الفلكيون

من أيام اسحق نيوتن إلى بواكير هذا القرن كان الكون عند الفلكيين حرتبا منسقاً متضاماً متراصاً . 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 فى صبر مأثور حتى احتفظوا للولايات المتحدة بمركز القيادة فى علم الفلك الجديد . ستظهر فى الستينات معدات أدق وأحكم مما تخيله القدامى ، كالمراصد التى تركب فى توابع الأرض لتساعد الفلكيين فى أبحاثهم . وفى خلال العشر السنوات الماضية كان الشغل الشاغل للفلك هو نشوء النجوم والسيارات وتطورها . ويظن الفلكيون الآن أنهم يعرفون نحو ٩٠ ٪ من دورة الحياة التى مرت بها النجوم ، ولكن العشرة فى المائة التى لا تزال مجهولة لهم سيكون تحديدها وتحقيقها هو الأشق والأصعب . ويقول الفلكى أتوستروف (Otto Struve) « لم يحن الوقت بعد لأن يكتب فلكى عن أصل الأنواع » .

الجزء الثالث

الفلكيون

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

أما اليوم فقد فقد معظم الفلكيين الاهتمام بتفاصيل الفضاء القريب منا ، إذا تحينا جانباً تأثرهم واهتياجهم لاحتمال إقامة مراصد فى توابع الأرض . فالفلك الحديث لا يقنع بنطاق لبحثه وارتياده أقل من الكون بأسره ، بما فى ذلك نشأته ومصيره . ولم يعد الفلكيون يتطلعون فى كثير من أعمالهم إلى الدقة المطلقة ، فالتقديرات التى 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 ونشوئها وتطورها .

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

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

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

ولافتقارهم إلى الاتصال التجريبى بالكون اضطر الكيماويون إلى الاعتماد على فروض جريئة اضطراراً يتزايد باطراد ، ومثال ذلك : افتراضهم أن

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

وكثير من الفلك الحديث الذى يتمشى مع هذه الفروض نشأ فى الويات المتحدة ؛ وإن لم يكن على أيدى فلكيين مولودين فيها ، فهذه البلاد تنجب عدداً قليلا نسبياً من رجال العلوم الفلكيين ، ففى العشر السنوات الأخيرة بلغ متوسط عدد ما منح فى الفلك من دكتوراه فى الفلسفة سنوياً ١٥ نظير مايقرب من ١٠٠٠ فى الكيمياء و ٤٥٠ فى الفيزيقا و ٢٠٠ فى الرياضة . ولايوجد فى الوقت الحاضر سوى ٢٠٠ فلكى يشتغلون بالفعل فى البحث . ومع كل قرن عام ١٨٨٠ وما بعده كانت الولايات المتحدة تحرز باستمرار أكبر وأحسن المراقب ، وكان الفلكيون من كثير من الأمم يتجمعون حول الأجهزة العظيمة فى لك وبيركس وماونت ولسن وبلومار وغيرها من مراصد الولايات المتحدة ، وقد بقى فيها كثيرون ليعملوا بها طول حياتهم .

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

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

وقد ستمدت الولايات المتحدة من المواهب الوطنية ومن الهجرة إليها ، فريقاً من الفلكيين فى مقدرة أى فريق فلكى فى أية أمة أخرى . والثمانية الذين نتحدث عنهم فى هذه الدراسة يعتبرون فى مرتبة أحسن الفلكيين فى 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 أجانب بالمولد وإن قاموا بعملهم الرئيسى فى هذه البلاد ، وثلاثة منهم قد منحوا الجنسية الأمريكية ، وثلاثة ينحدرون من أسر فلكية شهيرة . فأبناء الفلكيين يترسمون خطى آبائهم بانتظام أكثر من المشاهدة فى العلوم الأخرى . ولا يعتنق أحد منهم ديانة رسمية ، إذ يبدو أن معظم الفلكيين يشبع توقهم وتلهفهم الدينى ما فى الفلك من استهواء غامض قدسى .

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

فالمشاهد أن الفلكيين يعمرون أكثر من غيرهم من رجال العلوم . فهناك على الأقل دستة 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 يأتى فى الفلك أساساً من تركيب وتوليف عدد هائل من الأرصاد التى قام بها رجال عديدون ، على مدى أجيال كثيرة فى الغالب . والصبر والخبرة اللتان تكتسبان مع تقدم العمر أثمن ما يكون للفلكى أثناء قيامه بعمل الأرصاد بعناية ودقة ، وأثناء جمعها وتوليفها للاستفادة منها إلى أقصى حد . وعلى النقيض من ذلك تقل فى الفلك فرص القيام بنوع من العمل النظرى البحت الذى هو المجال المحبب إلى العقول الفنية ، فينذر إنجاب الفلك نظراء لأينشتين أو ديراك اللذين غيرت استبصاراتهم الشابة النابهة مجرى الفيزيقا الحديثة فجأة .

كذلك تساعد عملية الاختيار الطبيعى فى تعليل طول عمر الفلكيين ، فالاضطلاع بالمرصد ليلة بعد ليلة فى مرصد مظلم زمهريرى يتطلب أعصاباً قوية متزنة وبنية أكسبتها الخشونة قوة واحتمالا . فقل من يتصدى للفلك من ضعفاء بنية الجسم ، ومن يفعل ذلك منهم سرعان ما ينصرف عنه ويعتزله . وهناك عامل آخر يقول الفلكيون إنه يثبت أقدامهم فى عملهم زمناً طويلا بعد بلوغهم سن التقاعد بينما يكون معظم من تقاعدوا من رجال العلوم الأخرى قد نضب معين إلهامهم ، وهو فتنة السماء الدائمة على مر الزمن .

مولر كونه هربر

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

منذ ذلك الحين هى : على أى صورة معمارية يبنى الكون وما هى أبعاده ؟ وما الذى يجعل النجوم تضيء أو تتلألأ ؟ وكيف نشأ الكون وتطور ؟ وفى مطلع العشر السنوات 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 متراص ثقيل نسبياً ، إذا طبقنا عليه معاييرنا الحالية ، يتألف أساساً من أسرة واحدة ضخمة من النجوم — مجرتنا أو الطريق اللبنى — مطمورة فى فضاء لا نهائى . 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 تلألؤ النجوم فلم تكن هناك نظرية مقبولة ، ولم يعن بإيراد أى حدس أو تخمين عن منشأ العالم ومصيره من رجال العلوم الجادين إلا النذر القليل .

أما شكل الطريق اللبنى وحده فكانا يتقرران فى أوائل القرن العشرين على يد كابتين بهولندا ، فبينما 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 فى ظاهره أدى إلى تحطيم مقياس كابتين لتقدير المسافة .

كانت المكتشفة هى هنريتا ليفيت (Henrietta Leavitt) . كانت قد درست خمسة وعشرين نجماً متغيراً — سميت كذلك لتغير لمعانها دورياً — فى السحابة المجلية الصغيرة (مجموعة نجوم علم الآن أنها مجرة تابعة للطريق اللبنى) . لاحظت أن متوسط لمعان مثل هذه النجوم يبدو ذا صلة بدورياتها أى بالسرعة التى تتغلب بها ، فيصل أخفتها إلى ذروته فى أيام قليلة ، وألمعها فى عدة شهور . وبعد ذلك بعامين انضم إلى مجموعة موظفى ماونت ولسن فى كاليفورنيا الجنوبية شاب ميسورى يدعى هارلوشيبلى (Harlow Shapely) حديث عهد بالحصول على درجة الدكتوراه من برنستن ، وبدأ يدرب مرقب الستين بوصة على كرات من النجوم معينة شديدة اللمعان متينة التراص تسمى بالجموع الكرية ، وتحوى كثيراً من النجوم المتغيرة الشبيهة بالتى درستها الآنسة ليفيت . وفى لحظة إلهام مفاجىء تبادرت إلى ذهن شيبلى فكرة استخدام المتغيرات لقياس المسافات داخل الطريق اللبنى . وكانت خطته أن يحسب أولا أزمنة التقلبات فى اللمعان ، ثم يطبق قانون الآنسة ليفيت فيقدر به كمية الضوء المنبعث من نجم متغير فى مجمع كرى ، وبمقارنة هذه الكمية بشدة الضوء المسجلة على لوحه الفتغرافى يستطيع حساب بعد النجم عند الأرض .

والطريقة شبيهه بقياس بعد سيارة عن طريق لمعان أنوارها الأمامية . ولكن كان على شيبلى أن يعرف أولا كمية الضوء التى تبعثها نجوم « الأنوار الأمامية » عند مختلف الدوريات . وقد فعل ذلك بواسطة تركيب مقياس أنشأه على أساس مستمد من أحد عشر نجماً تقرب من الأرض قرباً يسمح بقياس أبعادها عنها بوسائل أخرى .

وحين طبق مقياسه الجديد على المجموع الكرية القصية دهش شيبلى 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 $\frac{1}{20}$ من سطح السماء . وعند هذه النقطة قام شيبلى بما يسميه الآن « قفزة الإيمان » (عبارة مأخوذة عن الدانمركى 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 سنه ضوئيـــة لا ٢٠٠,٠٠٠ ، وأن الشمس قريبة من الحافة لا من الوسط .

وقد سخر معظم زملاء شيبلى الفلكيين فى أول الأمر من اكتشافاته الجذرية لكنه بدأ يكسب التعضيد والأنصار . وفى عام ١٩٢٠ نظمت الأكاديمية القومية للعلوم مناظرة فى الموضوع بين شيبلى وهبير كيرتس (Heber Curtis) الذى كان عندئذ فى مرصد لك بماونت هاملتن بكاليفورنيا . وفى تأييده للفكرة الكابتينية 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 تدخسه مقادير هائلة من الغبار الذى بين الكواكب . وفى سن الخامسة والثلاثين ، وهو السن الذى يبدأ معظم الفلكيين فيه استجمام نشاطهم لعلهم الجدى ، ساهم أعظم مساهمة علمية فى الفلك الحديث . وقد عرف بصفة خاصة

كمرب ومعلم ومنظم . وفى عام ١٩٢١ صار مديراً لمرصد هارفارد حيث كان جميع طلاب الدكتوراه فى علم الفلك بالولايات المتحدة بعد عام ١٩٣٠ يتلقون تعليمهم وتدريبهم فيه .

وفى سنواته الأخيرة بهارفارد صار لشيبلى نشاط فعال فى عدد من المنظمات السياسية العلمية ، وكثير منها يسارى النزعة . وقد تصدى ، ضمن أعمال أخرى ، لمعارضة إجراء التجارب على القنابل الأيدروجينية وقد نعته السناتور جوزيف ماك كارثى بالهدام . كما فعل مع كثير من رجال العلوم الذين يعتنقون آراء مشابهة لآرائه .

وعلى الرغم من أن شيبلى سمى نفسه « رجلا غير كنسى » فإنه ، بالاشتراك مع لويس فنكلشتين(Louis Finkelstein) المنتمى للمعهد اللاهوتى اليهودى 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 شيبلى كثيراً من وقته فى بولدر بكولورادو يخرج العديد من الكتب والمقالات فى الفلسفة والعلوم والدين.

مجرات بلا آفق :

اتخذ كيرتس ، أثناء مناظرته مع شيبلى موقفاً نقيضاً . فبعد أن عارض تقديرات شيبلى المبالغ فيها عن قد الكون مضى يذكر فرضاً أدى فى النهاية إلى ازدياد حجم الكون إلى أكثر من ذلك . كان هذا الفرض يعالج فطرة السدائم اللولبية ، فيقول كيرتس : لم تكن هذه سحباً غازية بل جزراً كونية ، مجرات من نجوم فى قد الطريق اللبنى ، وأقصى بكثير جداً من أى شىء 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 التى تتعرف عليها داخل الطريق اللبنى . أما بالنسبة لعظم بعد السدائم فقد سرد كيرتس واحداً من تقديرات شيبلى نفسه ، وهو أن بعضاً من أبرز السدائم يبلغ بعده ٢٠ ألف سنة ضوئية ، وبافتراض أن كل السدائم متساوية القدر تقريباً ، على أساس القاعدة الفلكية التى تقرر الانتظام الأساسى ، كان منطق كيرتس هو أن بعض السدائم التى تبدو صغيرة وضعيفة جداً يجب أن تكون أبعد من السدائم القريبة ألف مرة — أبعد بكثير عن حدود الطريق اللبنى ، ومن ثم تكون مجرات منفصلة .

وتقدم فلكى آخر من ماونت ولسن يدعى إدون هبل (Edwin P. Hubble) يتلقى تحدى فرض كيرتس . أتم هبل دراساته العالية فى الحقوق ثم اشتغل بعدها تحت التمرين عاماً فى كنتكى قبل أن يتجه إلى الفلك . وبعد أن أتم دراساته بمرصد يركس بجامعه شيكاغو قدم إلى ماونت ولسن عام ١٩١٩ فى وقت مناسب ليصير بين أول دفعة من الفلكيين تستخدم المرقب الجديد ١٠٠ بوصة ، ، وهو أكبر مرقب فى العالم عندئذ ، واختار هدفاً له لولباً كبيراً مغشى فى كوكبة أندروميدا ، وهى أظهر السدائم وأبرزها . وقد عرض هبل فى صبر وجلد مستحلبات فتغرافية دقيقة الحبيبات ساعات كثيرة عند بؤرة المرقب ، ونجح عام ١٩٢٤ فى تحميض صور لمئات من نقط ضوئية كرأس الدبوس تلمع فى الطية أو اللوبة القريبة من حافة اللولب . كانت هذه نجوماً بلا نزاع استطاع أن يتميز من بينها دستة لها لمعان يتقلب دورياً .

وبتطبيق مقياس شيبلى للمعان الدورى قدر هبل أن النجوم المتغيرة — ومن ثم السدائم التى 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 ببضع سنوات لاحظ أن جوعاً كرية فى أندروميدا تبدو كأنها لا ترسل من الضوء إلا ربع ما ترسله الجوع المشابهة لها فى الطريق اللبنى . كانت هذه المفارقة ، التى مرت أول الأمر دون أن يلحظها أحد تقريباً ، أمارة استدل بها على أن مقياس الأبعاد المستخدم قد يكون فيه شىء من الخطأ الجدى الجسيم . 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 أندروميدا .

ولكن هبل كان فى هذه الأثناء ماضياً فى مشروع آخر قدر له أن يمدنا بواحد من الدلائل الأولى على نشوء الكون . بدأ هبل من بعض أرصاد تثير التأمل رصدها سليفر بمرصد لوويل بفلاجستاف فى أريزونا . فعند تحليل أطياف سدائم عديدة تبين سايفر أن بعض السدائم الضعيفة تبتعد عن الأرض بسرعة تصل إلى ١١٠٠ ميل فى الثانية (كانت المقاسات مؤسسة على « أثر دبلر » الظاهرة الفيزيقية التى تسبب إرتفاع حدة الصوت لقطارها إذا كان مقتربا وانخفاضها إذا كان مبتعداً . وفى حالة الضوء المبتعد يبدو أثر دبلر على صورة « تزحزح أحمر » . فأمواج الضوء الصادرة من جسم يبتعد عنا بسرعة كبيرة تمتد أو تمط طويلا ، وهذا يقلل من ترددها مزحزحاً خطوط الطيف فى اتجاه طرفه الأحمر) .

الكون يتصرع :

شرع هبل يقيس أبعاد سدائم سليفر التى تبتعد عنا ، والتى عرف الآن أنها مجرات تشبه الطريق اللبنى ، فوجد انتظاماً مذهلا . فتسارع المجرات المبتعدة

يتناسب مع أبعادها عن الأرض . وعندها قفز هبل « قفزة إيمانه » هو فأعلن أن عالم المجرات كله فى تمدد ، وتنبأ بأن أطياف المجرات الأبعد ستكشف عن « تزحزحات حمراء » يتزايد كبرها باستمرار ، أى عن تسارع أعظم .

وللتأكد من هذه النقطة وضع هبل خطة لمراجعة كل « التزحزحات الحمراء » متوغلا إلى أبعد مدى فى الفضاء يصل إليه مرقب ١٠٠ بوصة . ولم يكن لديه وقت لعمل كل الأرصاد بنفسه ، ولكن واتاه الحظ بزميل يدعى ملتن هيوميسن (Milton L. Humason) وهبه الله جلداً ودأباً يكاد يفوق طاقة البشر ، ومهارة عظيمة فى إمساك المرقب الكبير مسلطاً على الهدف ساعة تلو أخرى . كانت سيرة حياة هيوميسن لا يضارعها فى 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 قدراً كبيراً إلى حد دعى من أجله إلى الانضمام لهيئة الموظفين العلميين ، بل صار يعمل سكرتيراً للرصد ، واليوم لا يزال وهو فى سن التاسعة والستين كثيراً ما يشتغل طول الليل يعمل على المرقب .

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

وصل الفلكيان عام ١٩٣٦ إلى جموع مجرية ذات تزحزح أحمر يناظر سرعة ابتعاد تساوى ٢٥,٠٠٠ ميل فى الثانية . كانت هذه الجموع على بعد يربو على نصف بليون سنة ضوئية . وفيما وراء هذا المدى عجز المرقب ١٠٠ بوصة عن تسجيل الأطياف . ولكن حدس هبل بأن العالم يتمدد كان قد تأيد وتأكد . فإلى 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 ، وبدا مما يتفق مع المنطق افتراض أن التمدد لا بد أن يكون قد بدأ عند نقطة محددة بالذات فى الزمن والفضاء . وفى عام ١٩٢٧ جاء الأب جورج ليمتر (Georges Lemaitre) وهو قسيس بلجيكى ورياضى ، فتتبع المجرات إلى الوراء فى الزمن حتى وصل إلى مصدرها . ولكى يعلل نسبة هبل بين السرعة والبعد تصور أن جميع المادة فى الكون ، بما فيها الأرض والشمس والطريق اللبنى والمجرات الأخرى ، لا بد كانت يوماً ما مضغوطه إلى بيضة جسيمة انفجرت منذ ١٨ بليون سنة ، ولا تزال تتناثر وتتشتت .

وبعد ذلك ببضع سنوات تجمعت شواهد ودلائل من نوع مختلف أدت إلى تقرير مختلف لعمر الأرض وحدها ، فقد وجد الجيولوجيون ، الذين يدرسون انحلال أو اضمحلال النشاط الإشعاعى للرواسب اليورانيومية ، أن الأرض لا بد أن يكون عمرها ٣ بلايين من السنوات على الأقل ، وبعدها زادت تقديراتهم إلى ٤٫٥ بليون ، وبذا نشأ تناقض محير : أرض عجوز مطمورة 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 التى بين النجوم والمجرات ، وفى بواكير العشرينات كان معظم الفلكيين يعتقدون أن الفضاء الذى بين الكواكب[١] فراغ خلاء تام تقريباً ، ولكن جان أورت (Jan H. Oort) بجامعة ليدن (آخر من تتلمذ على كابتين) « وزن » هذا الفراغ الخلاء وزناً تقريبياً عام ١٩٢٥ ، انتخب حجماً من الطريق اللبنى كعينة ورصد كيفية تحرك النجوم فى داخله تحت تأثير الجاذبية ، فوجد أن جماع كتل النجوم لا يفى وحده لتعليل الكيفية التى بها تتحرك هذه النجوم ، واستنتج من ذلك أن الفراغ الذى يرصده لا بد يحوى قدراً كبيراً من مادة غير مرئية .

وبعد ذلك بخمس سنوات أوضح ترمبلر (R. G. Trampler) وهو فلكى سويسرى يعمل بمرصد لك ، أن ضوء نجوم ساخنة معينة كان يجب أن يكون مزرقاً بدا محمراً ، وهو أمر خارق للعادة . ولا يمكن تفسير هذا الاحمرار إلا إذا كان الضوء يمر عبر سحب من جسيمات غاز بالغة الصغر موجودة فى الفراغ الذى بين الكواكب .

ولكن سحب الغاز التى افترضها ترمبلر لم تستطع أن تعلل سوى جزء من المادة « الزائدة » التى أشارت حسابات أورت إلى ضرورة وجودها . وبعد ذلك بسنوات قليلة اكتشف أوتوشتروف ، وبنجت شتروجرن (Bengt Strômgren) ، وكلاهما بمرصد يركس ، وجود أطنان لا عداد لها من الأيدروجين مبعثرة بمقادير ضئيلة بين النجوم . وبواسطة رصد طويل ومحاجة غير مباشرة بينا أن كل واحد سم مكعب من الفضاء القريب من الشمس يحوى فى المتوسط ذرة من غاز الأيدروجين . وفى مجرة كالطريق اللبنى تكون النجوم متباعدة عن بعضها تباعداً مفرطاً ، ومن ثم فالغاز والغبار

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

حجمها ضئيل القدر المبعثر منهما يزنان قدر وزن النجوم كلها .

لماذا تتلألأ النجوم :

وهكذا نجح الفلكيون فى تفسير تشريح الكون ، ولكنهم لاقوا عنتاً أكثر فى فهم مايجرى داخله من تغيرات ، أى العمليات النووية التى تفتح نيرانها على النجوم فتجعلها تتلألأ . وفى عام ١٩٢٠ ، وهو نفس العام الذى كان شيبلى وكيرتس يتناظران فيه ، أورد أرثر إدنجتن (Arthur S. Eddingtou) بجامعة كمبردج حدساً أو تخميناً بدقة تسترعى وتبهر عن فطرة النجوم . واليوم ندهش حين نتذكر إلى أى حد اقترب إدنجتن من الحقائق التى لم يكشفها البحث إلا فى خلال الثلاثين سنة التالية . ففى خطاب ألقاه أمام الجمعية البريطانية لتقدم العلوم قال إدنجتن إنه تجرى تفاعلات دون الذرة من التى تحول المادة إلى طاقة ، بل إنه عين تفاعلا منها بالذات ، اكتشف فى النجوم فيما بعد ، وهو التحام ذرتى أيدروجين وتحولها إلى هليوم ، وتوقع بدقة مذهلة تسخير الطاقة الذرية : فتحدث عن تحقيق « أحلامنا عن التحكم فى هذه القدرة الكامنة وتسخيرها من أجل سلامة الجنس البشرى — أو من أجل انتحاره » .

وعلى قدر ما كان فى خطة إدنجتن من تنبؤ فإنه ضل الطريق حين حاول وصف البنية الداخلية للنجوم ، واستنتج فى عام ١٩٢٥ أن الأيدروجين ليس إلا جزءاً تافهاً من محتوياتها ، مع أن التركيب الحقيقى للشمس حسبما قاسه ، بطرق بيانية طيفية فى خلال السنوات القليلة التالية ، هنرى نوريس رسيل (Henry Norris Russel) الذى يعتبره الكثيرون أبرز فلكى أمريكى فى هذا القرن هو ٩٠ ٪ ذرات أيدروجين و ١٠ ٪ هليوم وآثار طفيفة من عناصر أخرى . ظل رسيل مدير مرصد برنستن من عام ١٩١٢ إلى أن تقاعد عام ١٩٤٧ . واستمر مدة

السنوات العشر التالية إلى أن توفى فى الثمانين من عمره ، يعمل بنشاط ، يحاضر ويبحث . نعم كان يقضى وقتاً قليلا عند المرقب ، لكن تفسيراته للأطياف اللولبية ما يزال معمولا 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 هانريت وتشارلس كرتشفيلد (Charles Critchfield) بكورنل تفاصيل تفاعل يؤدى إلى إدماج الأيدروجين المباشر إلى هليوم ، وإطلاق طاقة هائلة . وبعد ذلك اكتشف فى نفس العام كل من بيث وكارل فون فايزتسكر (Carl von - Weizsacker) الألمانى ، كل منهما مستقل عن الآخر ، ما يسمى بدورة الكربون التى تلتحم فيها على التتابع ٤ ذرات من الأيدروجين بذرة كربون إلى أن تنفصل فى النهاية ذرة هليوم فتقفز . ومن المعلوم الآن أن الشمس ومعظم النجوم الأخرى الباردة نسبياً تولد طاقة عن طريق التحول المباشر الأيدورجين بينما تستخدم النجوم الشديدة الحرارة واللمعان دورة الكربون .

وفى بحر سنة ظهرت نظرية شاملة عن بنية الكواكب على يد سبرحمانيان تشاندرا سيخار (Subrahmanyan Chandrasekhar) بمرصد ييركس . حلل القوى التى تنقل الطاقة من الداخل المتأجج للنجوم إلى الأجواء الباردة نسبياً ووصف حالة « الانخطاط » الغريبة للمادة فى « الأقزام البيضاء » — وهى نجوم استنفدت وقودها وانكمشت إلى مرحلة يزن فيها ملء كستبان من مادتها أطناناً عديدة .

الكلفينى (١) :

قبل ذلك ببضع 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 المصلح الدينى جون كالفن الذى كان مثال المثابرة والدأب والصمود .

كمبردج حيث تتلمذ على الفيزيقيين رالف فاولر (Ralf H. Fawler) وديراك . ولكى 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 يبغى 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 الفيزيقا 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 يريده ، وينتظر من كل إنسان آخر أن ينتظم فى الصف .

ومن ثم لم تكن صدفة أن نبع كثير من الفلك البارع فى الثلاثينات من بيركس ، حيث وجد تشاندرا بمرصدها ترحيباً كبيراً . وفى عام ١٩٣٢ قرر روبرت هتشنز (Robert Hutchins) مدير جامعة شيكاجو أن يبنى بها قسماً فائقاً فـــذاً 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 شتروف يعرف الفلكى الجيد عندما يراه ، فقد انحدر فى الواقع من سلالة خيرتهم ، فوالد جده

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

وكان شتروف الرجل الجدير ببيركس ، وظفر لتمرسه العظيم فى جميع مجالات الفلك باحترام هيئة الموظفين كلها ، وكانت جماعة متعالية متمردة مشاكسة من رجال العلوم التى لم يسبق أن تجمع مثلها فى مرصد فلكى . ويذكر فلكى كان فى تلك الحقبة ببيركس كطالب الدراسات 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 العشر سنوات أعظم وسط على يوحى ويلهم فى تاريخ الفلك .

أسرتان من النجوم :

فى خلال الحرب العالمية الثانية ظهر الاكتشاف الذى قدر له أن ينسج الخيوط الرئيسية للفلك بعضها إلى بعض وهى — أبعاد الكون وتكوين النجوم ونشوء الكون . ونظراً لاشتغال معظم الفلكيين بالعمل فى ميادين الرادار والصواريخ وغيرهما من المشروعات الحربية بطؤت حركة علم الفلك بالولايات المتحدة إلى حد الجمود أو الزحف . كان بماونت ولسن فلكى واحد يعمل بمفرده تقريباً وهو والتر باد (Walter Baad) الألمانى 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 فتغرافياً 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 الأمر مستحلبات حساسة للضوء الأزرق لأن النجوم اللوامع فى صور هبل كانت تنعت « بالمردة الزرقاء » ، وظل الوسط المتوهج غشاوة غامضة . بعد ذلك غير باد ألواحه إلى 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 للمرقب 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 نجوماً متغيرة ووجدها ألمع أربع مرات من النجوم التى كان هبل قد صورها عام ١٩٢٤ فى الجزء الخارجى للمجرة . لقد كان تقسيم اليادرة التى استخدمت لقياس الأبعاد من الطريق اللبنى 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 يتمدد الكون أثناءه .

وقد أوحى اكتشاف نوعىّ السكان للنجوم ، بطريقة لتتبع تكوين الطريق اللبنى . وشرع مورجان (W. W. Morgan) بيركس يفعل ذلك بواسطة وضع خرائط تبين أوضاع مختلف طرازات النجوم فى مناطق الطريق اللبنى القريبة ، ووجد أن مجراتنا تشبه أندروميدا 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 الأول ، 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 يتنبهوا إلى استغلال فرصة رصد الكون بواسطة الإشعاع . وفى عام ١٩٣١ سجل إشارات إشعاعية أو لاسلكية قادمة من الفضاء لأول مرة كارل يانسكى (Karl Yansky) الذى عمره ٢٦ عاماً ، وهو مهندس بمحطة البحوث بمعامل شركة بل للتليفونات فى

هلدل بنبوجرسى . وحين برهن بعد ذلك بعامين ، أنها منبعثة من وسط الطريق اللبنى قامت فى الجرائد الشعبية زوبعة اهتياج ، ولكن الفلكيين لم يعيروا الأمر إلا قليلا من الالتفات .

وفى خلال الحرب اشتغل كثير من الفلكيين فى الرادار . وبينما هم يزدادون تمرفاً على إلكترونات الاتصال نشأ عند بعضهم اهتمام بالفلك الإشعاعى . وفى هولندا حيث أغلقت سلطات الاحتلال الألمانى المراصد يم 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 مايبعثه 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 سيستطيع 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 الفيزيقا النووية) . كان أيون وبورسل قد استعارا أجزاء تساوى ألفى دولار ، وحصلا على منحة بخمسمائة دولار بترتيب من شيبلى . جمّعا هوائياً كالقرن يشبه مكبر الصوت فى فنغراف عتيق ، وأبرزاه خارج إحدى نوافذ معمل الفيزيقا . كان هذا جهاز استقبال فجاً خشناً يقذفه الطلبة المارون بكرات الثلج أو الجمد ، ولكنه أتى بإشارات واضحة فى بواكير عام ١٩٥١ . وفى خلال بضعة أشهر كانت الجماعة الكليدنية وفريق

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

حياة نجم :

فى خلال العشر سنوات الأخيرة كان الشغل الشاغل للفلكى العادى هو منشأ النجوم . وقد أضاف الفلكيون إلى تحاليل تشاندراسيخار قبل الحرب اكتشافات جديدة فى الفيزيقا النووية ، وبدأوا يربطون بين مختلف النظريات عن كيف تولد النجوم وتشيخ ثم تموت فى النهاية . قام بهذا العمل كثير من الفلكيين بكل من الولايات المتحدة وأوربا ، ولكن أفراداً منهم تميزوا وبرزوا وهم : ألان ساندج (Allan Sandage) بمرصدى ماونت ولسن وبلومار ، ومارتن شفاتزث بلد Martin Schwarzochild من برنستن ، وفرد هويل (Fred Hoyle) بكمبردج ، وتشاندرا سيخار بيركس ووليم فاولر (William Fowler) ، وجس جرينشتين (Gess L. Greenstein) بكالتك .

تعاون فاولر الفيزيقى مع هويل وجرينشتين لتوضيح كيفية تكون العناصر الكيماوية فقاس جرينشتين بعناية فائقة التركيب الكيماوى لنجوم كثيرة ، ثم حسب فاولر وهويل التفاعلات النووية التى تعلل الأرصاد . وطبقاً للنظرية السائدة الآن يوجد على الأقل جيلان من النجوم ، وربما عديد غيرها (نجوم الجيل الباكر تناظر تقريباً نجوم سكان (٢) لباد ، ونجوم الجيل المتأخر تناظر سكان (١) . ويولد الجيل الأول على صورة أيدروجين نقى متكشفاً من كتلة كرية صغيرة من غاز بدائى يتخلل الكون . والأيدروجين الذى بقلب أى نجم يحترق متحولا إلى هليوم ، ثم يتفاعل الأخير فيكون كربوناً وأكسجيناً ونيوناً . وفى هذه المرحلة يتقلص القلب وتعلو الحرارة علواً كبيراً ، ثم يبدأ تفاعل نووى

من نوع آخر مكوناً عناصر متدرجة فى 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 يبثه فيما بين الكواكب من أيدروجين .

وتتكون بعض نجوم الجيل الثانى من أيدروجين ملوث ، وهى تولد طاقة عن طريق دورة الكربون التى اكتشفها بيث وفون فايتزسكر ، وفى النهاية بينما تتطور هذه النجوم المتأخرة وتزداد سخونة باستمرار نجدها تصنع كل العناصر لغاية الحديد ، وتكون نيوترونات أيضاً تدمج مع الحديد لتكون عناصر أثقل فأثقل على التتابع .

رسم التطور بيانياً :

يرجع معظم الفضل فى الوصول إلى الصلة التى بين التفاعلات النووية التى تكون عناصر وبين ما يطرأ على لون النجم وقده من تطور إلى شفارتز تشايلد وساندراج وهويل . وإذا رجعنا إلى الوراء قبل الحرب العالمية الأولى علمنا أن هنرى نوريس راسل وأجنار هرتسبرنج (Ejnar Hertzsprung) الفلكى الدانمركى كانا قد عثرا على خطة بسيطة لتصنيف النجوم ، فرسما اللمعان الداخلى للنجوم مقابل لونها (الذى يناظر درجة حرارة السطح) . ولا يزال الرسم البيانى الذى عمله هرتسبرنج ورسل مستعملا فى تصوير التطور الكواكبى .

توسع شفارتز تشايلد وساندراج وهويل بإحكام فى هذا الرسم الذى يصور التطور بالكيفية الآتية : تقع النجوم الحديثة التكون فى اتجاه أو حذاء التتابع الرئيسى ، وهو قطر يمر بين المنطقتين الحمراء المعتمة والزرقاء اللامعة . وكلما أحرقت هذه النجوم أيدروجينها تقدمت مسافة صغيرة فى التتابع الرئيسى فصارت

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

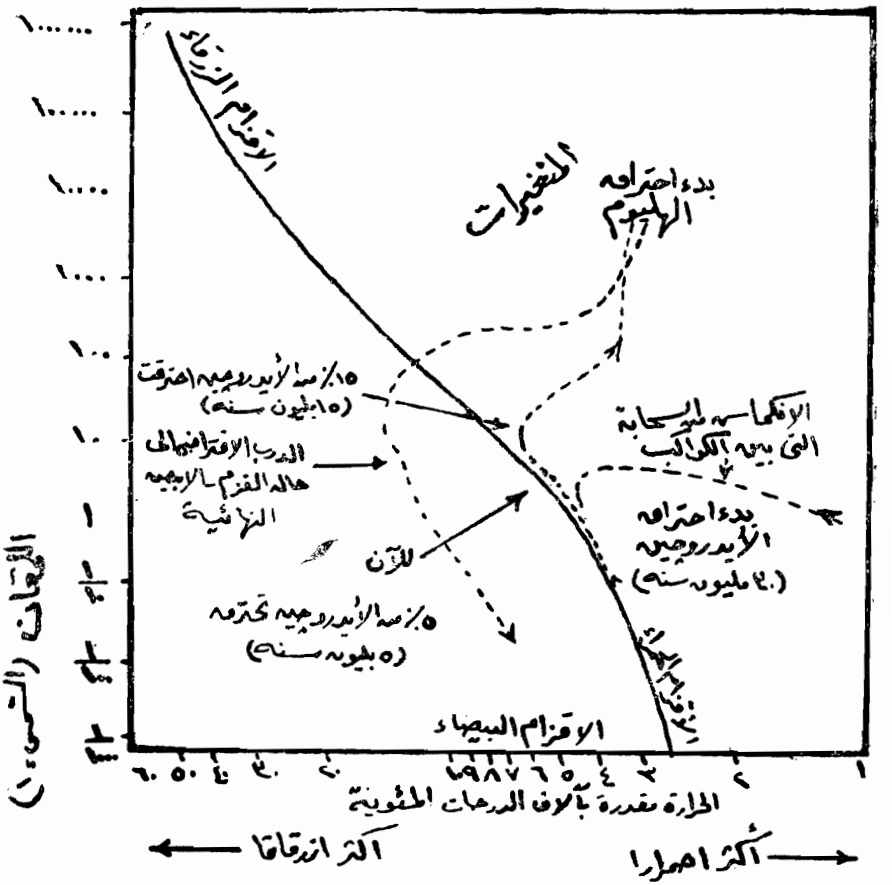
تظل المردة الحمر باقية إلى آخر أثر أوكسية صغيرة من الأيدروجين . وحين يشرف هذا على النفاد تبدأ تحرق هليوماً ، وتتقلص وتنحدر إلى المناطق الأكثر زرقة صوب شمال الرسم البياني . وعند هذه المرحلة يصير النجم عديم الاستقرار وقد ينبض كما تفعل المتغيرات . وقد يمر بسلسلة من الانفجارات الصغيرة ، وفي هذه الحالة يلمع 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 . فعند نفاد كل ما به من وقود لا يكون هناك إشعاع صادر من القلب كاف لموازنة ضغط الجاذبية ، فيتداعى النجم وينهار ويبرد تدريجياً فينحنى 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 للآن 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 يدعي شفارتز شايلد ، ولكنه يضيف أن العشرة في المائة المجهولة هي الجزء « الشائق حقاً » . ويوافق ستروف بقوله : « لم يحن 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 التتابع الرئيسى فى طريقها إلى هاوية . والشمس ، التى هى نجم من قد متوسط ، مضى عليها ٥ بلايين سنة فى التتابع الرئيسى ، وبقى لها عشرة بلايين تمضيها قبل أن تبدأ فى التحول إلى مارد أحمر . وإذن فأى مجموعة من النجوم غنية بالمردة الزرق لا بد أن تكون فتيّة . وفى المجاميع الكبيرة السن نجد أن كل النجوم الكبيرة قد تحولت إلى مردة حمر أو أقزام بيض . وبوضع رسم بيانى لكل النجوم فى مجموعة حسب طريقة « هيرتسبرنج — 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 ساندج بيانياً النجوم التى فى مجموعة من الطريق اللبنى ووجد أن عمرها نحو ٢٥ بليون سنة — أقدم بكثير من أعظم تقدير لعمر الكون — وقد ساورت ساندج نفسه شكوك بالنسبة لهذا الرقم لأنه كان غير متيقن من أن أزمنة التطور حسبت بدقة وضبط .

وسيظل التطور الكوكبى المجال الرئيسى للفلك خلال الستينات . وهناك قيادات جديدة تبشر بالخير أخذت بالفعل تنشأ وتظهر . فجورج هربج (George Herbig) بمرصد لك يقتفى أثر النجوم إلى الوراء حتى مرحلة تكوينها قبل استقرارها فى التتابع الرئيسى الرسم هـ — ر . (H. R.) فقد . اكتشف فى سحابة غبار وغاز متوهجة تغلى بالاضطراب ، ومضة لامعة حيث لم يكن يرى شىء قبل ذلك بست سنوات . وهذه قد تكون نجماً ظهر إلى حيز الوجود وشيكا ، وإذا كان كذلك فقد يكون يقذف الآن بالفعل بمجموعة من



تطوو الشمس من مولدها إلى موتها يتبع الخط المنقط والمتكسر المكون للمسار على هذا الرسم الذى عمله هرتسبرج ورسل ، والذى يستخدمه الفلكيون لتتبع أثر النجوم . يمضى النجم المتوهج معظم عمره على الدرب القطرى الذى يسمى « التتابع الرئيسى » . وقد لحقت شمسنا بالتتابع الرئيسى (قرب الركن الأسفل إلى اليمين) منذ نحو خمسة ملايين سنة ، بعد أن تقلصت من سحابة 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 بسرعة ، وستأخذ فى تغليف الأرض وسيارات أخرى داخلية فى جوها النارى . وبعد أن تصير نجماً من المردة الحمر وتستنفد وقودها من الأيدروجين ستنحدر الأرض إلى مرحلة القزم الأبيض التى تصير فيها كتلة متوهجة من مادة متينة لاتكاد تكبر الأرض ولكنها أكثف منها بأكثر من ١٠٠,٠٠٠ مرة . وفى طريقها إلى منطقة القزم الأبيض قد تصير لفترة من الزمن نجماً متغيراً تنقلب فى لمعانها دورياً . وتتبع النجوم الأخرى مسارات مشابهة . ولكن الصغيرة منها (الأقزام الحمراء) تستغرق فى تطورها زمناً أطول بكثير ، بينما الكبيرة منها (الأقزام الزرقاء) تحرق نفسها بما هو أسرع بكثير من الشمس .

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

ويقتفى شتروبجرن كذلك أثر النجوم للوراء إلى بداياتها . وقد ابتكر أسلوباً فنياً جديداً قائماً على انخفاض حاد فى شدة الضوء فوق البنفسجى لنجم 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 مردة المغنطيسات :

ومشكلة أخرى ملحة تواجه الفلك فى العشر السنوات القادمة هى طبيعة المجالات المغنطيسية داخل النجوم وداخل ما بينها من فضاء ليس بالخلاء التام . وقد تم بالفعل فى هذا المجال عمل كثير ، فإذا رجعنا إلى عام ١٩٤٠ وجدنا فلكياً سويدياً يدعى هانز ألفن (Hannes Alven) استنتج وجود مجالات مغنطيسية فى الفضاء ، وعرف أنها تدفع الأشعة الكونية للحركة . وفى عام ١٩٥١ بعد أن لوحظ أن الضوء المخترق لسحب الغبار يكون مستقطباً ، استنتج جرينشتين أن الاستقطاب تسببه جسيمات غبار متطاولة متجهة فى نفس الاتجاه بفعل مجالات مغنطيسية ضعيفة . وبعد ذلك بعامين حسب تشاندرا سيخار والفيزيقى إنريكو فرمى أن المجالات المغنطيسية لها دخل كبير فى شكل الأذرع اللولبية للمجرات . وعزا اشكلفسكى بروسيا بعض الضوضاء الإشعاعية فى الطريق اللبنى إلى « أثر سنكروترونى » 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 الإندماج الأيدروجينى على سطح الأرض .

وقد يكون لدى الفلكيين فى بحر بضع سنوات مرصد فى الفضاء . ففى 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 أثر فوق البنفسجى ، عدا شريط كنز للغاية . ولدى عدة فلكيين الآن خطط مرسومة لرصد السماء فوق البنفسجية بالتفصيل بواسطة المراقب الجيدة . ويأمل فـــرد هويبل (Fred L. Whipple) بهارفارد بالمعهد أو بالمؤسسة الأسميثونية أن « يظفر بنظرة سريعة » فى عام ١٩٦٢ أو عام ١٩٦٣ بواسطة مرقب ٨ بوصات فى تابع أو قمر صناعى . وقد تكون الخطوة التالية هى مرقباً لقمر صناعى ٢٤ بوصة ، وهو الآن فى دور التصميم بإرشاد ليمان سبتزر (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 القد فى الوقت الحاضر .

ومع كل فإن هناك تطوراً وتقدماً حديثاً قد يهب المراقب الأقرب إلى الصغر قدرة الأبصار التى لأكبرها اليوم ، فقد اخترع فلكى فرنسى يدعى أندريه لالليمان (Andre Lallemand) أنبوبة إلكترونية تحول الضوء إلى إلكترونات تسقط صورة مقواة (أى اكتسبت حدة أو شدة) على لوح فتغرافى أوستار

فلوريس . هذه الأنبوبة المقوية للصورة رديئة الصنع وغالية الثمن فى الوقت الحاضر ، فالرجل الماهر المتمرس عليها يقضى يوماً كاملا لوضع الفلم فيها . والفلكيون يجدون فى العمل بماونت ولسن وبالومار ولك وبيركس ومراصد أخرى عديدة فى 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 فى بلومار فى الوقت الحاضر يربو على خمسة بلايين من السنين الضوئية . وعلى هذا البعد تظهر المجرات وهى تبتعد عنا بسرعة خيالية تبلغ ٧٠,٠٠٠ ميل فى الثانية . وربما استطاع الفلكيون ، بمساعدة أنبوبة تقوية 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 المعضلات التى قد يحلها نهائياً الأبصار عبر مرقب طويل المدى هو « بداية » الكون . إن تصور لمتر أو فكرته ، التى قوامها كتلة مستديرة صغيرة بدائية من المادة انفجرت وبدأت تتمدد ، كانت محل تشكك وتساؤل جدى ، ولا سيما على يد هويل ونظريين بريطانيين آخرين ، فهم يفترضون بدلا من ذلك أن الكون كان على الدوام كما هو تقريباً لأن المادة كانت هى الأخرى على الدوام تتخلق وتتجدد بكيفية خفية غامضة — ولا يزال تخليقها فى الواقع يجرى بمعدل سرعة منتظمة . فالكون فى تصورهم فى « حالة ثبات واستقرار » بمعنى أن المجرات تفر مبتعدة بنفس السرعة تماماً التى تعوضها المادة الجديدة التى تخلق أو تتكون فى وسطها أو بين ظهرانيها . وربما يتقرر أى النظريتين أقرب إلى المعقولية بواسطة اختبار أو فحص محتويات الفضاء فيما بعد المدى الحالى لمراقب اليوم بمسافات كبيرة جداً .

هل توجد حياة فى الفضاء ؟

كان الإنسان على الدوام يستهويه احتمال وجود صور أخرى من الحياة العاقلة فى الكون ، فإذا كان هناك عقلاء آخرون بالفعل فربما استطاع الفلكيون الاتصال بهم . وقد بدأت قريباً جداً محاولة لاستبانة أو كشف رسائل بالشفرة (أى إشارات خفية) وسط الضوضاء الإشعاعية السماوية ، بدأها فرانك دريك (Frank D. Drake) هضو هيئة الموظفين بالمرصد القومى للفلك الإشعاعى بجرين بانك غرب فرجينيا ، وقد سمى 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 تذيع بتردد ذرات الإيدروجين التى يسهل التعرف عليها فى الحال ، فإذا استطاع دريك العثور على إشارة كنزة فى عرض الشريط الطيفى تنبض بوضوح وتميز ، حق له أن يحدس أن هناك معلومات ترسل إلينا من سيار آخـــر على صورة إشعاعات أى إشارات لاسلكية .

وتؤول المسألة إذن إلى فك شفرة الرسالة . وقد يكون هذا سهلا ، 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 فى أول الأمر معلومات قابلة لأن يتعرف عليها جميع الناس فى أى عالم متمدين يُتصور ، مثل قائمة الأعداد الأولية . ويشير دريك إلى أن عملية التفهم كلها ستكون أسرع إلى حد كبير جداً إذا أرسلت الرسائل بالتلفزيون ، وهو واثق من إستطاعته التعرف بسهولة على أية إشارة

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

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