سياحة
الى باطن النجوم

لفتحي معلوف
دائرة العلوم الطبيعية بجامعة بيروت الاميركية

قد يعجب القارىء الكريم ، اذا لم يكن ملمًّا بعلم الفلك ، من نصّ هذا الموضوع . وكأني به يقول : ما عسى هذا الكاتب ان يحدّثنا عن داخل النجوم ، أتراه يطلق لخياله العنان فيطلع علينا بملحمة شعرية تصف لنا ما في بواطن الاجرام من اهوال ، طمعاً في ان يحل من الخلود محلّ ماتن او دانتي او المعرّي . والاّ فكيف له ان يزعم الحصانة العلمية في مثل هذا البحث وهو يتناول بقعة من الكون هي اقصى ما يكون عن عالم الحس والادراك المباشر

مهلاً ايها القارىء العزيز ، فقد تقتنع قبل ان تأتي على آخر المقال ،بان هذا الموضوع ليس بغريب عن عالم البحوث العلمية في محاولة اصحابها استجلاء غوامض الكون . وسترى فيه عمل الخيال في فرض ما يمكن ان يكون عليه باطن النجوم ، ثم ترى عمل الفكر الاستنتاجي في تتبع ما يجب ان ينتج حتماً فيما لو صحت النظريات ومتابعة هذا الاستنتاج الى ان يتصل بعالم الحس والادراك المباشر ، وكذلك ترى النظرية التي كانت من قبل عثيثة تحت حجب لا تخترق ، ماثلة امام محكمة الاختبار ، المحكمة التي لا يقر العلم سواها

***

﴿ كيف ندرس النجوم ﴾ كلنا يعلم ان نور الشمس عند ما ينكسر في منشور زجاجي ، ينحلّ الى ألوان قوس قزح . وسبب ذلك هو ان النور الابيض مزيج من ألوان مختلفة . واختلاف الالوان معناه اختلاف موجات النور التي تحدث تلك الالوان . ولما كانت زاوية الانكسار تتوقف على طول موجة النور المنكسر . فالالوان المختلفة تنكسر على زوايا مختلفة فيقع أطولها ، وهو الاحمر ، على جانب وأقصرها ، وهو البنفسجي على الجانب الآخر ، وتتدرّج بقية الالوان بينهما . وقد اصطلح العلماء على تسمية مجموعة هذه الالوان بالطيف

على اننا لو فحصنا طيف الشمس فحصاً دقيقاً لوجدناه غير مستمر كما يبدو لاول وهلة ، وانما تقطعهُ خطوط سود دلالة على ان هنالك موجات ذوات أطوال معينة لم يمكنها ان تتخلص من جو الشمس اذ امتصتها بعض المواد التي هناك . فكل خط اسود مثلهُ موجة مفقودة وكل موجة مفقودة دلالة على مادة معينة موجودة في فلك الشمس . ولما كان من الامور اليسيرة في المختبر معرفة الموجات التي يمتصها كل عنصر ، تمكن العلماء من تعيين العناصر التي يتألف منها جو الشمس بواسطة الخطوط السود في طيفها . وكذلك تمكنوا من تعيين المواد الموجودة في اجواء النجوم بدرس اطيافها

لا يكفي ان نبوح هذه الاطياف بسرّ المواد التي تتألف منها اجواء النجوم ولكنها تفشي لنا اسراراً اخرى لا تقل عنها شأناً : من ذلك انها تخبرنا عن شدة الحرارة في سطوح هذه الاجرام . واليك كيفية ذلك : اذا أحمينا قطعة من الحديد على النار ارتفعت حرارتها حتى تصل الى درجة الاشعاع . اذ ذاك نرى نوراً احمر منبثقاً من الحديدة فاذا مضينا في احمائها رأينا ذلك النور يميل الى الابيض فالى الازرق . هذه التجربة البسيطة ترينا ان هناك علاقة بين حرارة الاجسام وبين لون النور المنبثق منها ، ولذلك يتكن مراقب القبة الزرقاء بالعين المجرّدة من التمييز بين النجوم من حيث الحرارة ، فكلما مالت النجمة الى الاحمرار كانت اقرب الى البرودة وكلما مالت الى الزرقة دلّ ذلك على شدة حرارتها . على اننا لو اردنا ان نجري هذه التجربة بدقة لحللنا النور المنبثق من الحديدة الى طيفه ولوجدناه يقتصر في بادىء الامر على الاحمر فقط ثم كلما ارتفعت الحرارة اتسع الطيف وظهرت فيه الموجات الصغيرة بالتتابع . فدرس الطيف اذن يمكننا من تحديد درجة الحرارة في الجسم المشع

ترى اذن ايها القارىء الكريم كيف ان هذه الاشعاعات الضئيلة التي يحملها الينا الاثير من الاجرام القصية تحمل رسالات بينة لقوم يعقلون . ولقد اصبح تحليل الاطياف ودرسها (Spectroscopy) علماً قائماً بذاته

اطلت الشرح قليلاً في هذه المسألة على الرغم من كونها لا تتصل اتصالاً وثيقاً بموضوع البحث وما ذلك الاّ على امل أن أفوز بثقة المطالع بالابحاث الفلكية فلا يحسبها كما يفعل الكثيرون مجرّد تخيلات وافتراضات . بل يرى كيف انها تقوم على اختبارات حسية لا تدع مجالاً فسيحاً للريب . على ان الرجوع بكل المسائل الى جذورها كما فعلت بهذه يجعل من مقالتنا كتاباً جسيماً . ولذلك سأقتصر في اغلب الاحيان على ذكر النتائج رأساً

لا شك انك تعجب بعد الآن اذا اخبرتك ان عالم الفلك يمكنهُ ان يعيّن حرارة اي نجم تراه بدقة يعجز عنها الطبيب في تعيين حرارة عليله . ولو اتسع امامي المجال لأثبتُّ ايضاً انهُ بواسطة

فظرية نيوتن في الجاذبية تمكن العلماء من تعيين اثقال عدد كبير من النجوم بدقة يعجز عنها ميزان البطار . ثم انهُ بمعرفة مقدار الطاقة المنبثقة من النجم مع معرفة الحرارة على سطحه يمكن تعيين حجم ذلك النجم . وبمعرفة الحجم والثقل الجرم واحد يتعيّن معدّل كثافة المادة في ذلك الجرم

***

﴿ ماذا نعرف عن النجوم ﴾ يعتقد العلماء ان النجوم تتألف من ذات العناصر التي تتألف منها الشمس . على ان النظام الذري الذي هو اساس اختلاف العناصر المعروفة على الارض ، لا يثبت في ظروف الضغط والحرارة في باطن النجوم ، بل ان الذرّة تتفكك الى اجزائها فتستقل كل واحدة منها بحركتها . وهذا يعرف بفعل التأيُّن (Ionization) وقد كان من نتيجة ذلك ان العناصر الثقيلة لا تظهر في النجوم الحارة ولكنها تبدأ بالظهور المتتابع كلما مال النجم الى البرودة . فلو اقتطفنا قطعة من اي نجم كان وتركناها تبرد حتى تصل الى حرارة الارض لكان لنا منها مواد لا تختلف عن عناصر الارض في شيء

ولقد ادّى درس خصائص النجوم من مثل اثقالها وحرارتها وكثافتها الى نتائج لا تخلو من غرابة كما انها تبعث على التفكير في ما عسى ان تكون اسبابها . من ذلك ان هذه الخصائص لا تتصل بالنجوم الاّ في آماد معيّنة ولتبيان وجه الغرابة في ذلك لا بدّ لنا من مثال يقربها من مدركاتنا المألوفة . لو سألناك عن مدى احجام الحجارة لما رأيت لسؤالنا معنى . وذلك لان الحجارة ذات احجام لا ضابط لها نعرفهُ لتناهيها في الكبر او الصغر . فيمكننا ان نجد حجراً او على الاقل تخيّله ، من اي حجم كان . اما لو كان غير ذلك اي لو ان الحجارة لا تكون الاّ بحجم لا يصغر البتة ولا يكبر البتّة لكان هنالك مجال للسؤال عن سبب هذا الانحصار ولكنا نبحث عنهُ في نواميس الطبيعة . على ان هذا الحظ ان فاتنا في الحجارة فهو لم يفتنا في امر النجوم فانها ذوات آماد معيّنة لا تتعدّاها من حيث الثقل والحجم وشدّة الحرارة وشدّة اللمعان

ثم ان العلماء اكتشفوا علاقات بين هذه الخصائص مما يدل على النواميس الصريحة التي تقيد النجمة في تطوّرها وتحفز بالباحث الى استجلاء تلك النواميس . واليك مثلاً على ما نعني بهذه العلاقات . انا نعلم ان هنالك نجوماً عديدة حرارة سطحها حوالي ٥٠٠٠ درجة مئوية (سنتغراد) ونعلم ايضاً ان هنالك نجوماً عديدة لها عشرة اضعاف قطر الشمس ولكننا لا نعرف نجمة واحدة لها هاتان الخاصتان معاً . مثل هذه الموافقات لا يمكن ان تنسب الى الصدف وانما هي من المعالم التي تهدينا الى حقيقة النجوم وطريقة تكوينها

ثم ان هنالك احداثاً غريبة نعرفها في عالم النجوم . من ذلك نجوم ذات لمعان متغيّر يتضاءل نورها ثم يتزايد وهي تسير في تغيّرها على نمط واحد وفي مدّة ثابتة لا تتغيّر مما يدعو العالم المفكّر

الى السؤال عن سبب قلق هذه النجوم واذا توفّق الى الجواب عاد يسأل عن سبب ثبات النجوم الاخرى وعدم تغيّرها . وهناك نجوم اخرى تكون الواحدة منها في بادىء امرها ضئيلة غاية في الضآلة تكاد لا تدرك بأعظم المراقب واذا بها تتحوّل فجأة الى كتلة من اشد نجوم السماء لمعاناً فكأن انفجاراً هائلاً حدث فيها وتبعه انهيار غير عادي من الطاقة المحرّرة . هذا ايضاً من الاحداث الفلكية التي تنتظر حلاً في نظريّات العلماء عن تكوّن باطن النجوم

عساك تدرك الآن ايها القارىء العزيز ، بعد اتمام النظر في ما مضى ان بحثنا في تكوّن بواطن النجوم ليس من نوع التخيّلات الشعريّة التي لا تدحض ولا تؤيد ، بل ان نظريّة يمكنها ان تعلل لنا سبب اختيار النجوم للآماد المحدودة التي تختص بها من حيث الثقل والحجم وشدّة الحرارة وشدّة اللمعان ، وتظهر لنا علاقات هذه الخصائص بعضها ببعض منطبقة على ما نعرفهُ عنها بالمشاهدة ، وتطلعنا على اسباب الاحداث التي تعرض للنجمة في بعض اطوارها — اقول ان مثل هذه النظريّة لا يمكن ان تكون خلواً من بعض انوار الحقيقة .

***

﴿ نظرية ان النجوم كتل غازية ﴾ يقدّر العلماء وزن الشعاع الذي يترك سطح الشمس (والشمس احدى النجوم العاديّة) في الثانية الواحدة بأربعة ملايين من الاطنان، هذا المقدار الهائل من الطاقة يفلت من سطح الشمس وينطلق في الفضاء موجات كهرطيسية بسرعة ثلاثمائة الف كيلو متر في الثانية . على ان هذه الاشعاعات لا تكوّن على وجه الشمس كما يبدو لاوّل وهلة ولكنها تولّد اوّلاً في الاعماق السحيقة ولا بدّ لها قبل تحرّرها النهائي من صرف بضع مئات من السنين في عراك مستمر مع جزيئات المادة التي تكوّن جسم النجمة . فبينما نراها منطلقة في اتجاه معيّن اذا بها تصطدم بذرّة من ذرّات المادة تمتصها وتبعثها ثم يحدث ما يجعلها تفلت ثانية من قيد هذه الذرة لتسير الى مغامرة ثانية . مثل هذا التصادم قد يحدث لها الف مرة في $\frac{١}{(١٠)^{١٠}}$ من الثانية ويستمر مدة لا تقل عن بضع مئات من السنين ولا ينتهي الاّ بأن تصل هذه الموجة صدفة الى سطح الشمس فتنطلق بسلام الى اللانهاية ما لم تقع في قبضة جرم آخر كالارض مثلاً وهذا نادر جدًّا

واذا ذكرنا ان موجات النور وما شاكلها من الامواج الكهرطيسية ، تحدث ضغطاً في جهة اتجاهها وان هذا الضغط ، وان يكن زهيداً بالقياس الى مقادير الشعاع الضئيلة التي نضطر الى قياسه بها عند سطح الارض فانه متى بلغ تلك المقادير الهائلة في النجوم كما ذكرنا يصبح ذا

شأن لا يستهان به ، بل انه بحسب نظرية ادنغتن Eddington من العوامل الرئيسية في تكوّن النجوم على ما هي عليه

في مقدمة الذين بحثوا امر تكوّن النجوم الفلكي الشهير لاين (Lane) الذي نشر بحثه سنة ١٨٧٠ فقد عالج لاين النجمة على انها كتلة غازية ولكن في زمانه لم يكن يعرف نجوم لها كثافة تتلاءم مع الكثافات التي لعرفها للغازات . فمعدل كثافة الشمس مثلاً ١٤٤ غرام للسنتمتر المكعب اي اكثر من كثافة الماء بأربعين في المائة. ولذلك نظر العلماء الى ابحاث لاين على انها ذات شأن نظري ولكنها لا تنطبق على الواقع . غير انه بعد زمن لاين اكتشفت نجوم ذات كثافات غازية بل ان منها ما تبلغ به اللطافة الى حد هو اقرب الى الفراغ المطلق من اي فراغ يمكن احداثه على سطح الارض . مثل هذه الاكتشافات شجعت الباحثين الحديثين على درس الكتل الغازية ثقةً منهم ان مثل هذا الدرس ان لم ينطبق على جميع النجوم فهو ولا شك منطبق على بعضها

سار أدنغتن في تفكيره . فهو يفرض كتلة غازية كروية الشكل ويأخذ طبقة كروية من هذه الكتلة على بعد معين من مركزها . في النجوم العادية ذوات الاحجام الثابتة تظل هذه الطبقة على حالها دون تقلص او تمدد مما يدل على ان القوى المختلفة التي تعمل عليها انما هي في توازن . ما هي تلك القوى ؟ هنالك اولاً قوة الجذب المركزية التي لو تركت لتعمل وحدها لاحدثت تقلص الكتلة وبدّدت كيانها . وهنالك قوة الدفع الناتجة عن مجرى الاشعة وهي اشبه شيء برياح عاصفة في قلب النجمة . وهي لو تركت لتعمل وحدها لنثرت النجمة في الفضاء اللامتناهي ولبدّدت كيانها كذلك . وهنالك اخيراً قوة الضغط الغازية في داخل النجمة وهذه ايضاً لو تركت لتعمل وحدها لادت بالنجمة الى الانتشار اللامتناهي . اذن فالنجمة الغازية ليست غير توازن بين هذه القوى

وضع ادنغتن المعادلات التي تمثل توازن هذه القوى وتابع نتائجها الرياضية فأدت به الى ناموس يربط شدة لمعان النجمة بكتلتها او بمقدار المادة المتجمعة فيها . وقد عزّز الاختبار نتيجة هذه المعادلات فان النجوم القليلة وجدت مؤيدة لهذه العلاقة بين الكتلة وشدة اللمعان

وقد احبّ ادنغتن ان يختبر مقدار شذوذ النجوم ذوات الكثافات العظيمة عن هذا الناموس الغازي (العلاقة بين الكتلة وشدة اللمعان) فكانت النتيجة المدهشة ، وذلك أن كل النجوم العادية كائنة كثافتها ما كانت لا تحيد عن ذلك الناموس . ما معنى هذا ان يعني ؟ أيمكن ان تكون النجوم ذوات الكثافات المعدنية غازية في تصرفاتها ؟ هذا ما سنتناوله في مقال تالٍ ان شاء الله