

الفلكيون

من أيام اسحق نيوتن إلى بواكير هذا القرن كان الكون عند الفلكيين مرتباً منسقاً متضاماً مترافاً . وكان أهم ما يعنون به هو أن يحسبوا بدقة زائدة عن الحد أفلاك السيارات أو مداراتها ، ولمعان النجوم أو درجة سطوعها . ولكن منذ عام ١٩٢٠ اتخذوا مسلكاً أكثر تحرراً ، فتحول اهتمامهم إلى أصل الكون نفسه أو نشأته ، وإلى مصيره ، ووضعوا لذلك فروضاً جريئة .

وتفحص الدراسة الآتية أعمال الفرقة الصغيرة من الرجال الذين ثابروا في صبر مأثور حتى احتفظوا للولايات المتحدة بمركز القيادة في علم الفلك الجديد . ستظهر في الستينات معدات أدق وأحكم مما تخيله القدامى ، كالمراصد التي تتركب في توابع الأرض لتساعد الفلكيين في أبحاثهم . وفي خلال العشر السنوات الماضية كان الشغل الشاغل للفلك هو نشوء النجوم والسيارات وتطورها . ويظن الفلكيون الآن أنهم يعرفون نحو ٩٠ ٪ من دورة الحياة التي مرت بها النجوم ، ولكن العشرة في المائة التي لا تزال مجهولة لهم سيكون تحديدها وتحقيقها هو الأشق والأصعب . ويقول الفلكي أوتستروف (Otto Struve) « لم يكن الوقت بعد لأن يكتب فلكي عن أصل الأنواع ، » .

.. الجزء الثالث

الفلكيون ..

في خلال هذا القرن كانت تجرى تغيرات عنيفة على علم الفلك ، فبعد أن كان حسب المتواضع عليه ، أعظم العلوم دقة وضبطاً ، أصبح ولعله أملاً ما يكون بتخمينات وفروض نظرية في غاية الجرأة . ظل الفلكيون ثلاثة قرون بعد أن صنع جاليليو أول مرصد له يشغلون أنفسهم بالتفاصيل . وتأسست المراصد الأولى العظيمة منذ ٣٠٠ سنة في جرينتش وباريس لهذيب الأساليب الفنية في الملاحظة وفي ضبط الوقت . وفي خلال السنوات الباكرة من هذا القرن ظل العمل الرئيسى للفلك هو تعيين أفلاك القمر والسيارات ، وعمل كاتالوجات للنجوم القريبة منا تتضمن أوضاعها وحركاتها ودرجات لمعانها ، محسوبة بدقة فائقة إلى كسر في المائة .

أما اليوم فقد فقد معظم الفلكيين الاهتمام بتفاصيل الفضاء القريب منا ، إذا نحننا جانباً تأثيرهم واهتمامهم لاحتمال إقامة مراصد في توابع الأرض . فالفلك الحديث لا يقنع بنطاق لبحته وارتياحه أقل من الكون بأسره ، بما في ذلك نشأته ومصيره . ولم يعد الفلكيون يتطلعون في كثير من أعمالهم إلى الدقة المطلقة ، فالتقديرات التي قد يصل الخطأ فيها إلى العشر تعتبر مقبولة تماماً . ومن هذه الطريقة المتحررة نشأت نظريات تستهوى وتفتن ، وإن كانت لا يقينية إلى حد ما ، عن كيفية ولادة النجوم والسيارات ونشوتها وتطورها .

ويكدح الفلكيون تحت ظروف معونة لا وجود لها في أى علم آخر فالكون يبلغ من الاتساع ومن التباين ومن البعد عنا ، في معظم الحالات ، حداً يحمل من الصعوبة بمكان التثبت حتى من الحقائق البسيطة . ومن المؤكد أن للفيزيقيين النوويين متاعهم الخاصة داخل عالم الجسيمات الصغيرة ، المحيرة المربكة ، ولكنهم يستطيعون على الأقل اختبار النظريات التي يضعونها بواسطة محطات الذرة وغيرها من الآلات والأجهزة . أما فلكيون فلا

يستطيعون إجراء التجارب على النجوم ، ويعجزون ، في كثير من الحالات ، حتى عن ملاحظة ما يحدث في الكون من تغيرات ، وذلك لأن تاريخ الجنس البشرى بأكمله ليس إلا لحظة واحدة في نشوء أى نجم . لانهم يعجزون حتى عن رؤية معظم النجوم والسحب الغازية المتوهجة التي تغمر الكون . فهناك ٥٠٠٠ أو ٦٠٠٠ نجم فقط بالقرب منا ومن اللعان بالقدر الكافي لجعلها مرئية بالعين المجردة ، فإذا استخدم المرصد أمكن رؤية عدد كبير فوق هذا كله ، ولكن تظل بلايين لا عداد لها غير مرئية . وليس في الاستطاعة تقييد صورها الطبيعية الباهتة إلا على ألواح فتغرافية قد يتحتم علينا أحياناً تدريسها لها ساعات كثيرة .

ونظراً لهذه الظروف يكون بما يسترعى ويهز استنباط الفلكيين لهذا القدر الكبير التفصيل من المعلومات التي حصلوا عليها عن الكون الذي معظمه غير مرئي . وهم يضطرون إلى الاعتماد على إجراءات مثل التقاط ومضة ضعيفة من ضوء النجوم في مرقب (تلسكوب) وجعلها تنتشر على صورة « قوس قزح » بواسطة مطياف (مبین الأطياف) فيكشفون بذلك عن شدة مختلف الألوان وعما يسمى بالخطوط المعتمدة واللامعة . ومن هذه الشواهد والدلائل التي جدوا وشقوا للظفر بها يستطيع الفلكيون أن يتخيلوا التركيب الكيماوى للنجوم وأن يستنتجوا كذلك درجات الحرارة التي تصل إلى البلايين ، والضغط التي تكبس الغاز حتى تصل كثافته إلى مليون رطل للبوصة المكعبة ، والسرعة التي تبلغ آلاف الأميال في الثانية ، والذرات التي يفوق عنف نشاطها أية مادة صادفها الإنسان على سطح الأرض — حتى في داخل القنبلة الأيدروجينية .

ولا فتقارهم إلى الاتصال التجريبي بالكون اضطر الكيماويون إلى الاعتماد على فروض جريئة اضطراراً يتزايد باطراد ، ومثال ذلك : افتراضهم أن

قوانين الفيزيكا لا تتغير أو تبدل في الفضاء ولا في الزمن ، فثلاً طبيعة الجاذبية وسرعة الضوء أو فطرتها لا تتغير على مدى بلايين السنين أو ترليونات الأميال وقد يبدو هذا الفرض في ظاهره معقولاً ، ولكن نظرية النسبية تبين أن التصورات المأثورة (أى الكلاسيكية) في الفيزيكا تنهار تحت الظروف الشديدة التطرف — ومثالها أن الكتلة تزداد عند السرعة الهائلة ، وأن الضوء ينحني حين يخترق مجالات الجاذبية الهائلة . ومن المحتمل تماماً أن فترات الزمن الطويلة إلى أقصى حد ، والمسافات المتناهية في العظم تحدث آثاراً أخرى غير متوقعة . ويعتقد الفلكيون أيضاً في الانتظام والتجانس الأساسي للكون — بمعنى أن مجاميع النجوم التي مظهرها واحد تكون متشابهة حقاً في معظم النواحي ، وتكون قد نشأت بكيفية واحدة .

وكثير من الفلك الحديث الذي يتمشى مع هذه الفروض نشأ في الولايات المتحدة ، وإن لم يكن على أيدي فلكيين مولودين فيها ، فهذه البلاد تنجب عدداً قليلاً نسبياً من رجال العلوم الفلكيين ، ففي العشر السنوات الأخيرة بلغ متوسط عدد ما منح في الفلك من دكتوراه في الفلسفة سنوياً ١٥ نظير ما يقرب من ١٠٠٠ في الكيمياء و ٤٥٠ في الفيزيكا و ٢٠٠ في الرياضيات . ولا يوجد في الوقت الحاضر سوى ٢٠٠ فلكي يشتغلون بالفعل في البحث . ومع كل فن عام ١٨٨٠ وما بعده كانت الولايات المتحدة تحرز باستمرار أكبر وأحسن المراقب ، وكان الفلكيون من كثير من الأمم يتجمعون حول الأجهزة العظيمة في لك وبيركس وماونت ولسن وبلومار وغيرها من مرصد الولايات المتحدة ، وقد بقي فيها كثيرون ليعملوا بها طول حياتهم .

ولم يحدث أن كونت أية أمة من الأمم ما يشبه احتكاراً للواهب الفلكية ، ولكن الهولنديين يأتون في مرتبة عالية ، وهو أمر عجيب بالنسبة لأمة

صغيرة ، غالباً ما تكون السماء فيها محجوبة بالسحب . ويتنمى القادة من الفلكيين الهولنديين إلى أسرة عريقة في العلم نشأت عام ١٨٨٠ بجامعة جروتجن مؤسسها يعقوب كابتين (Jacobus . C Kapteyn) ، وهو عبقرى فلسفى ومعلم ملهم ، ويشغل تلاميذ كابتين وتلاميذ تلاميذه وظائف رئيسية في المراصد بجميع أنحاء العالم . والفلكيين البريطانيين أيضاً تفوق وتميز مأثور ، وبخاصة في النواحي النظرية من هذا العلم . أما الروس فكانوا أقوياء في جميع مجالات الفلك لمدة قرنين ، أما في الوقت الحاضر فيعوقهم الافتقار إلى آلات وأجهزة قوية ، ولكن مرقباً ١٠٤ بوصة يجرى بناؤه الآن في القرم ، كما أن مرقباً كبيراً ٢٣٦ بوصة ، يقدر له أن يكون أكبر مرقب في العالم ، هو الآن في دور التصميم على لوحات الرسم .

وقد استمدت الولايات المتحدة من المواهب الوطنية ومن الهجرة إليها ، فريقاً من الفلكيين في مقدرة أى فريق فلسفى في أية أمة أخرى . والثمانية الذين نتحدث عنهم في هذه الدراسة يعتبرون في مرتبة أحسن الفلكيين في الولايات المتحدة اليوم تم اختيارهم عن طريق انتخاب غير رسمى بواسطة زملائهم — خمسة أختيروا من أجل براعتهم الحالية ، وواحد من أجل عمله السابق — واثنان لما يتوقع لهما من مستقبل ممتاز . وأربعة منهم أجنب بالمولد وإن قاموا بعملهم الرئيسى في هذه البلاد ، وثلاثة منهم قد منحوا الجنسية الأمريكية ، وثلاثة ينحدرون من أسر فلكية شهيرة . فأبناء الفلكيين يترسمون خطى آبائهم بانتظام أكثر من المشاهدة في العلوم الأخرى . ولا يعتنق أحد منهم ديانة رسمية ، إذ يبدو أن معظم الفلكيين يشجع توفهم وتلفهم الدينى ما في الفلك من استهواء غامض قدسى .

وللفلكى المتوسط أن يتوقع أن يظل نشيطاً في عمله إلى سن متقدمة ،

فالمشاهد أن الفلكيين يعمرّون أكثر من غيرهم من رجال العلوم . فهناك على الأقلّ دسّة من فلكيي الولايات المتحدة قد جاوزوا السبعين ولا يزالون يقومون بأعمال صعبة جدية ، ويمكن أن يعزى تعميرهم إلى حد ما إلى طبيعة النظام نفسه ، فالتقدم يأتي في الفلك أساساً من تركيب وتوليف عدد هائل من الأرصاد التي قام بها رجال عديدون ، على مدى أجيال كثيرة في الغالب . والصبر والخبرة اللتان تكسبان مع تقدم العمر أثمن ما يكون للفلكي أثناء قيامه بعمل الأرصاد بضايّة ودقة ، وأثناء جمعها وتوليفها للاستفادة منها إلى أقصى حد . وعلى النقيض من ذلك نقل في الفلك فرص القيام بنوع من العمل النظري البحت الذي هو المجال المحبب إلى العقول الفنية ، فيندر إنجاب الفلك نظراء لأينشتين أو ديراك اللذين غيرت استبصاراتهم الشابة الناهية مجرى الفيزياء الحديثة فجأة .

كذلك تساعد عملية الاختيار الطبيعي في تعليل طول عمر الفلكيين ، فالاضطلاع بالمرصد ليلة بعد ليلة في مرصد مظلم زهريري يتطلب أعصاباً قوية متزنة وبنيّة أكسبتها الحشونة قوة واحتمالاً أقل من يتصدى للفلك من ضعفاء بنيّة الجسم ، ومن يفعل ذلك منهم سرعان ما ينصرف عنه ويعزله . وهناك عامل آخر يقول الفلكيون إنه يثبت أقدامهم في عمالهم زمناً طويلاً بعد بلوغهم سن التقاعد بينما يكون معظم من تفاعدوا من رجال العلوم الأخرى قد نصب معين إلهامهم ، وهو فتنة السماء الدائمة على مر الزمن .

مولد كونه مهرب

اتخذت الثورة الحديثة في الفلك شكلها بين عامي ١٩١٠ و ١٩٢٠ عندما بدأ الناس يبحثون في الإجابة عن ثلاثة أسئلة عامة شاملة شغلت أذهان الفلكيين

منذ ذلك الحين هي : على أى صورة معمارية يبنى الكون وما هي أبعاده ؟ وما الذى يجعل النجوم تضيء أو تلتألا ؟ وكيف نشأ الكون وتطور ؟ وفي مطلع العشرينات الثانية من هذا القرن أجيب على أول هذه الأسئلة ، ولكن الإجابة كانت بعيدة عن الصواب . أما السؤالان الآخران فندر من يتحدث عنهما .

والصورة التى تخيلها الناس عن الكون عام ١٩١٠ وحازت القبول بصفة عامة لم تكن قد تغيرت إلا قليلا عن الأفكار التى كانت سائدة أيام إسحق نيوتن : كون متسق متراس ثقيل نسبياً ، إذا طبقنا عليه معاييرنا الحالية ، يتألف أساساً من أسرة واحدة ضخمة من النجوم — مجرتنا أو الطريق اللبنى — مغمورة فى فضاء لانهائى . وكان المفروض أنه لا توجد مجرات غيرها ، بل وربما لا توجد نجوم أخرى . كان الفلكيون على علم بوجود أجسام سديمية ضعيفة معينة ، ربما وقعت خارج حدود الطريق اللبنى ، ولكنهم كانوا يظنون أنها سحب غازية . أما بالنسبة للسؤال عن سبب تلالو النجوم فلم تكن هناك نظرية مقبولة ، ولم يكن يجرأ أى حدس أو تخمين عن منشأ العالم ومصيره من رجال العلوم الجادين إلا النذر القليل .

أما شكل الطريق اللبنى وفده فكانا يتقرران فى أوائل القرن العشرين على يد كابتين هولندا ، فيينا كان يرسم خريطة كاملة للطريق اللبنى إذا به يصل إلى استنتاج أنه قرص مفلطح قليلا عند حوافه ، والشمس فى وسطه ، وورد فى قياساته أن قطر هذا القرص عشرون ألف سنة ضوئية (السنة الضوئية الواحدة تساوى نحو ٦٠٠٠ بليون ميل أى المسافة التى يقطعها فى سنة الضوء الذى يسرى بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية) . ولكن قبل أن يستطيع كابتين الانتهاء من مشروع خريطته تقوضت دعائم عمله ، وذلك أن اكتشافاً ظهر

عام ١٩١٢ صغيراً في ظاهره أدى إلى تحطيم مقياس كابتن لتقدير المسافة .

كانت المكتشفة هي هنريتا ليفيت (Henrietta Leavitt) . كانت قد درست خمسة وعشرين نجماً متغيراً — سميت كذلك لتغير لمعانها دورياً — في السحابة الحلزونية الصغيرة (مجموعة نجوم علم الآن أنها مجرة تابعة للطريق اللبني) . لاحظت أن متوسط لمعان مثل هذه النجوم يبدو ذا صلة بدورياتها أى بالسرعة التي تغلب بها ، فيصل أخفها إلى ذروته في أيام قليلة ، وألمعها في عدة شهور . وبعد ذلك بعامين انضم إلى مجموعة موظفي ماونت ولسن في كاليفورنيا الجنوبية شاب ميسوري يدعى هارلوشيبلي (Harlow Shapely) حديث عهد بالحصول على درجة الدكتوراه من برنستن ، وبدأ يدرب مرقب الستين بوصة على كرات من النجوم معينة شديدة اللعان متينة التراص تسمى بالجموع الكرية ، وتحتوى كثيراً من النجوم المتغيرة الشبيهة بالتى درستها الآنسة ليفيت . وفى لحظة إلهام مفاجئ تبادرت إلى ذهن شيبلي فكرة استخدام المتغيرات لقياس المسافات داخل الطريق اللبني . وكانت خطته أن يحسب أولاً أزمدة الانقلابات فى اللعان ، ثم يطبق قانون الآنسة ليفيت فيقدر به كمية الضوء المنبعث من نجم متغير فى مجمع كرى ، وبمقارنة هذه الكمية بشدة الضوء المسجلة على لوحه الفتترافى يستطيع حساب بعد النجم عند الأرض .

والطريقة شبيهة بقياس بعد سيارة عن طريق لمعان أنوارها الأمامية . ولكن كان على شيبلي أن يعرف أولاً كمية الضوء التي تبعثها نجوم « الأنوار الأمامية » عند محتاف الدوريات . وقد فعل ذلك بواسطة تركيب مقياس أنشاء على أساس مستمد من أحد عشر نجماً قريباً من الأرض قريباً يسمح بقياس أبعادها عنها بوسائل أخرى .

وحين طبق مقياسه الجديد على الجموع الكرية القصية دهش شيبلي لما وجد

من الجلى أن أبعاد بعض هذه النجوم المتغيرة كانت تقرب من ضعف قطر الطريق اللبنى الذى وضعه كابتين . وعلاوة على ذلك بداله أن الجموع الكرية مركزة تركيزاً قوياً فى منطقة واحدة : ثلثها متجمع فى $\frac{1}{3}$ من سطح السماء . وعند هذه النقطة قام شيبلى بما يسميه الآن « فقرة الإيمان » (عبارة مأخوذة عن الدانتركى الوجودى اللاهوتى كيركجارد Kierkegaard الذى كان شيبلى قد درس سيرة حياته بإفاضة) افترض أن الجموع الكرية تتمركز حول وسط الطريق اللبنى . بدأت عندئذ قياس الكون من جديد بواسطة مسطرة حاسبة طولها عشر بوصات . هكذا يتذكر . وفى شجاعة وجرأة أعلن شيبلى أن قطر الطريق اللبنى ٣٠٠,٠٠٠ سنة ضوئية لا ٢٠٠,٠٠٠ ، وأن الشمس قريبة من الحافة لا من الوسط .

وقد سخر معظم زملاء شيبلى الفلكيين فى أزل الأمر من اكتشافاته الجذرية لكنه بدأ يكسب التعضيد والأنصار . وفى عام ١٩٢٠ انضمت الأكاديمية القومية للعلوم مناظرة فى الموضوع بين شيبلى وهير كيرتس (Heber Curtis) الذى كان عندئذ فى مرصد لك بمانوت هاملتن بكاليفورنيا . وفى تأييده للفكرة السكابتينية احتج كيرتس بأن أرقام شيبلى كان مبالغاً فيها عشر مرات . ولكن شيبلى أقنع معظم الحاضرين .

وفى المدى القصير البالغ ست سنوات نفخ شيبلى فى قد الكون إلى عشرة أمثال قده السابق ، ولكن وجد أنه بالغ فى تقدير أبعاد معظم نجومه بمقدار ٥٠٪ ، وذلك لأن الفلكيين لم يكونوا يعرفون فى ذلك الحين أن ضوء النجم تدخله مقادير هائلة من الغبار الذى بين الكواكب . وفى سن الخامسة والثلاثين ، وهو السن الذى يبدأ معظم الفلكيين فيه استجمام نشاطهم لعلمهم الجدى ، ساهم أعظم مساهمة علمية فى الفلك الحديث . وقد عرف بصفة خاصة

كرب ومعلم ومنظم . وفي عام ١٩٢١ صار مديراً لمركز هارفارد حيث كان جميع طلاب الدكتوراه في علم الفلك بالولايات المتحدة بعد عام ١٩٣٠ يتلقون تعليمهم وتدريبهم فيه .

وفي سنواته الأخيرة بهارفارد صار لشيلبي نشاط فعال في عدد من المنظمات السياسية العلمية ، وكثير منها يساري النزعة . وقد تصدى ، ضمن أعمال أخرى ، لمعارضة لإجراء التجارب على القنابل الأيدروجينية وقد نعتة السناتور جوزيف ماك كارثي بالهدام ، كما فعل مع كثير من رجال العلوم الذين يعتقدون آراء مشابهة لآرائه .

وعلى الرغم من أن شيلبي سمي نفسه « رجلاً غير كنسي » ، فإنه ، بالاشتراك مع لويس فinkelstein (Louis Finkelstein) المنتمي للمعهد اللاهوتي اليهودي بنيويورك ، ومع ثمانية آخرين من طلاب الدراسات العليا ، أسس مؤتمراً للعلوم والفلسفة والديانة — أى هيئة تجتمع من آن لآخر لمناقشة الصلة بين رجال العلوم ورجال الدين . ومنذ تقاعده عام ١٩٥٦ أمضى شيلبي كثيراً من وقته في بولدر بكolorado ويخرج العديد من الكتب والمقالات في الفلسفة والعلوم والدين .

مجلات ومؤامرات :

اتخذ كيرتس ، أثناء مناظراته مع شيلبي موقفاً قميضاً . فبعد أن عارض تقديرات شيلبي المبالغ فيها عن قد الكون مضى يذكر فرضاً أدى في النهاية إلى ازدياد حجم الكون إلى أكثر من ذلك . كان هذا الفرض يعالج فطرة السدائم اللولبية ، فيقول كيرتس : لم تكن هذه سحبا غازية بل جزءاً كونية ، مجرات من نجوم في قد الطريق اللبنى ، وأقصى بكثير جداً من أى شيء كان يحلم به المنجمون عند ذاك .

وبقول كيرتس إن هذه اللولبيات يجب أن تتكون من نجوم ، لأن أطيافها كانت نفس أطياف بعض النجوم المعروفة القريبة من الشمس ، ولا تشبه أبداً أطياف السحب الغازية التي تتعرف عليها داخل الطريق اللبني . أما بالنسبة لعظم بعد السدائم فقد سرد كيرتس واحداً من تقديرات شيلي نفسه ، وهو أن بعضاً من أبرز السدائم يبلغ بعده ٢٠ ألف سنة ضوئية ، وبافتراض أن كل السدائم متساوية القد تقريباً ، على أساس القاعدة الفلكية التي تقرر الانتظام الأساسي ، كان منطوق كيرتس هو أن بعض السدائم التي تبدو صغيرة وضعيفة جداً يجب أن تكون أبعد من السدائم القريبة ألف مرة — أبعد بكثير عن حدود الطريق اللبني ، ومن ثم تكون مجرات منفصلة .

وتقدم فلكي آخر من ماونت ولسن يدعى إدوين هبل (Edwin P. Hubble) يتلقى تحدى فرض كيرتس . أتم هبل دراساته العالية في الحقوق ثم اشتغل بعدها تحت الترين عاماً في كنتيكي قبل أن يتجه إلى الفلك . وبعد أن أتم دراساته بمركز بركنس بجامعة شيكاغو قدم إلى ماونت ولسن عام ١٩١٩ في وقت مناسب ليصير بين أول دفعة من الفلكيين تستخدم المرقب الجديد ١٠٠ بوصة ، وهو أكبر مرقب في العالم عندئذ ، واختار هدفاً له لولباً كبيراً مغشى في كوكبة أندروميديا ، وهي أظهر السدائم وأبرزها . وقد عرض هبل في صبر وجلد مستحلبات فتغرافية دقيقة الحبيبات ساعات كثيرة عند بؤرة المرقب ، ونجح عام ١٩٢٤ في تجميع صور لمئات من نقط ضوئية كـرأس الدبوس تلمع في الطية أو اللوبة القريبة من حافة اللولب . كانت هذه نجوماً بلا نزاع استطاع أن يتميز من بينها دسة لها لمعان يتقارب دورياً .

وبتطبيق مقياس شيلي للبعان الدوري قدر هبل أن النجوم المتغيرة — ومن ثم السدائم التي تحويها — تبعد عن الأرض بما يقرب جداً من

مليون سنة ضوئية . وقد بدأ هبل نفسه يدرك أن هذا التقدير للبعد قد يكون خطأ . وبعد ذلك بيضع سنوات لاحظ أن جموعاً كرية في أندروميديا تبدو كأنها لا ترسل من الضوء إلا ربيع ما ترسله الجموع المشابهة لها في الطريق اللبني . كانت هذه المفارقة ، التي مرت أول الأمر دون أن يلحظها أحد تقريباً ، أمانة استدلت بها على أن مقياس الأبعاد المستخدم قد يكون فيه شيء من الخطأ الجدي الجسم . وقد أقض هذا مضاجع الفلكيين أكثر من عشر سنوات إلى أن استطاعوا ، كما سنرى فيما بعد ، أن يظفروا بنظرة خير من السابقة إلى النجوم القريبة من وسط أندروميديا .

ولكن هبل كان في هذه الاثناء ماضياً في مشروع آخر قدر له أن يمدنا بواحد من الدلائل الأولى على نشوء الكون . بدأ هبل من بعض أرصاد تأثير التآمل رصدها سليفر بمركز لوييل بفلاجستاف في أريزونا . فعند تحليل أطيف سدائم عديدة تبين سليفر أن بعض السدائم الضعيفة تبتعد عن الأرض بسرعة تصل إلى ١١٠٠ ميل في الثانية (كانت المقاسات مؤسسة على « أثر دبلر » الظاهرة الفيزيائية التي تسبب لإرتفاع حدة الصوت لقطارها إذا كان مقرباً وانخفاضها إذا كان مبتعداً . وفي حالة الضوء المبتعد يبدو أثر دبلر على صورة « تزعزع أحمر » . فأمواج الضوء الصادرة من جسم يبتعد عنا بسرعة كبيرة تمتد أو تمتط طويلاً ، وهذا يقلل من ترددها مزحزحاً خطوط الطيف في اتجاه طرفه الأحمر) .

الكون ينصرع :

شرح هبل يقيس أبعاد سدائم سليفر التي تبتعد عنا ، والتي عرف الآن أنها مجرات تشبه الطريق اللبني ، فوجد انتظاماً مذهلاً . ففسارح المجرات المبتعدة

يتناسب مع أبعادها عن الأرض . وعندما قفز هبل « قفزة إيمانه » ، هو فأعلن أن عالم المجرات كله في تمدد ، وتنبأ بأن أطراف المجرات الأبعد ستتكشف عن « زحزحات حمراء » يتزايد كبرها باستمرار ، أى عن تسارع أعظم .

وللتأكد من هذه النقطة وضع هبل خطة لمراجعة كل « الزحزحات الحمراء » متوغلاً إلى أبعد مدى في الفضاء يصل إليه مرقب ١٠٠ بوصة . ولم يكن لديه وقت لعمل كل الأرصاد بنفسه ، ولكن واثق الحظ بزميل يدعى ملتن هيوميسن (Milton L. Humason) وهبه الله جلدأ ودأباً يكاد يفوق طاقة البشر ، ومهارة عظيمة في إمساك المرقب الكبير مسلطاً على الهدف ساعة تلو أخرى . كانت سيرة حياة هيوميسن لا يضارعها في العلوم الحديثة إلا قليل ، إن وجد . قدم إلى ماونت ولسن عام ١٩١٤ كبواب للرصد ، وعلى الرغم من أنه لم يتلق تعليماً منظماً بعد الثانوى فإنه سرعان ما عرف عن الفلك عن طريق توجيه الأسئلة قدرأ كبيراً إلى حد دعى من أجله إلى الانضمام لهيئة الموظفين العليين ، بل صار يعمل سكرتيراً للرصد ، واليوم لا يزال وهو في سن التاسعة والستين كثيراً ما يشتغل طول الليل يعمل على المرقب .

بدأ عام ١٩٢٨ في مقياس أبعاد المجرات ، بينما كان هيوميسن يصور أطرافها فتغرافياً . وكان يضطر ، لكي يحصل على صور واضحة ، إلى أن تظل عينه مسمرة ساعات دفعة واحدة على « الباحث عن المنظر » في المرقب ، ويجرى تعديلات صغيرة كثيرة متوالية ليعوض عن التغيرات في جو الأرض . (في المرقب رافع أتمتاقى يؤرجحه حتى يبطل مفعول الحركة الدورانية للأرض ؛ ولكن الاضطرابات الهوائية كثيراً ما تسبب زحزحة في الصورة لا يمكن التنبؤ بها) وعندما اقترب هيوميسن من النهاية أو الحد الذي يصل إليه المرقب صارت المجرات من الضعف والوهن بحيث أن كل تعريض واحد يحتاج إلى عشر ليال أو أكثر . وفي النهاية

وصل الفلكيان عام ١٩٢٦ إلى جموع مجرية ذات تزهج أحمر يناظر سرعة ابتعاد تساوى ٢٥,٠٠٠ ميل في الثانية . كانت هذه الجموع على بعد يربو على نصف بليون سنة ضوئية . وفيما وراء هذا المدى يجز المرقب ١٠٠ بوصة عن تسجيل الاطيفاف . ولكن حدس هبل بأن العالم يتمدد كان قد تأيد وتأكد . خالئ أعظم بعد استطاع نظر الإنسان أن يمتد إليه كان تسارع المجرات لا يزال يتناسب مع أبعادها .

وأوحى اكتشاف هبل لتمدد الكون بأنه كانت له بداية محددة ، وبدأ بما يتفق مع المنطق افتراض أن التمدد لا بد أن يكون قد بدأ عند نقطة محددة بالذات في الزمن والفضاء . وفي عام ١٩٢٧ جاء الأب جورج ليتر (Georges Lemaitre) وهو قسيس بلجيكي ورياضي ، فتتبع المجرات إلى الوراء في الزمن حتى وصل إلى مصدرها . ولكي يعلل نسبة هبل بين السرعة والبعد تصور أن جميع المادة في الكون ، بما فيها الأرض والشمس والطريق اللبنى والمجرات الأخرى ، لا بد كانت يوماً ما مضغوطة إلى بيضة جسيمة انفجرت منذ ١٨ بليون سنة ، ولا تزال تتناثر وتشتت .

وبعد ذلك بيضع سنوات تجمعت شواهد ودلائل من نوع مختلف ، أدت إلى تقرير مختلف لعمر الأرض وحدها ، فقد وجد الجيولوجيون ، الذين يدرسون انحلال أو اضمحلال النشاط الإشعاعي للرواسب اليورانيومية ، أن الأرض لا بد أن يكون عمرها ٣ بلايين من السنوات على الأقل ، وبعدها زادت تقديراتهم إلى مرء بليون ، وبذا نشأ تناقض محير : أرض عجوز مطبورة داخل كون شاب نسبياً ، تناقض لم يتمكن رجال العلوم من تفسيره إلا بعد ذلك بأكثر من عشرين سنة .

بينما كان هبل يصوب عيناً واحدة نحو نهاية ما يمكن رؤيته من الفضاء ،

كان غيره من الفلكيين يدرسون المناطق التي بين النجوم والمجرات ، وفي بواكير العشرينات كان معظم الفلكيين يعتقدون أن الفضاء الذي بين الكواكب^(١) فراغ خلاء تام تقريباً ، ولكن جان أورت (Jan H. Oort) بجامعة ليدن (آخر من تلمذ على كابتين) وذن ، هذا الفراغ الخلاء وزناً قريباً عام ١٩٢٥ ، انتخب حجماً من الطريق اللبني كمينه ورصد كيفية تحرك النجوم في داخله تحت تأثير الجاذبية ، فوجد أن جماع كتل النجوم لا يفي وحده لتعليل الكيفية التي بها تتحرك هذه النجوم ، واستنتج من ذلك أن الفراغ الذي يرصده لا بد يحوى قدرأ كبيراً من مادة غير مرئية .

وبعد ذلك بخمس سنوات أوضع ترمبلر (R. G. Trumpler) وهو فلكى سويسرى يعمل بمرصدة لك ، أن ضوء نجوم ساخنة معينة كان يجب أن يكون مزرقاً بداً حمراً ، وهو أمر غارق للعادة . ولا يمكن تفسير هذا الاحرار إلا إذا كان الضوء يمر عبر سحب من جسيمات غاز البغلة الصغر موجودة في الفراغ الذي بين الكواكب .

ولكن سحب الغاز التي افترضها ترمبلر لم تستطع أن تعلل سوى جزء من المادة الزائدة ، التي أشارت حسابات أورت إلى ضرورة وجودها . وبعد ذلك بسنوات قليلة اكتشف أوتو شتروف ، وبنجت شتروجرن (Bengt Strömgren) ، وكلاهما بمرصدة يركس ، وجود أطنان لاعداد لها من الأيدروجين مبعثرة بمقادير ضئيلة بين النجوم . وبواسطة رصد طويل ومحااجة غير مباشرة بينا أن كل واحد سم مكعب من الفضاء القريب من الشمس يحوى في المتوسط ذرة من غاز الأيدروجين . وفي مجرة كالطريق اللبني تكون النجوم متباعدة عن بعضها تباعداً مفرطاً ، ومن ثم فالغاز والغبار

(١) الكواكب تشمل النجوم وتوابعها (أو سياراتها وأقارها) .

كلاهما ضوء القدر المبعثر منهما يزنان قدر وزن النجوم كلها .

لماذا تنمرُّد النجوم :

وهكذا نجح الفلكيون في تفسير تشريح الكون ، ولكنهم لا قوا عتاً أكثر في فهم ما يجري داخله من تغيرات ، أى العمليات النووية التي تفتح نيرانها على النجوم فتجعلها تتألأ . وفي عام ١٩٢٠ ، وهو نفس العام الذي كان شيبلى وكيرتس يتناظران فيه ، أورد آرثر إدنجتن (Arthur S. Eddington) بجامعة كبريدج حدساً أو تخميناً بدقة تسترعى وتبهر عن فطرة النجوم . واليوم ندهش حين نتذكر إلى أى حد اقترب إدنجتن من الحقائق التي لم يكشفها البحث إلا في خلال الثلاثين سنة التالية . ففي خطاب ألقاه أمام الجمعية البريطانية لتقدم العلوم قال إدنجتن إنه تجرى تفاعلات دون الذرة من التي تحول المادة إلى طاقة ، بل إنه عين تفاعلا منها بالذات ، اكتشف في النجوم فيما بعد ، وهو التحام ذرتي أيديروجين وتحويلها إلى هليوم ، وتوقع بدقة مذهلة تسخير الطاقة النوية : فتحدث عن تحقيق ، أحلامنا عن التحكم في هذه القدرة الكامنة وتسخيرها من أجل سلامة الجنس البشرى — أو من أجل انتحاره ، .

وعلى قدر ما كان في خطة إدنجتن من تنبؤ فإنه ضل الطريق حين حاول وصف البنية الداخلية للنجوم ، واستنتج في عام ١٩٢٥ أن الأيديروجين ليس إلا جزءاً تافهاً من محتوياتها ، مع أن التركيب الحقيقي للشمس حسبما قاله ، بطرق بيانية لطيفة في خلال السنوات القليلة التالية ، هنرى نوريس رسيل (Henry Norris Russel) الذي يعتبره الكثيرون أبرز فلكي أمريكي في هذا القرن هو ٩٠ ٪ ذرات أيديروجين و ١٠ ٪ هليوم وآثار طفيفة من عناصر أخرى . ظل رسيل مدير مرصد برنستون من عام ١٩١٢ إلى أن تقاعد عام ١٩٤٧ . واستمر مدة

السنوات العشر التالية إلى أن توفي في الثمانين من عمره ، يعمل بنشاط ، يحاضر ويبحث . نعم كان يقضى وقتاً قليلاً عند المرقب ، لكن تفسيراته للأطفال اللولية ما يزال معمولاً بها إلى اليوم .

اضطر الفلكيون بعد عمل رسل عن التركيب الكواكبى ، إلى التوقف بضع سنين إلى أن يلحق بهم الفيزيقيون النوويون . وفى عام ١٩٣٧ حسب هانريث وتشارلس كرتشفييلد (Charles Critchfield) بكورنل تفاصيل تفاعل يودى إلى إدماج الأيدروجين المباشر إلى هليوم ، وإطلاق طاقة هائلة . وبعد ذلك اكتشف فى نفس العام كل من بيت وكارل فون فايزتسكر (Carl von Weizsacker) الألمانى ، كل منهما مستقل عن الآخر ، ما يسمى بدورة الكربون التى تلتحم فيها على التتابع ذرات من الأيدروجين بذرة كربون إلى أن تنفصل فى النهاية ذرة هليوم فتفر . ومن المعلوم الآن أن الشمس ومعظم النجوم الأخرى الباردة نسبياً تولد طاقة عن طريق التحول المباشر الأيدروجين بينما تستخدم النجوم الشديدة الحرارة واللعمان دورة الكربون .

وفى بحر سنة ظهرت نظرية شاملة عن بنية الكواكب على يد سبرحانيان تشاندرا سيخار (Subrahmanyan Chandrasekhar) بمرصديركس . حلل القوى التى تنقل الطاقة من الداخل المتأرجح للنجوم إلى الأجواء الباردة نسبياً ووصف حالة الانخفاط ، الغريبة للمادة فى الأقزام البيضاء ، — وهى نجوم استنفدت وقودها وانكمشت إلى مرحلة يزن فيها ملء كستبان من مادتها أطناً عديدة .

الكلفينى^(١) :

قبل ذلك بوضع سنين كان تشاندرا ، وهذا ما يطلقون عليه ، قد اقتحم العالم الفلكى كنجم متفجر . ولد فى لاهور ، ودخل جامعة مدراس ، ومنها ذهب إلى

(١) نسبة إلى الصلح الدينى جون كافن الذى كان مثال المثابرة والدأب والصمود .

كبردج حيث تتلذذ على الفيزيقيين رالف فاوِلر (Ralf H. Fowler) وديراك .
ولسكى يستعين على مطالب عيشه كان يشتغل فى أعمال غير عادية ، منها القيام
بدور الرائد لصيادى الطيور الطويلة الذيل باسكتلاندا . قدم لمجلة فلكية ، وهو
لا يزال طالباً ، ورقة بحث نظرى معقد ، واستعرضها ناقد فيزيقى فنصح رئيس
التحرير برفضها ، فرد الطالب الشاب عليه بخطاب رفيع ، تقبل فيه حق المجلة
فى رفض الورقة ، وذكر أنه إنما يعنى لفت النظر فقط إلى أن الناقد كان على خطأ .
ونشرت الورقة .

وبعد أن حصل تشاندرا على الدكتوراه قدم إلى بيركس عام ١٩٣٦ وبقى
فيها إلى الآن (ومنح الجنسية الأمريكية عام ١٩٥٣) ومرت السنون ومقدرته
التحليلية وتمكنه من الرياضة لا يعلى عليهما فى الفلك ، بل نقول مطمئنين فى
الفيزيكا كلها .

كان زملاء تشاندرا الفلكيون يرتعبون من كل من شخصية وأسلوب حياته
على السواء . كان يشتغل عشر ساعات فى اليوم أو أكثر ، فيقول أحد زملائه
السابقين « إنه يشبه الكلفنيين القدامى » . له إرادة قوية جداً ، ويعرف جيداً
بالضبط ما يريد ، وينتظر من كل إنسان آخر أن ينتظم فى الصف .

ومن ثم لم تكن صدفة أن تبع كثير من الفلك البارِع فى الثلاثينات من
بيركس ، حيث وجد تشاندرا بمرصدها ترحيباً كبيراً . وفى عام ١٩٣٢ قرر
روبرت هتشز (Robert Hutchins) مدير جامعة شيكاغو أن يبنى بها
قسماً فائقاً فذاً للفلك . وكانت أول خطوة خطاها تعيين أوتو ستروف
(Otto Struve) الذى كان عمره ٣٥ سنة ، مديراً للقسم وأمره أن ينقب
فى الدنيا كلها ليختار أحسن الفلكيين الذين يعثر عليهم . وكان ستروف يعرف
الفلكى الجيد عندما يراه ، فقد انحدر فى الواقع من سلالة خيرتهم ، فوالد جده

ولهلم شتروف كان قد فر من ألمانيا أثناء حروب نابليون واستوطن روسيا حيث عين وهو في سن الواحد والعشرين مديراً لمركز دوربات بأستونيا ، ووصل ابنه واثنان من أحفاده إلى الشهرة كفلكيين روسيين . وتابع أوتو (Otto) الذي ولد ونشأ وترعرع في خركوف تقاليد أسرته . وبعد الثورة التي حارب خلالها في الجيش الأبيض فر إلى الولايات المتحدة والتحق بالدراسات العليا بشيكاغو .

وكان شتروف الرجل الجدير ببيركس ، وظفر لمرسه العظيم في جميع مجالات الفلك باحترام هيئة الموظفين كلها ، وكانت جماعة متعالية متمردة مشاكسة من رجال العلوم التي لم يسبق أن تجمع مثلها في مرصد فلكي . ويذكر فلكي كان في تلك الحقبة ببيركس كطالب للدراسات العليا ، أن بعض هؤلاء الرجال العظماء كانوا يتجادلون ويتشاحنون باستمرار تقريباً . ومع ذلك فعلى الرغم من هذا التوتر ، أو لعله بسببه ، ربما كانت ببيركس ، لمدة تربو على العشرين سنوات أعظم وسط على يوحى ويلهم في تاريخ الفلك .

أسرته من النجوم :

في خلال الحرب العالمية الثانية ظهر الاكتشاف الذي قدر له أن ينسج الخيوط الرئيسية للفلك بعضها إلى بعض وهي — أبعاد الكون وتكوين النجوم ونشوء الكون . ونظراً لاشتغال معظم الفلكيين بالعمل في ميادين الرادار والصواريخ وغيرهما من المشروعات الحربية بطؤت حركة علم الفلك بالولايات المتحدة إلى حد الحبو أو الزحف . كان بماونت ولسن فلكي واحد يعمل بمفرده تقريباً وهو والتر باد (Walter Baad) الألماني الجنس ، ومن ثم كان غير مرغوب فيه للأعمال الحربية . كان قادراً على استخدام المرقب ١٠٠ بوصة قدر

ما يشاء . وكانت الظروف عندئذ أصلح من أى وقت آخر لعمل الأرصاد ، وذلك بسبب تخفيف الإضاءة (أو الاظلام) فى لوس انجلز .

كان هبل قد رسم قترافياً النجوم التى فى الذراعين المتطرفين فى لولب أندروميدا ، ولكنه لم يستطع أبداً أن يحلل الكرة المتوهجة الكثيفة المكونة لمركز هذه المجرة أو وسطها . صوب باد مرقبه نحو هذا المركز ، وكان يستعمل فى أول الامر مستحلبات حساسة للضوء الأزرق لأن النجوم اللوامع فى صور هبل كانت تنعت « بالمردة الزرقاء » ، وظل الوسط المتوهج غشاوة غامضة . بعد ذلك غير باد ألواح حساسة للأحمر ، وفى الحال تقريباً ظهرت مئات من صور نجوم . فلم تكن إذن المع نجوم وسط أندروميدا زرقاء بل حمراء .

ومن هذا استنتج باد أن المجرات الحلزونية أو اللولبية تتألف من نوعين من النجوم : نجوم سكانها (١) ونجوم سكانها (٢) كما سماها . الأولى تغلب فيها الأذرع اللولبية ، والثانية تغلب فيها المناطق الداخلية . ولم يكن للرقب ١٠٠ بوصة قوة كافية لكى يتبين الناظر فيه وسط أندروميدا أى واحدة من النجوم المتغيرة التى يمكن استخدامها لقياس الأبعاد . ولكن لما أمكن تشغيل مرقب هالى ٢٠٠ بوصة بماونت بالومار عام ١٩٤٨ عاد باد إلى دراسته وتقصيه . وكانت نتيجة دراسته هذه أن استطاع فى اجتماع دولى بروما عام ١٩٥٢ إعلان اكتشاف ضاعف فى ليلة واحدة قد الكون إلى أكثر من مرتين ، وزاد فى عمره إلى رقم يتمشى مع عمر الأرض . لقد استطاع أن يتبين نجومياً متغيرة ووجدها ألمع أربع مرات من النجوم التى كان هبل قد صورها عام ١٩٢٤ فى الجزء الخارجى للمجرة . لقد كان تقسيم الياردة التى استخدمت لقياس الأبعاد من الطريق اللبى إلى المجرات الأخرى خطأ ، ذلك أن أندروميدا وجميع المجرات الباقية أبعد بأكثر من مرتين عما كان يظن . ولم تكن الأبعاد وحدها

هى التى تحتاج لأن تضرب فى ٢ وكسر ، بل الزمن أيضاً الذى كان يمتدد الكون أثناءه .

وقد أوحى اكتشاف نوعى السكان للنجوم ، بطريقة لتتبع تكوين الطريق اللبنى . وشرع مورجان (W. W. Morgan) ببيركس يفعل ذلك بواسطة وضع خرائط تبين أوضاع مختلف طرازات النجوم فى مناطق الطريق اللبنى القريبة ، ووجد أن مجراتنا تشبه أندروميديا فى أن لها أذرعاً لولبية تتألف فى غالبيتها من نجوم سكانها (١) . (وفى خلال شغله عرف مورجان أيضاً أن باد كان قد بالغ فى تبسيط الفروق بين النجوم ، فقد كان يوجد طرازات أكثر بكثير من اثنين ، ولم تكن الخطوط التى تفصل بينها محددة أو واضحة) .

فطيرة لها أذرع :

عند هذه النقطة تلاقى الفلك البصرى مع الفلك الإشعاعى ، وهو مجال أصغر سناً بكثير من الاول ، وكان كثير من الفلكيين التقليديين قد ظلوا يتجاهلونه . وفى عام ١٩٥١ ، بعد أشهر قليلة من اكتشاف مورجان لتكوين الطريق اللبنى ، جاء من ليدن تأييد وتأكيد لكونه على شكل فطيرة ذات أذرع . وهنا كان جان أورت قد تتبع الأذرع اللولبية بجهاز استقبال الاسلكى ذى موجة طولها ٢١ سنتيمتراً والتى يبعثها غاز الأيدروجين المركز فى الفضاء الذى بين الكواكب على امتداد أذرع المجرات .

لقد مر على الفلكيين عشرون عاماً قبل أن يقنّبوا إلى استغلال فرصة رصد الكون بواسطة الإشعاع . وفى عام ١٩٣١ سجل لإشارات إشعاعية أر لاسلكية قادمة من الفضاء لأول مرة كارل يانسكرى (Karl Yansky) الذى عمره ٢٦ عاماً ، وهو مهندس بمحطة البحوث بمعامل شركة بل للتليفونات فى

هلبدل بنوجرسى . وحين برهن بعد ذلك بعامين ، أنها منبجئة من وسط الطريق اللبى قامت فى الجرائد الشعبية زوبعة احتياج ، ولكن الفلكيين لم يعيروا الأمر إلا قليلا من الالتفات .

وفى خلال الحرب اشتغل كثير من الفلكيين فى الرادار . وبينها هم يزدادون ترفاً على الكترونات الاتصال نشأ عند بعضهم اهتمام بالفلك الإشعاعى . وفى هولندا حيث أغلقت سلطات الاحتلال الألمانية المراصد يعم هندرك فان دى هلست (Hendrik Vande Hulst) الطالب بليدن وجهه شطر الدراسات والمتابعات النظرية ، فتنبأ بأن غاز الأيدروجين الذى يتخلل ما بين الكواكب من فضاء سيكشف عن وجوده بواسطة مايمعته من أمواج إشعاعية أولاسلكية طولها ٢١ سنتيمتراً . وبعدها وصل إلى نفس النتيجة مستقلا عن غيره فلكى روسى شاب يدعى شكلفسكى (I. S. Shklovsky) .

وفى عام ١٩٥٠ كان يجرى سباق لمعرفة من الذى يستطيع قبل غيره أن يستبين الأيدروجين بالإشعاع . وكان فان دى هلست وأورت على أتم استعداد لذلك تقريباً عندما شبت النار فى جهاز الاستقبال وأتلفته . وقبل أن يستطيعا بناءه من جديد قام بالمهمة شابان بهارفارد هما : طالب الدراسات العليا هارولد إيون (Harold Ewen) ، وأستاذ فيزيقا هو إدوارد بورسل (الذى ظفر فيما بعد بجائزة نوبل من أجل بحوثه فى الفيزيكا النووية) . كان أيون وبورسل قد استعارا أجزاء تساوى ألنى دولار ، وحصلوا على منحة بخمسمائة دولار بترتيب من شيبلى . جمعا هوائياً كالقرن يشبه مكبر الصوت فى فنهراف عتيق ، وأبرزاه خارج إحدى نوافذ معمل الفيزيكا . كان هذا جهاز استقبال فجأ خشناً بقذفه الطلبة المادرون بكرات الشاج أو الجمد ، ولكنه أتى بإشارات واضحة فى بواكير عام ١٩٥١ . وفى خلال بضعة أشهر كانت الجماعة الكليدية وفريق

من الأستراليين يكشفون وجود الأيدروجين بالإشعاع . وبذا التحمت
الأساليب الفنية الإشعاعية بجذع الفلك أو ساقه الرئيسية .

مباقة نجم :

في خلال العشر سنوات الأخيرة كان الشغل الشاغل للفلكي العادى هو منشأ
النجوم . وقد أضاف الفلكيون إلى تحاليل تشاندراسيخاز قبل
الحرب اكتشافات جديدة في الفيزيكا النووية ، وبدأرا يربطون بين
مختلف النظريات عن كيف تولد النجوم وتشيع ثم تموت في النهاية . قام
بهذا العمل كثير من الفلكيين بكل من الولايات المتحدة وأوربا ، ولكن
أفراداً منهم تميزوا برزوا وهم : ألان سانداج (Allan Sandage) بمرصدى
ماونت ولسن وبلومار ، ومارتن شفاتز (Martin Schwarzschild)
من برنستين ، وفرد هويل (Fred Hoyle) بكمبردج ، وآشاندرا سيخاربييركس
ووليم فالور (William Fowler) ، وجس جرينشتين (Gess L. Greenstein) بكالتيك .

تعاون فالور الفيزيقي مع هويل وجرينشتين لتوضيح كيفية تكون العناصر
الكيميائية فقام جرينشتين بعناية فائقة التركيب الكيماوى لنجوم كثيرة ، ثم حسب
فالور وهويل التفاعلات النووية التي تملل الأرصاد . وطبقاً للنظرية السائدة الآن
يوجد على الأقل جيلان من النجوم ، وربما عديد غيرها (نجوم الجيل الباكر
تتناظر تقريباً بنجوم سكان (٢) لباد ، ونجوم الجيل المتأخر تناظر سكان (١)) .
ويولد الجيل الأول على صورة أيدروجين نقي متكتفاً من كتلة كرية صغيرة
من غاز بدائى يتخلل الكون . والأيدروجين الذى بقلب أى نجم يحترق
متحولاً إلى هليوم ، ثم يتفاعل الأخير فيكون كربوناً وأكسجيناً ونيوناً .
وفي هذه المرحلة يتقلص القلب وتعلو الحرارة علواً كبيراً ، ثم يبدأ تفاعل نووى

من نوع آخر مكوناً عناصر متدرجة في الكتلة من السليكون إلى الحديد . وعند هذه النقطة تقف العمليات النووية لنجم من الجيل الأول ، ثم ينفجر ويذر رشاشاً من الهليوم والكربون وعناصر أثقل منهما يبث فيما بين الكواكب من أيديروجين .

وتتكون بعض نجوم الجيل الثاني من أيديروجين ملوث ، وهي تولد طاقة عن طريق دورة الكربون التي اكتشفها بيث وفون فايزسكر ، وفي النهاية بينما تتطور هذه النجوم المتأخرة وتزداد سخونة باستمرار نجدها تصنع كل العناصر لغاية الحديد ، وتكون نيوترونات أيضاً تدمج مع الحديد لتتكون عناصر أثقل فأثقل على التتابع .

رسم التطور بيانياً :

يرجع معظم الفضل في الوصول إلى الصلة التي بين التفاعلات النووية التي تكون عناصر وبين ما يطرأ على لون النجم وقده من تطور إلى شفارتز تشايلد وسانداج وهويل . وإذا رجعنا إلى الوراء قبل الحرب العالمية الأولى علمنا أن هنري نوريس راسل واجنار هرتسبرنج (Ejnar Hertzsprung) الفلكي الدانمركي كانا قد عثرا على خطة بسيطة لتصنيف النجوم ، فرسم اللعان الداخلي للنجوم مقابل لونها (الذي يناظر درجة حرارة السطح) . ولا يزال الرسم البياني الذي عمله هرتسبرنج ورسل مستعملاً في تصوير التطور الكواكبي .

توسع شفارتز تشايلد وسانداج وهويل بإحكام في هذا الرسم الذي يصور التطور بالكيفية الآتية : تقع النجوم الحديثة التي تكون في اتجاه أو حذاء التتابع الرئيسي ، وهو قطر يمر بين المنطقتين الحمراء المعتمة والزرقاء اللامعة . وكلما أحرقت هذه النجوم أيديروجينها تقدمت مسافة صغيرة في التتابع الرئيسي فمادت

المع وأكثر زرقة بقدر طفيف . وعندما يكون ١٢ ٪ من الأيدروجين القلب قد تحول إلى هليوم (بحسابات تشاندراسيخار) نجذ النجم يتحرك بسرعة صوب منطقة المارد الأحمر . وبتعبير آخر يتمدد الغلاف إلى آلاف أمثال حجمه الأصلي ، بينما تنخفض درجة حرارة السطح .

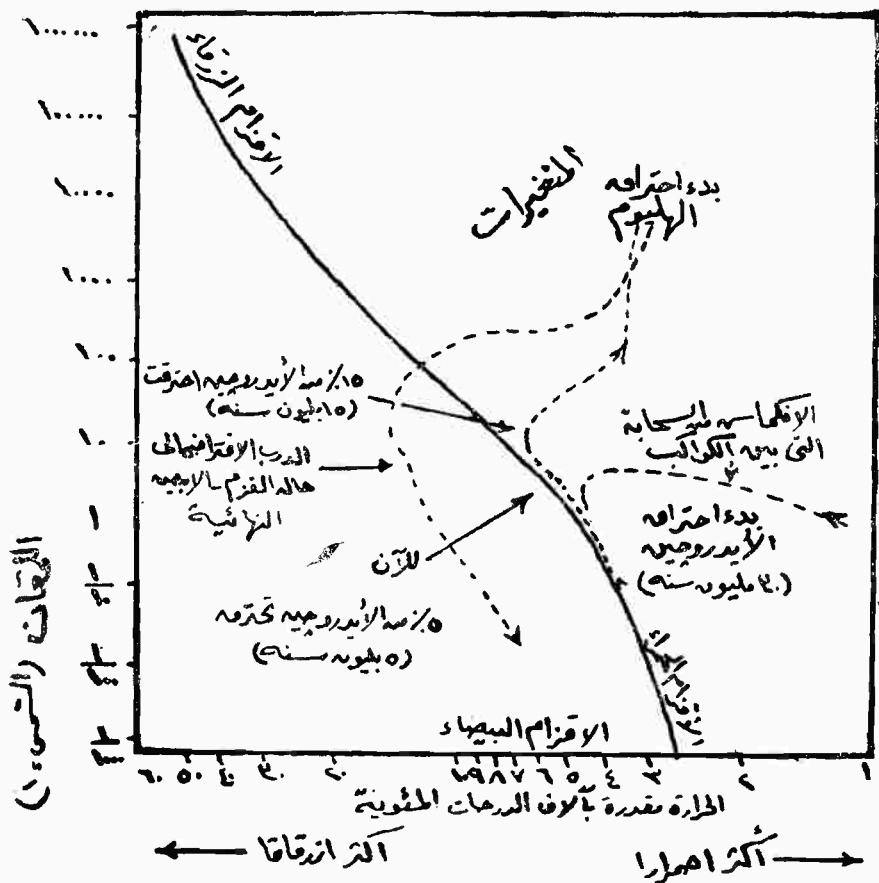
تظل المردة الحمر باقية إلى آخر أثر أو كمية صغيرة من الأيدروجين . وحين يشرف هذا على النفاد تبدأ تحرق هليوماً ، وتنقلص وتنحدر إلى المناطق الأكثر زرقة صوب شمال الرسم البياني . وعند هذه المرحلة يصير النجم عديم الاستقرار وقد ينبض كما تفعل المتغيرات . وقد يمر بسلسلة من الانفجارات الصغيرة ، وفي هذه الحالة يلبح لمدة أيام قليلة إلى ما يسميه الفلكيون «نوفا» أو نجماً جديداً ، أو لعله ينفجر كنجم فوق النوفا ويصير ألمع من مليون شمس ، ويرمى بأجزاء من مادته إلى الفضاء .

وعلى أي حال فالمرحلة التالية هي الموت البطيء . فمضد نقاد كل ما به من وقود لا يكون هناك إشعاع صادر من القلب كاف لموازنة ضغط الجاذبية ، فيتداعى النجم وينهار ويرد تدريجياً فينحني هاوياً إلى منطقة الأقزام البيضاء وهي مقبرة الكون . وفي النهاية لا بد للأقزام البيضاء من أن تلقى مصيرها فتصبح من البرودة بحيث لا ترى . ومع أن بعض الأقزام البيضاء تعتبر في عداد أكبر النجوم سناً فإنه لا توجد الآن أقزام سوداء ، فالكون لم يبلغ بعد قدراً كافياً من كبر السن ، وستمضي نحو ١٠,٠٠٠ بليون سنة قبل أن يصل أول قزم أبيض إلى درجة حرارة غطاء الفرن الساخن .

يمكن الآن تفسير نحو ٩٠ ٪ من هذه الدورة التطورية ، كما يدعى شفارتز تشايلد ، ولكنه يضيف أن العشرة في المائة المجهولة هي الجزء «الناثق حقاً» . ويوافق ستروف بقوله : «لم يمن الوقت بعد لكي يكتب فلكي ، أصل الأنواع» .

وبفهم تطور النجوم وجد الفلكيون وسيلة لتقدير أعمار مجموعات النجوم ، حتى الفرادى منها . إن امتداد حياة النجم يتوقف إلى حد كبير على كتلته ، فالمردة الزرق تحرق أيدروجيناً بلا ضابط ، إلى حد أنها بمضى ١٠٠,٠٠٠ سنة أو نحوها تنحرف من التسابع الرئيسى فى طريقها إلى هاوية . والشمس ، التى هى نجم من قد متوسط ، مضى عليها ٥ بلايين سنة فى التسابع الرئيسى ، وبقي لها عشرة بلايين تمضيها قبل أن تبدأ فى التحول إلى مارء أءمر . وإذن فأى مجموعة من النجوم غنية بالمردة الزرق لا بد أن تكون فتية . وفى الجاميع الكبيرة السن نجد أن كل النجوم الكبيرة قد تحولت إلى مردة ءمر أو أقزام بيض . وبوضع رسم يبانى لكل النجوم فى مجموعة حسب طريقة هيرسبرنج-رسل ، يستطيع الفلكيون تقدير عمر المجموعة على فرض أن كل نجومها قد تكونت فى وقت واحد تقريباً . والطريقة لا تزال بعيدة عن العصمة من الخطأ ، إذ يبدو أن شكل المسار التطورى لكل مجموعة يتوقف بكيفية ما على تركيبها الكيماوى . وفى العام الماضى رسم سانداج بياناً للنجوم التى فى مجموعة من الطريق اللبنى ووجد أن عمرها نحو ٢٥ بليون سنة — أقدم بكثير من أعظم تقدير لعمر الكون — وقد ساورت سانداج نفسه شكوك بالنسبة لهذا الرقم لأنه كان غير متيقن من أن أزمنة التطور حسبت بدقة وضبط .

وسيفل التطور الكوكبى المجال الرئيسى للفلك خلال الستينات . وهناك قيادات جديدة تبشر بالخير أخذت بالفعل تنشأ وتظهر . لجورج هربرج (George Herbig) بمرصء لك يقتنى أثر النجوم إلى الورا ء حتى مرحلة تكوينها قبل استقرارها فى التسابع الرئيسى للرسم ه — ر . (H . R) . فقد اكتشف فى سحابة غبار وغاز متوجهة قفلى بالاضطراب ، ومضة لامعة حيث لم يكن يرى شىء قبل ذلك بست سنوات . وهذه قد تكون نجماً ظهر إلى حيز الوجود وشيكاً ، وإذا كان كذلك فقد يكون يقذف الآن بالفعل بمجموعة من



تطوّر الشمس من مولدها إلى موتها يقع الحظ النقط والمانكسر المكون للمسار على هذا الرسم الذى عمله هرتسبرج ورسيل ، والذى يستخدمه الفلكيون لتتبع أثر النجوم . يعنى النجم المتوهج معظم عمره على الدرب القطرى الذى يسمى « التابع الرئيسى » . وقد خلقت شمسا بالتتابع الرئيسى (قرب الركن الأسفل إلى اليمين) منذ نحو خمسة ملايين سنة ، بعد أن تقلصت من سعابها من الغبار والغاز ، وهى عملية استغرقت نحو ٣٠ مليون سنة . وبعد ١٠ بلايين أخرى من السنين ، حينما يصير عمر الشمس ١٥ بليون سنة ، ستبدأ فى التمدد بصرعة ، وستأخذ فى تغليف الأرض وسيارات أخرى داخلية فى جوها النارى . وبعد أن تصبح نجماً من الردة الحمر وتستنفد وقودها من الأيدروجين ستتحدر الأرض إلى مرحلة القمر الأبيض اتى تصير فيها كتلة متوهجة من مادة متينة لانسكاد تسكب الأرض ولاكنها أكثف منها بأكثر من ١٠٠.٠٠٠ مرة . وفى طريقها إلى منطقة القمر الأبيض قد تصير لفترة من الزمن نجماً متغيراً تقلب فى لماعها دورياً . وتتبع النجوم الأخرى مسارات مشابهة . ولاكن الصغيرة منها (الأقزام الحمراء) تستغرق فى تشوهرها زمناً أطول بكثير ، بينما الكبيرة منها (الأقزام الزرقاء) تحرق نفسها بنا هو أسرع بكثير من الشمس .

السيارات . وبينما نجد معظم الفلكيين يشبهون علماء المصور القديمة في أنهم يحاولون حدس التاريخ القديم من بقايا أو كسر آنية فخارية ، نجد أبحاث هربج على العكس من هذه تشبه قصة من قصص الجرائد اليومية تنمو وتتطور بسرعة .

ويقتضى شتروجرن كذلك أثر النجوم للوراء إلى بداياتها . وقد ابتكر أسلوباً فنياً جديداً قائماً على انخفاض حاد في شدة الضوء فوق البنفسجي للنجم وما على قوة خطوط طيفية معينة . ومن هذه القياسات يأمل أن يحسب بالضبط أعمار مختلف أفراد النجوم . وبإضافة هذه المعلومات إلى حركة نجم ما وتركيبها معها قد يستطيع أن يعرف ليس متى ولد نجم فحسب بل أين وكيف ولد .

قبضة مررة المغنطيسات :

ومشكلة أخرى ملحة تواجه الفلك في العشر السنوات القادمة هي طبيعة المجالات المغنطيسية داخل النجوم وداخل ما بينها من فضاء ليس بالخلاء التام . وقد تم بالفعل في هذا المجال عمل كثير ، فإذا رجعنا إلى عام ١٩٤٠ وجدنا فلكياً سويدياً يدعى هانز ألفن (Hannes Alven) استنتج وجود مجالات مغنطيسية في الفضاء ، وعرف أنها تدفع الأشعة الكونية للحركة . وفي عام ١٩٥١ بعد أن لوحظ أن الضوء المخترق لسحب الغبار يكون مستقطباً ، استنتج جرينشتين أن الاستقطاب تسببه جسيمات غبار متطاولة متجهة في نفس الاتجاه بفعل مجالات مغنطيسية ضعيفة . وبعد ذلك بعامين حسب تشاندرا سيخار والفيزيقي إنريكو فرمي أن المجالات المغنطيسية لها دخل كبير في شكل الأذرع اللولبية للبرجرات . وعزا اشكافسكي بروسيا بعض الضوضاء الإشعاعية في الطريق اللبني إلى « أثر سنكروتروني » يتولد عند تعجيل إلكترونات طليقة

داخل مجال مغنطيسى قوى . وقد يكتشف الفلكيون فى العشر السنوات التالية عن سلوك الغاز العالى الطاقة فى المجالات المغنطيسية ما يكفى لمعاونة الفيزيقيين على التحكم فى الإدماج الأيدروجينى على سطح الأرض .

وقد يكون لدى الفلكيين فى بحر بضع سنوات مرصد فى الفضاء . فى عام ١٩٥٥ قذف صاروخ من أرض الاختبار بالرمال البيضاء (White Sands Proving Ground) فى مكسيكو الجديدة فعاد بقياسات للضوء فوق البنفسجى الذى فى السماء . كانت سماء لم يرها أحد من قبل أبداً حتى بأقوى المراقب قاطبة لأن الأوزون الموجود فى الطبقات العليا من جو الأرض يمتص عادة كل ما فى الطيف من أمثرفوق البنفسجى ، عدا شريط كئز للغاية . ولدى عدة فلكيين الآن خطط مرسومة لرصد السماء فوق البنفسجية بالتفصيل بواسطة المراقب الجديدة . ويأمل فرد هويل (Fred L. Whipple) بهارفارد بالمعهد أوبالمؤسسة الأسيثونية أن د يظفر بنظرة سريعة ، فى عام ١٩٦٢ أو عام ١٩٦٣ بواسطة مرقب ٨ بوصات فى تابع أو قرصناعى . وقد تكون الخطوة التالية هى مرقباً أقمصر صناعى ٢٤ بوصة ، وهو الآن فى دور التصميم بإرشاد ليان سبتر (Lyman Spitzer) رئيس مرصد برنستن .

وقد يكون عصر بناء مراقب هائلة قد ولى ، وقد أتم حديثاً جداً مرصد لك عمل مرقب ١٢٠ بوصة ولكن لا يفكر أحد فى الولايات المتحدة فى بناء شىء من هذا القدر فى الوقت الحاضر .

ومع كل فإن هناك تطوراً وتقدماً حديثاً قد يهب المراقب الأقرب إلى الصفر قدية الأبصار التى لا كبرها اليوم ، فقد اخترع فلكى فرنسى يدعى أندريه لاليمان (Andre Lallemand) أنبوبة إلكترونية تحول الضوء إلى إلكترونيات تسقط صورة مقواة (أى اكتسبت حدة أو شدة) على لوح قنغرافى أو ستار

غولدريس . هذه الأنبوبة المقوية للصورة رديئة الصنع وغالية الثمن في الوقت الحاضر ، فالرجل الماهر المتمرس عليها يقضى يوماً كاملاً لوضع الفيلم فيها . والفلكيون يحدون في العمل بمازنت ولسن وبالومار ولك وبيركس ومراسد أخرى عديدة في أنحاء العالم لصنع أنابيب لتقوية الصورة بحيث تكون رخيصة بسيطة ، فإذا نجحوا استطاعوا مضاعفة كفاية المراقب الكبيرة من ٥٠ إلى ١٠٠ مرة .

إن مدى مرقب ٢٠٠ بوصة في بلومار في الوقت الحاضر يربو على خمسة بلايين من السنين الضوئية . وعلى هذا البعد تظهر المجرات وهي تبعد عنا بسرعة خيالية تبلغ ٧٠,٠٠٠ ميل في الثانية . وربما استطاع الفلكيون ، بمساعدة أنبوبة قوية الصورة ، رصد مجرات أبعد بكثير جداً تكاد تبلغ سرعة ابتعادها عنا سرعة الضوء . وقد تكون هناك مجرات وراء هذه كلها ، ولكن ضوءها لن يصل أبداً إلى الأرض ، ويكون الفلك قد وصل إلى نهاية الكون الخاص به ، فيما يتصل بجميع الأغراض العملية .

ومن العضلات التي قد يحلمها نهائياً الأبصار عبر مرقب طويل المدى هو « بداية » الكون . إن تصور لتر أو فكرته ، التي قوامها كتلة مستديرة صغيرة بدائية من المادة انفجرت وبدأت تتمدد ، كانت محل تشكك وتسؤل جدى ، ولا سيما على يد هوبل وفظريين بريطانيين آخرين ، فهم يفترضون بدلاً من ذلك أن الكون كان على الدوام كما هو تقريباً لأن المادة كانت هي الأخرى على الدوام تتخلق وتتجدد بكيفية خفية غامضة — ولا يزال تخليقها في الواقع يجرى بمعدل سرعة منتظمة . فالكون في تصورهم في حالة ثبات واستقرار ، بمعنى أن المجرات تفر هبتهمة بنفس السرعة تماماً التي تعوضها المادة الجديدة التي تتخلق أو تتكون في وسطها أو بين ظهرانيتها . وربما يقرر رأى النظريتين أقرب إلى المعقولة بواسطة اختبار أو فحص محتويات الفضاء فيما بعد المدى الحالي لمراقب اليوم بمسافات كبيرة جداً .

هل توجد حياة في الفضاء ؟

كان الإنسان على الدوام يستهويه احتمال وجود صور أخرى من الحياة العاقلة في الكون ، فإذا كان هناك عقلاء آخرون بالفعل فربما استطاع الفلكيون الاتصال بهم . وقد بدأت قريباً جداً محاولة لاستمارة أو كشف رسائل بالشفرة (أى إشارات خفية) وسط الضوضاء الإشعاعية السماوية ، بدأها فرانك دريك (Frank D. Drake) هضرمية الموظفين بالمرصد القوي للفلك الإشعاعي بحرين بانك غرب فرجينيا ، وقد سمي مشروعه أوزما أسوة باسم ملكة بلاد الأوز ، .

بدأ دريك بفتح جهاز الإستقبال على الموجة ٢١ سنتيمتراً مفترضاً صحة نظرية أن المخلوقات ذات الثقافة العلمية ربما تختار أن تذبذب بتردد ذرات الإيدروجين التي يسهل التعرف عليها في الحال ، فإذا استطاع دريك العثور على إشارة كنزة في عرض الشريط الطيفي تنبض بوضوح وتميز ، حق له أن يتحدث أن هناك معلومات ترسل إلينا من سيار آخر على صورة إشعاعات أى إشارات لاسلكية .

وتقول المسألة إذن إلى فك شفرة الرسالة . وقد يكون هذا سهلاً ، إذ المفروض أن المخلوقات العاقلة عند ما تحاول الاتصال بنا لا بد ستختار شفرة يسهل فكها أو حلها ، سيستخدمون أسهل نوع من الإشارات ، لغة ثنائية مثل النقطة والشرطة ، ويرسلون في أول الأمر معلومات قابلة لأن يتعرف عليها جميع الناس في أى عالم متمدين يتصور ، مثل قائمة الأعداد الأولية . ويشير دريك إلى أن عملية التفهم كلها ستكون أسرع إلى حد كبير جداً إذا أرسلت الرسائل بالتلفزيون ، وهو واثق من استطاعته التعرف بسهولة على أية إشارة

تلفزيونية بواسطة توقيت نبضات تميز كل خط عابر يمر على الستارة وتحوله إلى كتابة .

وإذا كان يوجد في الفضاء مخلوقات لها من الذكاء ما يكفي للإرسال الإشعاعي أو اللاسلكي فإن تكنولوجيتهم ربما تفوق بكثير نظيرتها لدى سكان الأرض ، الذين يمكن اعتبارهم حديثي عهد بالعلوم . فالمراسلات المزدوجة (أى ذات الطريقتين) لا مناص من أن تكشف عن وجود الإنسان في الكون لأى جنس قوى قادر قد تكون له نزعة عدائية . فما الذى يجب عمله لو أن دريك استبان بالفعل رسائل قادمة من الفضاء ؟ حينئذ لم الفيزيقي شن نتج يانج ، الذى ظفر بجائزة نوبل ، بمشروع دريك لأول مرة قال فى تأمل : « لا أظن أننا يجب علينا أن نرد على هذه الرسائل » .