ الفضاء بين النجوم اسماً عابة في اللطف فقد تمضي أسابيع او اشهر على المعدل بين اصطدام واصطدام . ولذلك تتاح للذرة فرصة للاستقرار

وقد أثبت الباحث أن الخطوط الطيفية التي تمتصها ذرات الايدروجين والهليوم والكربون والنتروجين والاكسجين والنيون والمغنيزيوم والسليكون ، وهي في حالتها الدنيا تقع في منطقة ما وراء اللون البنفسجي ولذلك يستحيل علينا مشاهدتها في أجهزتنا من خلال طبقة الاوزون التي تحيط بجو الأرض

وليس بالمحتمل أن يتاح للرصاد مشاهدة خطوط الفضاء النجمي الخاصة بعناصر أخرى غير العناصر التي شوهدت خطوطها حتى الآن . والباعث على ذلك أن اشعاع الشمس يميل الى التأثير في الذرّات فيقذف منها بعض كهيرباتها فيؤينها ionize أي يحولها أيونات أو شوارد ولقلة عدد الذرّات في فضاء عظيم الاتساع كالفضاء بين النجوم ، لا يحتمل أن يتاح لشارد أن يلتقط الكهيرب اللازم لهُ ليعود ذرة كاملة . ولذلك نشاهد في الطيف أن خطوط الكلسيوم المتعادل (الكامل البناء) أضعف وأخفى كثيراً من خطوط الكلسيوم المؤين . وقد حسب الباحث دنّهام Dunham أن النسبة بين ذرات الكلسيوم المؤينة وذرات الكلسيوم الكاملة البناء كنسبة ٣٥٠٠ الى ١ أي ان هناك ٣٥٠٠ أيون كلسيوم مقابل ذرّة كلسيوم واحدة . وفي حالة الحديد الذي يصعب تأيينه تبلغ النسبة بضع مئات أيون الى واحد

وخطوط الايونات مخفية وراء طبقة الاوزون فلا تشاهد في الفضاء لذلك كان من الغريب أن يشاهد المنيّون بدراسة الخطوط الطيفية للغاز اللطيف الذي يملأ رحاب الفضاء النجمي، خطوطاً واضحة قوية تعذر اسنادها الى عنصر من العناصر . وقد قيست مواقعها في الطيف قياساً دقيقاً فاذا هي لا تتفق مع خطوط عنصر ما من العناصر المعروفة

واذن يجب أن يكون في الفضاء بين النجوم شيء آخر غير ذرات العناصر لتمتص من اشعاع نجوم ما يحدث هذه الخطوط في الطيف . فالصرف الذهن طبعاً في الخرعبات ولكن هذا القول اصطدم فوراً بعقبة كبيرة . ذلك بأن الخطوط الطيفية للجزيئات خطوط معقدة أي ان الخط الواحد منها قوامهُ خطوط كثيرة متلازة يصعب كثيراً تفريقها حتى بأقوى الأجهزة المستعملة

كانت هذه العقبة عقبة حقيقية . ولكن العلم لا تثنيه العقبات ، فتغلب عليها الدكتور إندرو ماكلار Mckellar مدير مرصد الدومنيون في فيكتوريا بكندا وتوصّل الى بين خطوط

واضحة لحزمة من عدة خطوط في كل منها ذرتان . أما اذا زادت الذرات في الجزيء على ذرتين فتشغل في اشعاعة الخطوط الطيفية الخاصة زيادة

فوجد مثلاً ان خطاً معيناً من « خطوط الفضاء النجمي » يتفق والخط الأساسي الخاص بالمواد الايدروكربونية . ان خطاً آخر يتفق والخط الأساسي الخاص «بالسيانوجين» . وان ثالثاً يتفق والخط المسمى « بايدريد الصوديوم »

والاتفاق تام حتى ليصح ان يتخذ دليلا . وقد عني الدكتور أدمن مدير مرصد جبل ولسن بدراسة « خطوط ما بين النجوم » الظاهرة في طيف الضوء الواصل الى الارض من النجم « زيتا الحواء » Zeta Ophiuchi فاستبان ثلاثة خطوط تتفق في موقعها وقوتها مع خطوط معروفة للجزيء (ك يد) فكتب يقول « ان الدليل على وجود جزيئات (CH ك يد) في الفضاء بين النجوم دليل قاطع » . والبحث ماض في دراسة خطوط اخرى

وقد يبدو للباحث الكيميائي انه من الغريب استبانة جزيء CH بدلاً من جزيء CH_4 (الميثان) وهو جزيء كامل التركيب ، أو جزيء CH_2 (غاز السيانوجين) وهو جزيء تام التركيب كذلك . ولكن العالم الطبيعي لا يجد ذلك غريباً لأنه يعلم ان خطوط الجزيئات الكاملة التركيب واقعة في المناطق التي تحت الاحمر أو فوق البنفسجي ولذلك فهي ليست في متناوله

ولكن هذا لا يمنع ان يكون في الفضاء بين النجوم جزيئات كاملة التركيب وفي الوسع تبين خطوطها والاستدلال على وجودها هناك بهذه الخطوط . ولكنها على الغالب جزيئات عناصر مثل C_2 (يد ٢) او N_2 (ن ٢)

ومن نحو سنة من الزمان ذهب دنهام الى ان ذرة من الصوديوم المتعادل توجد في كل عشرين متراً مكعباً من هذا الفضاء وان أيون كلسيوم يوجد في كل سبعة أمتار مكعبة وهذا على المعدل طبعاً

غير ان نسبة وجود ذرات الكلسيوم المتعادلة أقل كثيراً من نسبة وجود ايونات الكلسيوم فلا توجد ذرة كلسيوم متعادلة الا في كل ٢٥٠٠٠ الف متر مكعب من هذا الفضاء ، أو ١٦٠ ذرة في ميل مكعب . بينما ذرات الصوديوم المتعادل تبلغ ٣٠٠٠٠٠ ذرة في ميل مكعب ولذلك نجد خطوط الفضاء النجمي الخاصة بالصوديوم أوضح هذه الخطوط ، وخطوط الكلسيوم المتعادل أضعفها

ونظراً الى أن ضوء النجوم يؤين ذرات غاز الكلسيوم فوجود ١٦٠ ذرة كلسيوم متعادلة في ميل مكعب من الفضاء يقتضي وجود ملايين من الكهربات التي نزعت من ذرات مختلفة بفعل ضوء النجوم والمرجّح ان هناك كهرباً في كل سنتمتر مكعب من الفضاء اي ٤٠ مليون بليون في ميل مكعب واكثرها على الغالب منزوعة من ذرات الايدروجين