الفصل الثالث

الرقم الكبير N : (نى) :

(الجاذبية فى الكون)

قوانين نيوتن

تتحكم الجاذبية فى كل شئ فى الكون من كواكب ومجرات ومداراتها بل وربما مصير الكون النهائى . ومع أن قوة الجاذبية مازالت تطرح أسرارا عميقة نحاول إدراكها ، إلا أنها أول قوة تم توصيفها بأسلوب رياضى . وتوصل نيوتن فى القرن السابع عشر إلى أن الجاذبية بين جرمين تخضع «لقانون التربيع العكسى» . ومعنى ذلك أن الجرمين إذا زادت المسافة بينهما إلى الضعف ، يؤدى ذلك إلى أن تضعف الجاذبية بينهما بأربعة أمثال . وأثبت نيوتن أن هذا القانون يفسر المدار الاهليلجى للكواكب .

وأوضح نيوتن أنه لو أُطلقت قذيفة مدفع بسرعة تقرب من ٨ كم / ثانية فإن القذيفة ستفلت من جاذبية الأرض وتتخذ مدارا حولها . على أن المدافع فى زمن نيوتن كانت أضعف كثيرا من أن تطلق قذيفة بهذه السرعة . على أن هذا هو المبدأ الذى تستخدم به الصواريخ الحديثة لإطلاق أقمار صناعية تتخذ مدارها فى الفضاء حسب تأثير السرعة والجاذبية . وهذه القوى هى نفسها التى تبقى الكواكب والنجوم والمجرات فى مدارها حول محور مركزى .

الجاذبية وحجم الحيوانات

كلما زاد حجم الحيوان احتاج لسيقان أكثر سمكا لتحمل وزنه الزائد حتى لا يسقط بالجاذبية . ولو زادت مقاييس حيوان لمثلين مع الإبقاء على شكله كما هو فإن حجمه ووزنه سيزدادان لثمانية أمثال (٣٢) وليس لمثلين فقط . ولن يزيد المقطع الأفقى لساقيه إلا بعامل من أربعة (٢٢) . وحتى يتجنب هذا الحيوان سقوطه وموته ينبغى أن يزيد سمك الساقين بما يناسب زيادة الوزن . ومن الناحية الأخرى فإن حيوانا صغيرا كالفأر يستطيع أن يتسلق حائطا رأسيا بلا أذى حتى لو وقع من ارتفاع كبير . وهكذا فإن الاحتفاظ بحجم مناسب أمر مهم فى عالم البيولوجيا لتجنب السقوط بالجاذبية .

قيمة نى والسبب في كبرها

الجاذبية كما تبين بالغة الأهمية بالنسبة للمحيط الحيوى وبالنسبة لأجرام الكون . ومع ذلك فإن قوة الجاذبية «ضعيفة إلى حد مذهل» بالمقارنة بالقوى الأخرى التى تؤثر فى الذرات ، كالقوة الكهربائية مثلا . ومن المعروف أن الشحنات الكهربائية ذات «العلامات» المختلفة يجذب أحدها الآخر . فالبروتون بشحنته الموجبة يجذب الالكترون ذى الشحنة السالبة . وإذا كان هناك ذرة فيها بروتونان فى النواة فإنهما يتنافران كهربائيا لأن كل منهما يحمل شحنة موجبة . ولكنهما حسب

قوانين الجاذبية لنيوتن يتجاذبان معا . أي أن القوة الكهربائية يكون مفعولها على البروتونين عكس مفعول قوة الجاذبية . ويعتمد تأثير كلا القوتين على المسافة بين البروتونين حيث يتبعان معا قانون التربيع العكسى . وتقاس الشدة النسبية بينهما برقم مهم هو N (نى) أيا كانت المسافة التى تفصل البروتونين . يحوى جزئ الهيدروجين ذرتين منه مرتبطان معا . وتكون القوى الكهربائية فى البروتونين متعادلة بقوى الالكترونين المحيطان بهما . أما قوى الشد الجذبوى بين البروتونين فتكون أضعف من القوى الكهربائية بما يصل إلى ٣٦١٠ ، بحيث أنها لا تكاد تقاس . وبالتالى فإنه يمكن تجاهل أى تأثير للجاذبية فى الدراسات الكيميائية التى تدرس طريقة أرتباط مجموعة الذرات معا لتشكل جزيئات .

على أنه مع زيادة حجم وكتلة المادة يتزايد تأثير الجاذبية بالنسبة للقوى الكهربائية . ذلك أن الجاذبية لها دائما شد إيجابى يتضايف ، وإذا ضاعفنا الكتلة فإنها تظهر شدا جذبويا مضاعفا . أما الشحنات الكهربائية فتكون سالبة أو موجبة ، وإما أن تتنافر أو تتجاذب . وإذا كان هناك شحنتان فإن قوتهما تتزايد فقط إذا كانا «بنفس الإشارة» . على أنه إذا زاد حجم الجرم ليصبح مثل اجرام حياتنا اليومية ، فإنه يكون مصنوعا من عدد هائل من الذرات فى كل منها نواة بشحنة موجبة تحيط بها الكترونات بشحنة سالبة بحيث أن الشحنات الموجبة والسالبة يكون تأثيرها تقريبا أن تلغى إحداها الأخرى ، وبهذا تزداد قوة الجاذبية بالنسبة للقوى الكهربائية فى الأجرام الكبيرة .

يمكننا تقدير ذلك كميا كما فعلنا فى الفصل الأول عندما تخيلنا التقاط صور كل منها أبعد من سابقتها بعشرة أمثال . ولكننا سنتخيل هنا رسم كرات من أحجام مختلفة تحوى كل منها عدد من الذرات يزيد بعشرة أمثال عن سابقتها أى ١٠ ثم ١٠٠ ثم ١٠٠٠ وهلم جرى ، وبالتالى ستكون كل كرة أثقل من سابقتها بعشرة أمثال . عندما نصل إلى الكرة رقم ١٨ ستكون فى حجم حبة الرمل ، وتكون الكرة رقم ٢٩ فى حجم الانسان ، وتصل الكرة الأربعين إلى حجم كويكب كبير نوعا . وكل زيادة فى الكتلة بألف مثل يصحبها زيادة فى الحجم بألف مثل (باعتبار أن الكرات تتساوى فى الكثافة) ، ولكن نصف القطر لا يزيد إلا بعشر مرات . وتقاس الجاذبية الخاصة بكل كرة بالطاقة اللازمة لنزع إحدى الذرات من تأثير شد الكرة الجذبوى ، وهذا قياس يعتمد على الكتلة مقسومة على نصف القطر ، وبالتالى فإنه يتزايد بعامل من مائة . وكما سبق القول تبدأ الجاذبية على المستوى الذرى وهى أضعف بنسبة ٣٦١٠ ، ولكنها تزداد بعامل من ١٠٠ (٢١٠) لكل زيادة فى الكتلة بعامل من ١٠٠٠ (٣١٠) . وبالتالى فإن الجاذبية تلحق بالقوى الأخرى عند الكرة رقم ٥٤ ($٥٤ = ٣٦ \times \frac{٣}{٢}$) وهذه كرة تكون كتلتها مثل كتلة المشترى الكوكب الضخم .

وعندما تكون كتلة الجرم أكبر من المشترى فإنه ينسحق بتأثير جاذبيته الخاصة إلى حجم أصغر كثيرا وكثافة بالغة الشدة . وكتلة الشمس مثلا تزيد ألف مرة عن كتلة المشترى . ولكن الشمس لا تنسحق أولا تنكمش على ذاتها لأنها تحوى فرنا ذريا فى قلبها ينتج عنه حرارة وتمددا يوازن الانكماش بالجاذبية ، وتصل الحرارة فى قلب الشمس إلى ١٥ مليون درجة ، وقلب الشمس أسخن من سطحها بآلاف المرات، وتؤدى هذه السخونة الهائلة فى غاز الشمس إلى أن يكون له ضغط عظيم يوازن الجاذبية . وكل النجوم الساطعة تكون مثل الشمس ، أي تخت تأثير الجاذبية الذاتية التى تعمل على انكماشها ، وتأثير تمدد الغاز فى قلبها بالحرارة مما يعمل على تمددها .

ماذا لو كانت نى اصغر او اكبر ؟

الجاذبية أضعف من القوى التى تحكم العالم الدقيق برقم «نى» وهو حوالى ٣٦١٠ . ماذا كان سيحدث لو أن الجاذبية لم تكن ضعيفة هكذا ؟ كيف سيكون الكون لو أن الجاذبية كانت مثلا أضعف من القوى الكهربائية بما يصل فقط إلى ٣٠١٠ وليس ٣٦١٠ ؟ سنجد أن الذرات والجزيئات يكون لها السلوك نفسه كما فى كوننا الفعلى . ولكن الجاذبية ستصل إلى ملاحقة القوى الأخرى عندما يكون حجم الأجرام أقل مما فى كوننا . وسيكون عدد الذرات اللازمة لصنع نجم كالشمس مثلا أقل بليون مرة فى هذا الكون المتخيل ، كما أن وزن الكواكب أيضا سيقل بليون مرة . وسينتج عن زيادة قوة الجاذبية هكذا إيقاف تنامى الإمكانات التطورية ، وسوف تحتاج الحشرات لسيقان غليظة لدعمه ، ولن تتمكن أى حيوانات من أن تزيد فى حجمها . وسوف تسحق الجاذبية أى كائن فى حجم مثل حجمنا . هذا بالإضافة إلى أن الكواكب لن تستطيع أصلا أن تحتفظ بمدار مستقر . كذلك ستؤدى زيادة الجاذبية فى هذا الكون المتخيل إلى أن تتشكل المجرات بسرعة أكثر كثيرا ويكون حجمها جد صغير . وبدلا من أن تنتشر النجوم موزعة فى حيز واسع فإنها تتزاحم بكثافة فى حيز ضيق بحيث يتكرر اصطدامها ، وهذا فى حد ذاته يعوق وجود منظومات كوكبية مستقرة ، حيث أن النجوم المتقاربة تثير اضطرابا فى مدار الكواكب .

على أن من أهم المعوقات الايكولوجية فى هذا العالم المتخيل بجاذبيته الشديدة ، أن حياة النجوم ستصبح أقصر بملايين المرات ، ويعيش النجم العادى حوالى ١٠٠٠٠ سنة بدلا من عشرة بلايين عام . وإذا كان هذا النجم شمسا مصغرة فإنه سيحترق سريعا وينفد وقوده قبل أن تبدأ حتى أول خطوات تطور الكائنات .

وهكذا فإن ضعف الجاذبية عن القوى الأخرى فى كوننا هو سبب أساسى فى إمكان وجود بنى تظل باقية لزمن طويل بما يكفى لأن يحدث التطور البيولوجى .

وفى مفارقة فإنه مع زيادة ضعف الجاذبية يزيد ما ينتج من البنى حجما وتعقدا . وما كان لينشأ شيء معقد مثل الانسان إلا إذا كانت قيمة N أقل من ٣٦١٠ أو واحد يتلوه ٣٦ صفرا .

من نيوتن إلي أينشتين

تدور نظرية النسبية العامة لأينشتين حول الجاذبية . وحسب هذه النظرية فإن الكواكب تتخذ أكثر المسارات استقامة فى مكان – زمان (أو زمكان) منحنى بفعل الشمس. وكثيرا ما يقال أن اينشتين قد قضى على فيزياء نيوتن ، ولكن هذا فيه سوء فهم . فما زالت قوانين نيوتن توصّف بدقة حركة الأجرام فى المنظومة الشمسية ، ومازالت نظريته صالحة لتخطيط برامج إطلاق مجسات الفضاء للقمر والكواكب . على أن نظرية أينشتين أكثر ملاءمة للأجرام التى تقارب فى سرعتها سرعة الضوء ، حيث يكون هناك جاذبية فائقة الشدة تحدث هذه السرعات الهائلة وحيث تؤثر الجاذبية على الضوء نفسه . وأينشتين لم يثبت خطأ نظريات نيوتن وإنما سما بها إلى ما هو أعمق وأوسع من حيث قابليته للتطبيق . فأينشتين عمّق من فهمنا للجاذبية . ولم يكن من المفهوم فى زمن نيوتن السبب فى أن قوة الجاذبية والقصور الذاتى يكونان بنفس النسبة فى كل المواد ، على عكس القوى الكهربائية التى لا تتناسب فيها الشحنة مع الكتلة . وقد أوضح أينشتين أن هذا ينتج طبيعيا عن أن الأجرام كلها تتخذ أكثر المسالك استقامة فى زمكان محنى بفعل الكتلة والطاقة .

من بين نتائج نظرية أينشتين ما يعرف بظاهرة «تمدد الزمن» التى تقول أننا عندما ننتقل بسرعات كبيرة فإن ساعاتنا تصبح أبطأ فى دورانها . ولا يصبح هذا الإبطاء بمقدار محسوس إلا إذا انتقلنا بسرعات كبيرة تقارب سرعة الضوء . أما بالسرعات التى نمارسها فى حياتنا فإن الفارق الزمنى يكون ضئيلا جدا بما لا يتجاوز جزءا من المللى ثانية عند السفر بأسرع الطائرات لأطول زمن . على أننا نستطيع الآن قياس مثل هذا الفارق الضئيل باستخدام الساعات الذرية التى تقيس فوارق زمنية تصل إلى جزء من البليون من الثانية . وقد ثبت من هذه القياسات الدقيقة صحة تنبؤات نسبية أينشتين .

الجاذبية الشديدة والثقوب السوداء

يتوقف مصير النجم على التوازن بين قوة الجاذبية التى تعمل على انكماشه أو تقلصه وقوة ضغط الغاز الناشئة عن طاقة الفرن الذرى فى قلب النجم التى تعمل على تمدده . ويستقر النجم حيا إذا توازنت هاتان القوتان . ثم لا يلبث الوقود الهيدروجينى العادى لقوة النجم أن ينفذ فيأخذ النجم فى الاحتضار ، ويختلف مصيره حسب كتلته . فإذا كانت الكتلة تصل تقريبا إلى ١,٥ من كتلة الشمس تقلص النجم إلى ما يسمي بقزم أبيض ، حجمه كحجم الأرض تقريبا ، ويقاس قطره بآلاف الكيلومترات ، إلا أن له كثافة وكتلة هائلة قد تبلغ ٣٠٠٠٠٠ مثل لكتلة

الأرض . وإذا كانت كتلة النجم أكبر بما يقرب من ثلاثة أمثال كتلة الشمس فإنه يتقلص إلى حجم أصغر يقاس بعشرات أو مئات الكيلو مترات ويصبح نجما نيوترونيا جاذبية سطحه تزيد عن الأرض بمليون مرة . وإذا كانت كتلة النجم أكثر من كتلة ٣ شمس فإنه يتقلص إلى حجم صغير جدا بكتلة ذات كثافة هائلة تجذب إليها كل شئ ولا يخرج منها شئ ولا حتى الضوء فلا يمكن رؤيتها ، ويسمى النجم المحتضر بأنه ثقب أسود . ونحن لا ندرك وجود الثقوب السوداء إلا بطريقة غير مباشرة عن طريق تأثيرها الجذبوى على الأجرام الأخرى أو على أشعة الضوء التى تمر بالقرب منها .

توجد ثقوب سوداء أخرى فى قلب المجرات ، وهى أكبر كثيرا من الثقوب السوداء النجمية ويمكن استنتاج وجودها عن طريق رصد الاشعاع الشديد الذى ينتج عن دوران الغاز فى دوامة حول هذه الثقوب بسرعة تقارب سرعة الضوء فتنبعث طاقة هائلة من ذلك وتندفع نوافير الغاز فى الفضاء . كما يمكن إدراك وجود هذه الثقوب من السرعة الفائقة لحركة النجوم التى تمر بالقرب منها . ويقدر وجود ثقب أسود فى مركز مجرتنا له كتلة ٢,٥ مليون شمس ونصف قطره يبلغ سته مليون كيلو مترا .

قوانين الفيزياء كما نعرفها لا تنطبق على ظروف الثقوب السوداء التى تسمى أحيانا بأنها «مفردة» ، وهى تشبه ظروف الكون عند نشأته بالانفجار الكبير حيث كان مضغوطا على نفسه فى حجم جد صغير بكثافة هائلة ينتج عنها انفجاره .

ثقوب سوداء بمقياس الذرة

تطرح بعض النظريات أن هناك ثقوبا سوداء دقيقة الصغر يمكن أن تكون قد تشكلت نتيجة ظروف الضغط الهائل التى كانت تسود فى أول لحظات تشكيل الكون . وقد يكون حجم هذه الثقوب مما يقاس بحجم ذرة . والثقوب السوداء حسب التعريف أجرام تتحكم جاذبيتها الهائلة فى كل القوى الأخرى . وحتى يتكون ثقب أسود بحجم الذرة ، ينبغى تقليص 10^{-36} ذرة ليصبح لها أبعاد ذرة واحدة . وإذا كان هناك وجود فعلى لثقوب سوداء بمقاييس الذرة فإنها قد تكون الحلقة المفقودة بين كون الأجرام الكبيرة وعالم الذرات الصغير .