القسم الأول

المستقبل من الناحية النظرية

obeikandl.com

obeikandl.com

لي سمولن

مستقبل طبيعة الكون

يُطلب إلينا أن نتنبأ بحال علمنا بعد خمسين سنة من اليوم، وهي فترة طويلة في ظل سرعة التقدم الذي أحرزه علم الفيزياء والعلم الكوني خلال مئات السنين الكثيرة المنصرمة، ولعلّها ليست طويلة من أجل وضع تنبؤات تبدو في مجملها على شيء من الذكاء في حينها. وأنت إذا عدت إلى تاريخ العلم وجدت أن الأجوبة على الأسئلة الهامة التي يطرحها الناس كانت تأتي بعد خمسين سنة، ومع ذلك فما كان تقدم العلم يتم على الغالب إلا ببطء يكفي لإبقاء اللغة التي يستخدمها هؤلاء الناس مماثلة إلى حدٍّ ما لتلك التي يتحدث بها زملاؤهم العاملون في نفس الحقل قبل تلك السنوات الخمسين.

هيا بنا نعود إلى خمسين سنة خلت وننظر في الأسئلة الكبيرة المطروحة حينذاك. أجد ضمن لائحتي:

obeikandl.com

1. ماهي طبيعة القوة القوية التي تستبقي النويات الذرية متماسكة؟
2. ماهي طبيعة القوة الضعيفة المسؤولة عن التلف الإشعاعي؟
3. هل حالة ثبات الكون صحيحة؟ أم لعله كانت هناك ضربة قوية على رأي غامو Gamow وأشخاص هامشيين آخرين؟
4. هل للبروتونات والنيوترونات أية بُنيَة داخلية؟
5. لماذا يكون للبروتون والنيوترون كتلتين مختلفتين قليلاً عن بعضهما البعض، في حين تكون كتلة الإلكترون أخف من كل منهما؟ لماذا يكون النيوترينو[2] عديم الكتلة؟ ماهو الميون[3] ومن الذي وضع ترتيباً له؟
6. ماهي العلاقة بين النظرية النسبية العامة والنظرية الكمية؟
7. ماهي الوسيلة الصحيحة لفهم النظرية الكمية؟

يمكننا ـ كما أظن ـ أن نؤكد واثقين من معرفة الأجوبة

---

(2) النيوترينو neutrino هو جزيء عديم الكتلة والكهرباء من الزمرة الليبتونية (حسب تعريف قاموس The American Heritage Dictionary من منشورات Houghton Mifflin Co الطبعة الثانية 1982 الصفحة 839)

(3) الميون moun هو أصغر من الجزيء الذري (المصدر السابق ـ الصفحة 822)

على الأسئلة الأربعة الأولى في هذه الأيام، وأننا مازلنا بصدد إيجاد الأجوبة على الثلاثة الأخيرة. ولكن النسيان لم يلف الأربعة الأولى لأن الطُّرق التي تمت من خلالها الإجابة على تلك الأسئلة تشكِّل اليوم أساساً لتدريب عالم الفيزياء النظرية.

غير أن نظرة إلى ماقبل مئة سنة تدلنا على أننا لم نعد نكترث بالكثير من الأسئلة التي كان الناس يطرحونها في تلك الأيام. ولست عالم تاريخ بشكل كاف يسمح لي بكتابة الأسئلة التي كان الفيزيائيون يطرحونها عند أفول نجم القرن الماضي، ولكنها قد تكون متعلقة بخواص الإيتير أكثر منها بخواص الذرة. لم يكن ثمة دليل على وجود ذرات فيزيائية إلا بعد انقضاء بضع سنوات، فقد كان الكثير من الفيزيائيين سنة 1900 لايؤمنون بوجودالذرة، وكان آخرون من أمثال إيرنست ماك Ernst Mach يرون أن السؤال المطروح لايدخل ضمن نطاق الفيزياء لأن أحداً لم يكن قد انتبه إلى الذرات. أما علم الفلك فلم يكن يملك سنة 1900 دليلاً على وجود المجرات باستثناء مجرتنا؛ درب التبانة، كما لم يكن أحد يعرف السبب الذي يجعل النجوم تضيء. ولربما فَهِمَ فيزيائيو أوائل خمسينيات القرن العشرين الأسئلة التي يطرحها فيزيائيو اليوم، إلا أن أحداً في مطلع القرن العشرين لم يكن ليفهم الكلمات التي كان فيزيائيو سنة 1950 يتبادلونها فيما بينهم.

يطرأ على العلم في بعض الأحيان تغيير طفيف جداً خلال

خمسين سنة قد يجعل معنىً لمحاولة التنبؤ بالمعرفة التي تتوفر خلال هذه الحقبة، ولكن هناك فترات يتسارع فيها التقدم، إلا أن الأمر لم يعد كذلك، فالظاهر أن هناك أفق بين الخمسين والمئة سنة المقبلة يجعل من غير المفيد استشراق أية تفاصيل عن مدى التقدم العلمي.

دعونا ننظر لحظة في سبب هذا الوضع. لعل السنوات الخمسين تشكل تقريباً مدة المسيرة العلمية لعالم ما منذ مباشرته بدراساته وحتى تقاعده. وهذا إذن هو المجال الزمني الذي تعمل فيه الاتجاهات المحافظة ـ التي دخلت في بنيان المسيرات العلمية ـ على تأخير تقدم العلم. العلم شاق، ونحن العلماء نفضل أن نفهم الأعمال التي نقوم بها على أفضل وجه ممكن، وأن نستخدم بالتالي تكنولوجيات وأفكار نملك ناصيتها بين أيدينا ونفهمها بصورة جيدة إلا إذا أُجْبِرْنا على خلاف ذلك. وهناك عامل آخر هو أن مسيرة العلماء الشباب العلمية واقعة تحت سيطرة العلماء الكبار الذين يجهلون حقيقة التكنولوجيات الجديدة وقد اضمحل نشاطهم بحكم مشارفتهم على التقاعد. الشباب حديثو التخرج ذوو الذكاء المتوقد ـ بصرف النظر عن مدى إبداعهم ـ يتلكأون أحياناً بالعمل على أمر لا يكون مفهوماً لدى هؤلاء الأقوياء في مجال العلم والأكبر سناً. يجب علي أن استشرق الحديث الذي يطرحه ألمع طلابي بشأن من سيتقاعدون حتى يتسنى لي أن أفكر فيما سيكون عليه علْمي في غضون

خمسين سنة، ولا أخال إلا أنه وزملاءه سوف يستخدمون اللغة التي علمنّاها لهم، إلا إذا اضطروا مرغمين إلى فهم البيانات من خلال القيام بثورة تشبه تلك التي قامت في أوائل القرن العشرين. وإذا كان الوضع على هذه الحال، فربما كانت الممارسة الحالية مفيدة رغم أن الخياليين الذين بين ظهرانينا يتوقعون حدوث الثورة أكثر مما يتوقعون تحقق ظننا.

يمكن للمرء أن يتأمل أيضاً في الوضع المختلف الذي كان عليه العلم من الناحية الاجتماعية في النصف الأول من القرن العشرين والذي أدى إلى هذا التقدم الهائل. يخطر على البال جوابين يمكن الركون إليهما، أولهما هو تمكن الخارجين عن الجماعة من أمثال ألبيرت أينشتاين Albert Einstein وبول إيهرنفيست Paul Ehrenfest من أن يطبعوا منشوراتهم رغم عدم تمتعهم بمناصب في الجامعات، وثانيهما هو أن القسم الأعظم من الجيل الذي سبق مخترعي النظرية الكمية قد زال من الوجود بفعل الحرب العالمية الأولى تاركين المجال مفتوحاً أمام هايزنبيرغ Heisenberg وديراك Dirac ورفاقهما.

وبعدُ، ماذا سنعرف عن الفيزياء وعلم الكون الجوهريين خلال خمسين سنة؟ بدلاً من التخمين دعوني أقترح طريقة علّها توفّر فرصة تفضي إلى نتائج قد لاتبدو سخيفة بحلول خمسينيات القرن الحادي والعشرين. سوف أنظم قائمة تتضمن أكثر الأسئلة جوهرية والتي لم تتم الإجابة عليها حتى الوقت الراهن، ثم

أسأل عن التطورات التي يمكن أن نتوقعها في مجال العلم التجريبي والمُشاهَد، والتي تؤدي إلى تفحص الإجابات على هذه الأسئلة. لن يساورني القلق حيال التطورات النظرية لأن أجوبة مقترحة لجميع أسئلتي قد طرحت، وأظن أننا نحن العلماء النظريون سوف نتمكن في غضون فترة السنوات الخمسين من تعديل نظرياتنا أو استنباط نظريات جديدة استجابة لهذه المعطيات.

إليكم والحالة هذه قائمتي المتضمنة للأسئلة السبعة الأكثر أهمية والتي لم تتم الإجابة عليها:

1. هل النظرية الكَمية بصيغتها الحالية حق، أم أنها بحاجة إلى تعديل إما لكي تتزايد إمكانية إدراكها من الناحية الفيزيائية أو لكي تتوحد مع النظرية النسبية وعلم الكون؟
2. ماهي النظرية الكمية للجاذبية؟ ماهو تركيب الفضاء والزمن على مقياس بلانك (Planck 10^{-33} سم، أو عشرين مرتبة أصغر من ذرة النواة)؟
3. ما الذي يفسر القيم الدقيقة للمعايير التي تحدد خواص الجسيمات[4] الأولية التي تتضمن كتلها وشدة القوى التي تتفاعل بها فيما بينها؟

---

(4) الجسيمات: تعريب لكلمة particles تمييزاً لها عن الجزيئات: molecules (المعرب).

4. ما الذي يشرح النسب الكبيرة التي نراها على المقاييس؟ لماذا تكون قوة الجاذبية بين بروتونين أصغر بمقدار 10^{40} من قوة نبذها الكهربائية؟ لماذا الكون كبيراً هكذا؟ لماذا يكون على الأقل أكبر بمقدار 10^{60} من مقياس بلانك Planck الأساسي؟ لماذا يكون الثابت الكوني أصغر من أي معيار آخر في الفيزياء بنفس النسبة تقريباً؟
5. ماهو الانفجار الكبير؟ وما الذي حدد خواص الكون الذي انبثق عنه؟ وهل يعود أصل الكون إلى هذا الانفجار الكبير؟ وفي حال النفي فماذا حدث قبله؟
6. ما الذي يشكل المادة العاتمة والطاقة العاتمة التي تشكل 80 و95 بالمئة من كثافة الكون؟
7. كيف تشكلت المجرات؟ ماهي الدلالات الخاصة بنشوء الكون الأولي التي تُلاحظ من خلال أنماط توزع المجرات؟

ويتوالى تعمق الأسئلة الأربعة الأولى واستمراريتها دون أجوبة منذ خمسين سنة مضت، أما الثلاثة الأخرى فهي جديدة. دعونا نتساءل عن مدى كفاية المشاهدات والتجارب التي سيتسنى لنا القيام بها حتى سنة 2050 لوضع إجابات اختبارية يمكن أن تطرح من قبل علماء النظريات، إذ يمكن بالطبع اختراع أي شيء خلال خمسين سنة. وإذا صدّق الناس طريقتي توجب علينا أن نتحفظ في مسألة تطور التكنولوجيا. وهكذا فإني

سوف آخذ في الحسبان التكنولوجيا القائمة قبل اليوم أو التي يجري تطويرها، وفي الحالة الثانية فلن آخذ سوى التكنولوجيا التي يَعتقد عدد لابأس به من الخبراء أنها ستكون فاعلة في السنوات القليلة القادمة. سوف أفترض أن كل تكنولوجيا قائمة أو قيد التطوير قد بلغت على مر السنوات الخمسين القادمة أكبر مقدار ممكن من التطور وأن العراقيل أمامها ليست إلا التي تفرضها قوانين الفيزياء أو الاقتصاد. إن للمجاهر العادية حدوداً طبيعية يفرضها طول موجة الضوء، أما المراصد فلها حد طبيعي تفرضه سرعة الضوء في كون عمُرُه لامتناهٍ. ومن المحتمل أن تفرِض اعتبارات مالية مزيداً من المحدوديةً على التكنولوجيات الأخرى. يمكننا ونحن مطمئنون أن نفترض عدم القيام بأية تجربة تزيد تكاليفها (في حينها) عن موازنة الولايات المتحدة الأمريكية الدفاعية. دعوني أستعجل القول إنني لست خبيراً بالفيزياء التجريبية أو بعلم الكون المرصود وإنني لم أقم بدراسة واعية للحدود ذات الصلة، ولذلك فإن التقديرات التي جئت بها هي بالضرورة كبيرة جداً. وإليكم ما أظن أننا نصبو إليه بحلول منتصف القرن وذلك بناءً على استقراءٍ للحدود الطبيعية والمالية للتكنولوجيا المعاصرة.

لعلنا نبدأ بالنظرية الكمية. يتم اليوم تطوير تكنولوجيات قوية جديدة واعدة بتوسيع كبير لرقعة النظام الذي تم القيام بتجارب اختبارية للنظرية الكمية فيها، وهي تكنولوجيات تدعمها

كومبيوترات كمية متطورة هي عبارة عن أجهزة ترى بالعين المجردة وتَستخدِم تأثيرات كمية مثل التراكب والتشابك للقيام بعمليات كومبيوترية تستحيل على الكومبيوترات العادية. يحتاج الحاسب الكمي إلى هذه التأثيرات ـ التي لم تشاهد حتى اليوم إلا في الأنظمة الذرية ـ لكي تقوم مقام الأنظمة الظاهرة للعيان مثل دارات الحاسب حتى تقوم الأجهزة باختبار تنبؤات النظرية الكمية التي تختلف بشكل كبير جداً عن النظرية النمطية.

لسوف يُصرف الكثير من المال على الاحتساب الكمي حيث تبينت اليوم إمكانية الكومبيوترات الكمية على تحطيم جميع الرموز التي تستخدم حالياً من قبل الحكومات والجيوش وفي الأعمال. ومِن دواعي السلامة إذن أن نفترض تواجد الكومبيوترات الكمية في الخمسين سنة طالما ظَلّ علم الميكانيك الكمي صحيحاً عندما يُسْتَقرأ على الأنظمة البادية للعيان، وكذلك احتمال أن تتواجد أجهزة اتصالات كمية تستخدِم الظروف الكمية غير المحلية الممتدة في سائر أنحاء العالم. وإذا لم تكن النظرية الكمية الحالية سوى تقريب لنظرية أكثر عمقاً فمن المحتمل أن يُكشف النقاب عن ذلك من خلال التجارب التي ستجريها الكومبيوترات الكمية، ومن المعقول إذن أن نستنتج بأننا سنحظى بجواب على السؤال الأول في غضون خمسين سنة من اليوم.

هيا بنا إلى علم الكون. ربما توفرت لنا بحلول منتصف

القرن صورة مفصلة لتاريخ الكون تقوم على مشاهدات عبر سلسلة كاملة من الطيف الكهرومغناطيسي والنيوترينوات والأشعة الكونية وأمواج الجاذبية. ستكون المعايير المتوفرة بين أيدينا في أنماط علم الكون الحالية قد تم قياسها بدقة عالية، وستتوفر لنا المعرفة بالكثير من حقائق الكون مثل عدد الثقوب السوداء ومكان وزمان توزّع النجوم في الفضاء والمجرات والثقوب السوداء والنجوم النيوترونية وأشباه النجوم ومفجّرات أشعة غاما وغيرها. ومن المحتمل في الحقيقة أن نعرف عن تاريخ الكون التفصيلي وخواصه أكثر مما نعرف اليوم عن سطح كوكبنا، وسوف نشعر «بالأمان في الكون» في واقع الحال وذلك على الأقل في مجال الإلفة مع كل ظواهره.

سوف تكبح النتائج كثيراً من جماح النظريات الحالية عن الكون في بداياته، مثل نظرية التضخم كما ستتوفر لنا صورة مفصلة عن كيفية تشكل المجرات وأنماط العناقيد المجراتية والعناقيد المجراتية الهائلة. ولسوف تحدُّ هذه المشاهدات للمادة العاتمة ـ حتى دون وجود مباشر لهذه المشاهدات ـ من النظريات الخاصة بطبيعة المادة العاتمة والطاقة العاتمة. ولعلنا بحلول منتصف القرن نرصد أو لانرصد أحدهما أو كلاهما بشكل مباشر ونعرف ما يكفي عنهما لتأكيد أو نفي مختلف النظريات التي طرحت حولهما.

لعل بعض القراء يتساءلون عن تأكيد نظرية الإنفجار الكبير

من خلال جميع هذه المشاهدات. وللإجابة عن ذلك يجب علينا أن نميز بين معنيين للإنفجار الكبير في علم الكون، وسوف أسمي الأول علم الكون المتوسِّع، وهذه النظرية تعني أن الكون قد توسع من وضع أكثر كثافة وحرارة خلال ثلاثة عشر بليون سنة تقريباً. ومن الحوادث الرئيسية في هذه القصة انفصال الضوء عن المادة عندما برد الكون إلى درجة تكفي لاستقرار الذرات. قبل حوالي مليون سنة من هذا الانفصال كان الكون ـ كالنجم ـ مليئاً بغاز البلاسما[5] مثل الجزء الداخلي من نجم. ومنذ أن جرى هذا التحول امتلأ الكون بغاز مخفف شفاف وتكوَّنت جميع البُنى التي نراها من نجوم مع كواكبها ومَجرّات وعناقيد من المجرات، وكذلك معظم العناصر الكيميائية في النجوم، باستثناء الهليوم helium والعناصر الخفيفة الأخرى مثل الديتيريوم deuterium والليتيوم lithium التي تكونت قبل ذلك. لاأظن أن من المحتمل أن تعدِّل هذه القصة الموجزة بعد خمسين سنة من اليوم، وسوف نعرف المزيد عن العمليات التي أدت إلى تكوُّن النجوم والمجرات والعناصر، ولكن جميع الأدلة مازالت تؤيد نظرية العالم المتوسع.

---

(5) البلاسما plasma غاز مؤين يحتوي على أعداد متساوية تقريباً من الإيونات والإلكترونات الموجبة (حسب تعريف قاموس The American Heritage Dictionary من منشورات Houghton Mifflin Co الطبعة الثانية 1982الصفحة 948)

كذلك من السلامة القول إنه ستتوفر لنا مشاهدات تحدُّ كثيراً من نظرياتنا حول مجريات الأمور في البدايات الأولى لتاريخ الكون. تتزايد الكثافة ودرجة الحرارة مع إرجاع عقارب الساعة إلى الوراء. ومن المثير أن نتساءل عن المدى الذي يمكننا التراجع إليه حتى نحُدَّ من النظريات من خلال المشاهدات. بحلول منتصف القرن سوف يمتد الجزء المعرض للتجربة من النظرية ليعود على الأقل إلى زمن بلانك Planck وهو زمن قصير جداً إذ أن 10^{-43} منه سوف يقصر إلى ثانية واحدة . خذوا على سبيل المثال فرضية التضخم. يتم - وفق مجموعة معينة من التخمينات المعقولة - اختبار التنبؤات التي وضعت بموجب هذه النظرية من خلال المشاهدات الحالية للتبدلات الجارية في الأمواج القصيرة[6]، وهذه المشاهدات تشكل واحدة من أكبر منجزات العلم الحديث، التي - وإن كانت متمشية مع التضخم - إلا أنها تُبقي مجموعة من الأسئلة دونما جواب: تنبؤات التضخم بسيطة ويمكن أن تدخل ضمن نظريات أخرى، ولذلك قد تُطلَب قياسات أكثر تفصيلاً حتى نميِّز التضخم عن تفسيرات منافسة محتملة للبيانات الحالية. هناك - علاوة على ذلك - الكثير من الصيغ المختلفة التي طرح بها التضخم، ولابُدَّ من قياسات أخرى حتى نميزها. نأمل في أن

(6) مايكرويف microwave

تتوفر هذه القياسات المفصلة للأمواج القصيرة ليس في غضون خمسين سنة بل خمس سنوات فقط. وعلى ذلك فمن المعقول وربما من المؤكد أن نتنبأ ـ أن اعتبار نظريات الكون المتوسع قابلة للاختبار من خلال مشاهدات تفصيلية تنطلق من عصرنا الحالي عائدة إلى الوراء وصولاً إلى عهد بلانك -Planck سيصبح بحلول منتصف القرن أمراً قديماً.

غير أن عهد بلانك Planck لايعتبر حتى اليوم أصل الزمان. هناك صيغة مختلفة جداً لنظرية الكون المتوسع هي التأكيد بأن الانفجار الكبير يشكل بداية الكون المطلقة. وحتى لو عرفنا أن الكون كان أكثر حرارة وكثافة منذ الأزل وحتى جزء من الثانية بعد البداية النظرية حسب إحدى الصيغ، فإن هذا لايقيم البرهان على عدم حدوث شيء ما قبل ذلك من أجل تفعيل التوسع. وعليه فإن احتمال وجود الكون قبل وقت طويل من لحظة «الانفجار الكبير» النظرية يبقى قائماً ربما من خلال شكل آخر. واسمحوا لي أن أُطلق اسم نظريات أصل الكون على هذه الفرضيات من أجل التمييز فيما بينها.

هناك الكثير من نظريات أصل الكون تجري دراستها في هذه الأيام، وجميعها متماشية مع نظرية توسع الكون ولذلك فهي مقترنة بمشاهدات قائمة، وبعض هذه النظريات، مثل نظرية «الوظيفة المَوْجيَّة للكون» لهارتل ـ هوكينغ Hartle-Hawking تتنبأ (والأفضل أن نقول تفترض) أن الانفجار الكبير كان في الحقيقة

أصل الزمان، وبعضها الآخر ـ مثل الفكرة القائلة إن الأكوان الجديدة قد خلقت بفعل انهيارالثقوب السوداء ـ تتنبأ بوجود كون قبل الانفجار الكبير، وأن ما حدث في ذلك الحين يحدد خواص الكون الذي انبثق عن الانفجار الكبير. من الممكن أن نمتلك الدليل الذي يوقف هذه النظريات عند الحد الذي يتبين لنا وجود شيء قبل الانفجار الكبير أم لا ـ غير أن ذلك لن يرقى بحال من الأحوال إلى مرتبة التأكيد ـ ولابد أن يأتي هذا الدليل من خلال استخدام موجات جاذبيَّةٍ كي تسبر غور فترة التوسع الأولى، ولا يمكن لأي شيء آخر أن يقوم بذلك لأن الكون في بدايات الزمان لم يكن يسمح بنفوذ أي نوع من الأمواج الإشعاعية إلى داخله باستثناء الأمواج الجاذبية. يتم في الوقت الراهن تطوير علم الفلك المتصل بالأمواج الجاذبية، ولكن لم تتم مشاهدة أية موجة بعد. هناك اقتراحات مطروحة لوضع حساسات للأمواج الجاذبية في الفضاء تتمكن من حيث المبدأ من استخدام الإشعاع الجاذبي لالتقاط صور للكون في عهد بلانك Planck فيُمكن بذلك التمييز بين مختلف نظريات أصل الكون. من الممكن أن تتوفر هذه التكنولوجيا بحلول منتصف القرن، ولكنه لن يرقى بحال من الأحوال إلى مرتبة التأكيد.

إسمحوا لي أن ألتفت الآن إلى فيزياء الجُسيمات الأولية حيث الأمور هنا اقتصادية. لو لم تتم اختراقات في تكنولوجيات جهاز التسريع حركة الجزيئات لما استدعى الأمر صنع أجهزة

أكبر بكثير مما نصنعها اليوم وبتكلفة تبلغ بلايين كثيرة من الدولارات. المشكلة هي أن زيادة الطاقة باستخدام المال أمر لوغاريمياً، إذ لابُدَّ من زيادة الموازنة بمئة ضعف كي تحصل على عشرة أضعاف من الطاقة، ولذلك يمكننا أن نتنبأ بأمان أننا عند منتصف القرن سنكون على الأغلب قد سبرنا غور مرتبتين أو ثلاث من مستويات الطاقة الأكثر ارتفاعاً والأقل قوة مما سبرنا حتى اليوم - وهذا إذا لم يتم اختراع تكنولوجيا جديدة. ولكن هذه الزيادة المتواضعة بحد ذاتها ستؤدي إلى مجموعة من الاكتشافات مثل هيغز بوزون Higgs boson وهو جسيم الكم الضوئي الذي يعتقد بأنه يقوم بتحديد كتل جميع الجسيمات الأولية التي أمكن مشاهَدتها. كذلك لابد أن نكون قد تثبتنا من فرضية التناسق الأمثل أو نفيناها، وهذه الفرضية هي العمود الفقري لنظرية التسلسل الخيطي. وهذا كله على جانب كبير من الأهمية ولكنه سيترك لنا أيضاً مايزيد عن 10^{15} من مقياس بلانك Planck كي نسبر أغوارها حتى نختبر بشكل مباشر نظريات الكمية الجاذبية. هل يعني هذا أن نظريات الكمية للجاذبية المرشحة - مثل نظرية التسلسل الخيطي ونظرية حلقة الجاذبية الكمية - ستظل دونما اختبار في غضون خمسين سنة من اليوم؟

لعل الأمر غير ذلك! لقد تمكنت التكنولوجيا الجديدة من سبر أغوار مقياس بلانك Planck إذ تقول التبريرات إن بعض نظريات الكمية للجاذبية تطرح تنبؤات أن للفراغ وللزمان بُنيتين

ذريتين منفصلين. إذا صدقت هذه النظريات تعدَّلت الطريقة التي يتنقل بها الفوتون[7] عبر الفضاء إلى طريقة أكثر شبهاً بانتشار الضوء في الماء أو انكساره فيه. وهذا التأثير طفيف للغاية ولكنه تراكمي يتعاظم عندما ينتقل الفوتون إلى مسافات بعيدة. من السهل علينا لحسن الحظ أن نرصد الفوتونات التي مازالت تتنقل منذ بلايين السنين الضوئية والناجمة عن حوادث هائلة الطاقة مثل انفجارات أشعة غاما. في هذه الحالات وفي حالات قليلة غيرها فإن الآثار التي تتنبأ بها بعض النظريات الكمية للجاذبية قد تكون كبيرة بشكل يكفي لرصدها، وهناك في الحقيقة مزاعم بأن بعض هذه الآثار التي رصدت بالفعل في مسيرة الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية جداً قد تفسَّر بواسطة الأثر الكمي للبُنية الفراغية الزمانية على مقياس بلانك Planck.

أحب أن أؤكد هنا على أنني أشير إلى المشاهدات التي تجري حالياً عبر الأقمار الاصطناعية المصممة لإجراء مشاهدات أخرى. يمكن في السنوات العشر القادمة أن يتم سبر أغوار مقياس بلانك Planck باستخدام أقمار مصممة لهذا الغرض. تحسين هذه التجارب يتطلب بشكل رئيسي تحسينات في دقة الحساسات، وليس هناك - فيما أعلم - عوائق طبيعية أو اقتصادية أمام دقة حساسات الفوتونات ذات الطاقة العالية والتي قد تمنع

(7) الفوتون photon هو وحدة كمية ضوئية (المعرب)

استخدام هذه الطريقة الجديدة كمسبر تفصيلي للبُنية الفراغية الزمانية على مقياس بلانك Planck. لسوف تكون عوائق اقتصادية بشأن الأشعة الكونية لأنها ستصبح أكثر ندرة مع تزايد طاقتها، ولذلك فهي تتطلب حساسات أكبر لسبر هذه الطاقة بشكل أكثر عمقاً. يجري مع ذلك في الوقت الراهن تطوير الحساسات المقترحة سابقاً بحيث تكفي لدراسة مجالات من الطاقة من شأنها أن تميز بين مختلف النظريات الكمية للجاذبية، وهنا أيضاً سوف تتوفر معطيات جيدة جداً بحلول سنة 2050.

تم توجيه النقد إلى نظرية التسلسل الخيطي ـ التي تعتبر واحدة من أهم نظريات الكمية للجاذبية المطروحة ـ وذلك بسبب قلة التنبؤات الموضوعة التي يمكن اختبارها. لقد طرَحت هذه النظرية بضع تنبؤات بالفعل وتبين أن واحدة منها تحمل نتائج هذه التنبؤات، أي أن نتائج هذه المشاهدات يجب أن تكون متوافقة مع الفراغ ذي البُنيَة غير المعقدة. وهذا أمر يستدعيه تناسق النظرية وقد أطلق عليه اسم ثبات لورينتز Lorentz. تتنبأ بعض نظريات الكمية الجاذبية الأخرى أن هناك تأثيرات صغيرة تخترق هذا التناسق أو تعدله. الاختلافات بين تنبؤات مختلف النظريات تقع ضمن المجال الذي يمكن لهذه التجارب الجديدة أن تقوم فيه بالاختبارات. وهكذا فقد يمكن ـ في بضع سنين ـ نسف نظرية التسلسل الخيطي أو أيٍّ من منافساتها من خلال المشاهدات.

إليكم نتيجة استعراضنا السريع للاحتمالات التجريبية. من

المحتمل كما يبدو أن نمتلك بيانات جيدة تحدُّ من الأجوبة على السؤالين الأولين المتعلقين بنظريتي الكمية والكمية الجاذبية، والسؤالين الأخيرين المتعلقين بعلم الكون وعلم الفلك الفيزيائي. قد تتوفرلدينا ـ أو لاتتوفر ـ المعطيات التي تمكننا من اختبار نظريات أصل الكون، ولربما تكشفت لنا المعلومات القادمة من عصر الكون قبل الانفجار الكبير من خلال علم الفلك الخاص بالأمواج الجاذبية ـ هذا إن وجد بالفعل مثل هذا الوقت ـ ولكن ذلك غير مؤكد في ظل حالة الشك الحالية بهذا العلم.

هناك السؤالان الباقيان الثالث والرابع حول السبب الذي تأخذ معايير فيزياء الجُسيمات القيم التي هي عليها اليوم؛ مثل كتل الجسيمات الأولية وشدة التفاعلات فيما بينها. الوضع هنا غامض. توفرت لنا بيانات كثيرة ولكننا لانستطيع الإجابة حالياً عن هذين السؤالين. تطورات فيزياء الجسيمات التي سيتمكن جيل مسرعات الجسيمات القادم من اختبارها قد تساعدنا على فهم سبب امتلاك الجسيمات الأولية لهذه الكتل والتفاعلات المتبادلة التي تتم فيما بينها، ولكن من غير المؤكد أبداً أن يؤدي سبر أغوار المزيد من مراتب الأهمية إلى توفير الرؤية الكافية لحسم أمرنا بخصوص هذين السؤالين.

لربما تتوفر ـ كحلٍّ بديل ـ إمكانية الإجابة على هذين السؤالين من خلال إحدى نظريات الجاذبية الكمية، وهذا الأمر كان في الأصل الدافع وراء نظرية التسلسل الخيطي، غير أن

الأمر لايبدو على هذه الصورة حتى اليوم. الدليل النظري المتوفر حالياً ـ بدلاً من ذلك ـ هو أن نظريات الجاذبية الكمية ـ مثل نظرية التسلسل الخيطي ـ متوافقة مع عدد كبير من الخيارات الخاصة بخواص الجسيمات الأولية، وذلك لأن الأجوبة التي نبحث عنها متصلة بحل تطرحه نظرية محددة ويصف كوكبنا أكثر من اتصالها بصحة أي من النظريات المتنافسة المختارة. يبدو أن لكل نظرية عدة حلول وأن كلاً منها يصف كوناً محتملاً.

وصل هذا الأمر ببعضنا إلى نظريات تتضمن كل منها في الواقع عدة أكوان، أو بدلاً عن ذلك كوناً واحداً يحتوي على مناطق كثيرة تشبه كل واحدة منها منطقتنا، وأن كل كون منها بدأ بانفجار كبير ثم توسع بعدئذ وأخذ بُنية فرضتها القوانين الفيزيائية. عموم القول إن هناك نوعان من النظريات القائلة بتعدد الأكوان، يفترض أولهما أن العالم مؤلف من عدد كبير من الأكوان تم في كل منها اختيار قوانين الطبيعة ـ أو لِنقلْ معايير هذه القوانين على الأقل ـ بصورة عشوائية. وهذا ينضوي بشكل عام تحت اسم النظام الإنساني. أما ثانيهما فيفترض عملية تولّدت فيها أكوان جديدة نتيجة لتشكل الثقوب السوداء. وهذه النظرية ـ التي تسمى الانتقاء الطبيعي الكوني ـ تحُضُّ على شيء يشبه علم الأحياء النشوئي لأن أنواع الأكوان الأكثر انتشاراً هي التي ستكون في معظمها صوراً منسوخة عن بعضها البعض.

لايمكن مما سبق أن يتم اختبار المبدأ الإنساني أبداً، في حين نجد فرضية الانتقاء الطبيعي قابلة للتحريف وغير قابلة للبرهان عليها، على الأقل من خلال التكنولوجيا الحالية. وحتى نبرهن على هذه النظرية ـ بدلاً من أن نتركها بلا برهان ـ فإننا نحتاج إلى مسبر للزمن الذي سبق الانفجار الكبير. يمكن أن تقوم الأمواج الجاذبية بهذا العمل، ولكن ـ كما أسلفت ـ ربما ليس في غضون خمسين سنة. وعلى ذلك وفي الوقت الذي قد تبقى فيه فكرة الانتقاء الطبيعي ماثلة بعد كل الاختبارات التي تجرى عليها حتى سنة 2050 إلا أنها ربما ظلت دونما برهان.

ربما يتم بالطبع اكتشاف أفكار وتكنولوجيات جديدة قد تغير الوضع بشكل عنيف، ولكننا اتفقنا هنا على أن نبقى محافظين فلا ندرس غير الأفكار والتكنولوجيات الموجودة بين أيدينا. ولو كنت مخاطراً بالتخمين القائم على هذا التحليل المتحفظ لقلت إننا ـ في غضون خمسين سنة من اليوم ـ سنكون قد عرفنا أجوبة على ما لايقل عن خمسة من الأسئلة السبعة التي أدرجتها في لائحتي، لكن أحداً لايستطيع أن يخمن حصولنا على أجوبة عن السؤالين الثالث والرابع، أي أننا قد نعرف نظرية الجاذبية الكمية ونفهم طبيعة الانفجار الكبير ونكتشف النص الصحيح لنظرية الكمية ونتفق عليه، ولكننا نبقى عاجزين عن الإجابة عن سؤال بسيط تم طرحه منذ أمد بعيد في ثلاثينيات القرن العشرين: لماذا يكون للبروتون والنيوترون نفس

الكتلة تقريباً ولماذا تكون كتلة النيوترون هي الأثقل قليلاً؟

❑

لي سمولين Lee Smolin عالم فيزياء نظري ومؤسس معهد بيريميتر Perimeter Institute في ووترلو Waterloo بأونتاريو Ontario والباحث الفيزيائي فيه، ومؤلف الحياة على الكون The Life of the Cosmos والطرق الثلاثة إلى الجاذبية الكمية Three Roads to Quantum Gravity.

obeikandl.com

obeikandl.com

مارتن ريس

تحديات العلوم الكونية:

هل نحن وحدنا، وأين؟

التحدي الاستكشافي الأكبر للسنوات الخمسين التاليات لايكمن في العلوم الفيزيائية ولا في علم الأحياء (الأرضي)، بل يكمن بالتأكيد في البحث عن دليل ثابت يؤيد أو يعارض وجود مخلوقات ذكية غير أرضية. أظن أن من المدهش إن لم نفهم بحلول سنة 2050 كيف بدأت الحياة على الأرض، وسنكون حينذاك قادرين - حتى دون دليل غير أرضي مباشر - على أن نقيم احتمال كيفية انبثاق الحياة بشكل أساسي ما على كواكب أخرى، لكن هذا الأمر يفسح المجال لسؤال ثان قد يثبت أنه اكثر عسراً وهو «إذا ظهرت الحياة البسيطة فما وجه الغرابة في تطورها إلى شيء يمكن أن نُعَرِّفه بأنه مخلوق ذكي غير أرضي؟».

سيتم في العِقد القادم إرسال أسطول من المسابر إلى

obeikandl.com

المريخ لدراسة سطحه والعودة في نهاية المطاف بعينات إلى الأرض. وهناك خطط ذات فترات أطول للتنقيب بواسطة مسابر فضائية روبوتية[8] في أنحاء أخرى من مجموعتنا الشمسية ومنها ـ على سبيل المثال ـ تايتن Titan قمر زحل العملاق، والمحيطات التي تغطيها الثلوج في يوروباEuropa أحد أقمار المشتري. ولو تسنّى لأي من هذه الأدوات أن تكشف النقاب عن نشوء حياة مستقلة في موضع آخر ضمن مجموعة كواكبنا ولو كانت على أبسط أشكالها، لأكّد هذا الكشف أن الحياة البسيطة منتشرة في كل أنحاء مجرتنا وفيما وراءها.

ليس هناك اليوم من يتوقع وجود حياة «متقدمة» في أي مكان آخر من مجموعتنا الشمسية، ولكن شمسنا ليست إلا واحدة من بلايين النجوم في مجرة درب التبانة وحدها. هل يمكن للكواكب التي تدور في أفلاك النجوم الأخرى أن تحتوي على أشياء ممتعة ودخيلة أكثر مما قد نجد على المريخ؟ هل يمكن أن تكون مأهولة بكائنات قد نستطيع أن نميِّز أنها ذكية؟ وحتى لو كانت الحياة البدائية منتشرة في أصقاع الكون فإن ظهور حياة متقدمة قد لا يكون منتشراً. أظن أن مذهب اللاإرادية هو الموقف العقلاني الوحيد من هذا الأمر في الوقت الراهن. لانعرف القدر الكافي عن أصول الحياة، ونعرف قدراً أقل ـ عن

(8) تعريب لكلمة robot، ونسبة إلى الإنسان الآلي (المعرَّب)

أن الانتقاء الطبيعي «متقارب» أو قد يعطينا حصيلة مختلفة تماماً إذا ما تكرر على الأرض ـ حتى نقول باحتمال وجود غرباء أذكياء أو بعدم وجودهم.

تعرضت محاولات البحث عن إشارات من مخلوقات ذكية من غير أهل الأرض إلى أوقات عصيبة في سبيل الحصول على المال العام حتى على مستوى العائدات الضريبية من أحد أفلام الخيال العلمي لأن الموضوع كان مثقلاً بارتباطات هشَّة بالصحون الطائرة وغير ذلك. ولكن الجهود الرائدة التي بذلها معهد البحث عن كائنات بشرية خارج نطاق الأرض ـ الموجود في كاليفورنيا ـ استمرت لحسن الحظ في الاتساع مدعومة بمُنَح هائلة من محسنين خصوصيين من أصحاب الأفق الواسع.

تتملكني الحماسة حيال هذه الأبحاث، وسأظل كذلك إذا صدَّقت بوجود خلافات شديدة حول النجاح بسبب أية إشارة اصطناعية واضحة حتى ولو كانت شيئاً مسبباً للضجر مثل سلسلة من أعداد أولية. لن نعرف بطبيعة الحال إن كانت الإشارة قد أرسلت من شيء «واعٍ» أو من شيء صنعي خلَّفته أنواع من الجنس البشري انقرضت قبل وقت طويل من وصول الإشارة. ولكن مثل هذا الاتصال سوف يؤكد على أن مفاهيم المنطق والفيزياء قد ظهرت في أماكن أخرى غير العقول البشرية. يجب أن ننظر إلى نجم بعيد باهتمام متجدد إذا علمنا أنه شمس أخرى

تشع على مجموعة من الكواكب تمتع أحدها بمحيط حيوي له تعقيد وتركيب يماثل محيط أرضنا الحيوي.

يمكن بالطبع أن يكون الفشلُ مصيرَ مثل هذه الأبحاث، وواضح أن هذا محبط للآمال بطريقة ما. والفشل لايعني بالضرورة عدم وجود مخلوقات ذكية أخرى ربما تعيش حياة ملؤها التأمل دون أن تفعل شيئاً يفضح وجودها. ومن الناحية الأخرى فإن احترامنا الكوني لأنفسنا يكبر إذا كان كوكبنا الأرضي الصغير في الواقع مستقَراً وحيداً للمخلوق الذكي، وسوف ننظر إلى هذا الكوكب نظرة كونية عادلة وأقل وضاعة مما يستحق إذا كانت المجرة حبلى بالحياة المعقدة. سوف نعتبر الأرض «بذرة» يمكن أن تنتشر منها الحياة في أرجاء الفضاء. مازال الزمان طويلاً أمامنا. يمكن أن تخضَرَّ المجرة الكاملة التي تمتد على مئة ألف سنة ضوئية في وقت يقل عما استهلكته حتى أنشأتنا من مراتب الثدييات الأولى. عندما تندثر الشمس ستكون قد انقضت خمسة بلايين أخرى من السنين، وهي فترة تزيد عن خمسة أضعاف الزمن الذي انقضى لإنجاز الإنتقاء الطبيعي منذ أوائل الخليقة متعددة الخلايا وصولاً إلى محيط كوكب الأرض الحيوي الحالي، ونحن جزء من هذا المحيط. وقد تظهر خلال هذه الفترات اللامتناهية من الزمان قفزات نوعية أكثر اتساعاً، ويمكن في الواقع أن تصبح التغيرات المستقبلية أكثر سرعة إذا تم توجيهها بصورة اصطناعية بحيث تتحقق على مقياس زمني

ثقافي أو تاريخي. لانستطيع أن نتنبأ بالدور الذي ستخطه الحياة لنفسها: فلعلها تصبح مندرسةً أكثر أو ربما تبلغ شأواً عالياً يشمل تأثيره الكون كله، وهذا الشأوَ هو محطُّ القصص العلمي الذي لايمكن صرف النظر عن وصفه بالسخيف.

من عوالم أخرى إلى أكوان أخرى

إن التحديات التي ترسِّخ بعضاً من هذه النظرات في السنوات الخمسين التاليات سوف تبدو أقل رهبة إذا عدنا ببصرنا إلى ماتحقق في القرن العشرين. فقبل مئة سنة كان سبب إشعاع النجوم من الأسرار، ولم نكن نفهم ماوراء درب التبانة ـ مجرّتنا ـ التي كان يُفترض أنها نظام ساكن. وفي العقود الثلاثة الأخيرة كانت المسابر الفضائية تغدِق صوراً من جميع كواكب مجموعتنا الشمسية، وبفضل المقاريب[9] العملاقة تمكن الفلكيون من النظر إلى أغوار في الفضاء أكثر بعداً مما كان مستحيلاً عليهم في خوالي الأيام. منظرنا الشمولي الكوني يمتد إلى ماوراء أبعد نجم نستطيع أن نراه بملايين المرات فيَصِل إلى مجرات بعيدة جداً يستغرق ضوؤها عشرة بلايين سنة كي يصل إلينا. يمكن أن نعود بتاريخ الكون إلى ثانية واحدة بعد بدايته، ولسنا نجهل من الفيزياء الأساسية إلا الظروف التي سادت في الميل ثانية الأول

(9) المقاريب: التلسكوبات

من التوسع الكوني وفي أعماق الثقوب السوداء.

أثارت خطوات التقدم هذه إمكانية آسِرَة هي احتمال ألا يكون الشيء الذي نسميه عالمنا حقيقة في مجمله، وهو المجال الذي يمكن أن يَسبر علماء الفلك أغوارَه والذي يعود أصله إلى الانفجار الكبير. لقد طلع علينا علماء النظريات بنصوص إخراجية[10] مصَوَّرة عن الأكوان المتعددة انطلاقاً من افتراضات مُعَرَّفة بشكل جيد ولكنها تخمينية. قام أندري لِند Andrie Linde وأليكس فيلنكين Alex Vilenkin وغيرهما بعمل محاكيات كومبيوترية تصوِّر مرحلة تضخمية «أبدية» تم فيها تفريخ عدة أكوان اعتباراً من انفجارات كبيرة متعددة وإلى أجزاء منفصلة من الفضاء الزماني مُسْتعْصٍ علينا. طرح ألان غوث Alan Guth ولي سمولن - Lee Smolin من خلال وجهات نظر مختلفة ـ أن كوناً جديداً يمكن أن ينبُت ضمن ثقب أسود ثم يتوسع إلى ميدان جديد في الفضاء والزمان لايمكن أن يبلُغه أحد منا. أما ليزا راندول Lisa Randall ورامان صندرَم Raman Sundrum فقد طرحا تخميناً بأن أكواناً أخرى قد تكون موجودة بشكل منفصل عنا في ميدان فضائي آخر غير أرضي وأنها ربما تجاذبت بشكل متبادل أو لعلها لم يكن لأحدها أي تأثير مهما كان نوعه على الأكوان الأخرى. وفي مجال التشابه الجزئي المبتذل حيث يمثل سطحُ

(10) نصوص إخراجية: سيناريوهات scenarios

كيس مطاطي منفوخ عالماً له بعدين متموضعاً ضمن فراغنا ذي الأبعاد الثلاثة، فإن هذه الأكوان الأخرى تمثَّل بسطوح أكياس مطاطية منفوخة أخرى. الحشرات التي تزحف على أحد السطحين دون أن تدرك البعد الثالث لن تعرف بوجود نظيرتها التي تزحف على السطح الآخر لهذه الأكياس. ستكون الأكوان الأخرى ميادين منفصلة من حيث الفضاء والزمان، ولن نتمكن من الحديث بشكل فيه معنى عما إذا وُجدت مع كوننا أو قبله أو بعده أو خلاف ذلك، لأن مثل هذه المفاهيم قد يكون لها معنى إلى الحد الذي نستطيع معه أن نفرض مقياساً وحيداً للزمان يسري على جميع الأكوان.

طرح ألان غوث Alan Guth وإيدوارد هاريسون Edward Harrison تخميناً هو اصطناع الأكوان في المخبر من خلال تفجير داخلي لمادة من أجل تشكيل ثقب أسود صغير. لعل كوننا بمجمله كان نِتاج إحدى التجارب في كون آخر؟ يتحزر سمولن Smolin بأن كوناً ابناً يمكن أن يُحكَم بقوانين تحمل بصمة القوانين السائدة في الكون الذي وُلِده، وإذا كان هذا صحيحاً فإن الجدل النظري اعتباراً من التصميم يمكن أن يتجسد على هيئة رواية تُزيل الحدود الزائفة بين الظواهر الطبيعية والظواهر «مافوق الطبيعية».

هناك حل لبعض متناقضات علم الميكانيك الكمي طُرح على شكل وجود أكوان متسايرة ضمن نظرية «عدة عوالم»

وضعها لأول مرة هيو إيفيريت Hughes Everett وجون ويلر John Wheeler في خمسينيات القرن العشرين، وتم تجسيد هذا المفهوم من قبل رائد القصص العلمي ذي البصيرة النافذة أولاف ستابليدون Olaf Stapledon ضمن واحدة من قصصه الممتعة الذي جعلت منه نجماً:

> كلما واجه مخلوق عدة طرق للعمل سلكها جميعاً، وهو بذلك يَخلق عدة... تواريخ واضحة للكون. وبما أن هناك مخلوقات كثيرة موجودة في كل مرحلة من مراحل نشوء الكون المتسلسلة وأن كل مخلوق يواجه عدة مسالك محتملة وأن الجمع بين هذه المسالك كلها كثير لايمكن عدُّه، فإن أعداداً لاتحصى من أكوان واضحة تتقشر عن كل لحظة من كل تسلسل زمني.

لم يكن نصيب هذه النصوص الإخراجية إلا أن تكون فقاعات في الهواء، فلكل منها دافع نظري رغم أنه تحذيري. إلا أن واحداً منها فقط يمكن أن يكون صحيحاً على الغالب. ومن المحتمل كثيراً أن تكون كلها غير صحيحة، وهناك نظريات بديلة تؤدي إلى كون واحد فقط.

إن تثبيت أي من هذه الأفكار يتطلب نظرية تصف ـ بشكل متناسق ـ الفيزياء القصوى المتعلقة بالبداية عندما تصاغر كوننا إلى كتلة صغيرة جداً تمكنت معها التقلبات الكمية من العبث به؛ وبتعبير آخر، نظرية تجمع بين نظرية أينشتاين Einstein في

الجاذبية (النسبية العامة) مع مبدأ الكم الذي يحكم العالم الأصغر للجسيمات الذرية الأدنى.

لقد أمضى أينشتاين نفسه السنوات الثلاثين الأخيرة من حياته في البحث عن نظرية موحدة كهذه ولكنه لم يفلح، فقال النقاد الظالمون إنه «ربما ذهب أيضاً يصطاد سمكاً» في النصف الثاني من عمره، ونحن اليوم نستطيع أن نرى أن بحثه كان في غير أوانه لأنه لم يكن يعرف القوى النووية والضعيفة التي يجب أن تدخل مع الكهرومغناطيسية في صلب أية نظرية كهذه. من المحتمل أن تشكل النظريات الموحدة في القرن الحادي والعشرين تحدٍّ أكثر واقعية مما كانت عليه في القرن العشرين، ويبدو أنه قد آن الأوان اليوم لهجوم حقيقي على هذه النظريات. لكن التوافق وحده لايكفي، ولابد من وجود أرضية للثقة في أن النظرية الموحدة لن تكون مجرد تركيب رياضي ولكنها تطبق الواقعية الخارجية. يمكننا أن نخلق مثل هذه الثقة إذا كانت النظرية تبرِّر أشياء يمكن مشاهدتها ولا يمكن أن يتم شرحها بمعزل عن هذه النظرية، مثل الصلة بين القوى الجاذبة والكهربائية والنووية، أو لماذا توجد ثلاثة أنواع من النيوترينوات. في العقود التالية يمكن لعلماء الفيزياء أن يوجدوا مثل هذه النظرية، وإذا حصل ذلك فسيكون نهاية بحث فكري بدأ قبل نيوتون Newton واستمر في زمن ماكسويل Maxwell وأينشتاين Einstein ومن جاء بعدهما، وكم سيزداد سروري إذا

قَدَّمتْ هذه النظرية رؤية للسبب الذي يجعل لكوننا ملامح تبدو للبعض منا مثيرة للدهشة.

كوننا الخاص المحب للحياة

لعل الغرباء لو كانوا موجودين في كوننا لفهموا و«جمَّعوا» أوجه الحقيقة بشكل مختلف جداً عن الطريقة التي تقوم بها عقولنا، ولو تسنّى لنا في أي وقت أن نقيم صلات لأوجدنا مصلحة مشتركة واحدة، فهم يتشكلون من ذرات مشابهة وتحكمهم نفس القوانين الفيزيائية. لو كان لهم عيوناً وسماوات لنظروا إلى نفس مشهد النجوم والمجرّات التي ننظر إليها. جميعنا نُرجِع أصولنا إلى النشأة المشتركة هي إنفجار كبير قبل ثلاثة عشر بليون سنة.

لكن وجودنا ـ وكذلك وجود الغرباء إذا كان ثمَّة غرباء ـ يعتمد على الخصوصية التي يجب أن يتحلى بها كوننا؛ كونٌ مضياف للحياة، كونٌ يمكن أن نسميه كوناً محباً للحياة، ويجب ـ كما يبدو ـ أن يتم تعديله بطريقة خاصة. إن المتطلبات الأولية لأي نوع من الحياة ـ نجوم راسخة ذات ديمومة طويلة وذرات (مثل الفحم والأوكسيجين والسيليكون) قادرة على الإرتباط في جزيئات[11] معقدة، وغيرها ـ هي متطلبات حساسة تجاه القوانين

(11) جزيئات : molecules

الفيزيائية والحجم ونسبة التمدد ومحتويات الكون. لو أن الوصفة التي صدرت عند الانفجار الكبير كانت مختلفة قليلاً لما كنا موجودين على قيد الحياة. وصفات كثيرة كانت لِتؤدي إلى أكوان جهيضة ـ دونما ذرات ولا كيمياء ولا كواكب ـ وإلى أكوان حياتها قصيرة جداً أو فارغة جداً بحيث لاتترك مجالاً لأي نشوء بعد التوحُّد العقيم. هذه الوصفة المميزة تبدو سراً جوهرياً.

سؤال عميق مارسه أينشتاين Einstein هو «هل كان للرب خيار في خلق العالم؟» كان أينشتاين يتأمل بلغة شعرية في ذلك؛ هل أن القوانين التي تحكم كوننا لانظير لها، أم تُراها سبباً رياضياً عميقاً، أم لعل الوصفة كانت مختلفة بشكل جوهري. لو كان كوننا نتاجاً متفرداً لنظرية جوهرية لقبلنا بالتناغم الحياتي كحقيقة مُرَّة. ومن ناحية أخرى لو كان الجواب على سؤال أينشتاين نعم لكانت القوانين التحتية أكثر تساهلاً: لعلها تسمح بالكثير من الوصفات فتؤدي إلى أنواع مختلفة من الأكوان. كانت مجمل الأكوان المتعددة لِتُحكَم بمجموعة من المبادئ الجوهرية، ولمَا كانت القوانين التي نسميها قوانين الطبيعة (أو ـ على الأقل ـ البعض منها) أكثر من مجرد تشريعات محلية هي حصيلة حوادث بيئية في اللحظة الأولى بعد الانفجار الكبير الخاص بنا.

تأمل في مجموعة من رقائق الثلج على سبيل التشبيه

التمثيلي. جميع هذه الرقائق في جوهرها شيء واحد: تماثل سداسي هو نتيجة لشكل جزيئات الماء التي تتشكل منها الرقاقة، ولكن من الصعب وجود رقاقتين تبدوان على نفس الشكل، فلكل منهما نمط يعتمد على تاريخ واضح هي تغيرات درجة الحرارة والضغط المحيط أثناء سقوطها عبر الغيمة التي تشكلت فيها بكل تفاصيلها. بعض ملامح كوننا ـ هي مثل ذلك ـ قد تكون نواتج عارضة لكيفية انخفاض درجة حرارتها بعد الانفجار الكبير ـ مثلما تتحول قطعة من الحديد الساخن حتى الدرجة الحمراء إلى مغناطيس عندما يتم تبريدهااعتماداً على عوامل الصدفة بدلاً من أن يتم الرسم في مستوى أعمق وجوهري أكثر فتتشكل الأكوان المتعددة. لو أن علماء الفيزياء توصلوا إلى نظرية أساسية مقنعة لدلّتنا على نواحي الطبيعة التي تكون نواتج مباشرة لنظرية طبقات الصخر الدنيا (تماماً كحالة رقائق الثلج المتماثلة الذي هو نتاج البُنيَة الأساسية لجزيء الماء) وهذه النواتج (المماثلة للنمط الواضح لرقاقة ثلج معينة) هي ناجمة عن الصُدَف.

لو كان هناك في واقع الحال مجموعة من الأكوان (وهذا الأمر أيضاً يمكن أن يحسم من خلال وجود نظرية قادرة على أن تصف بشكل تام بدايات انفجارنا الكبير الأولى) لكانت معظم الأكوان عقيمة تُحكم بقوانين تحجب البُنى المعقدة، أو كانت صغيرة جداً أو كان عمرها قصيراً جداً بحيث لاتسمح

بفضاء ولا بزمان كي يؤتي النشوء ثماره في خضم التعقيد التناسلي. إننا (وكذلك أي غريب يمكن أن يكون موجوداً) سوف نجد أنفسنا ضمن مرتبة من التفرعات الأدنى الشاذة محكومين بقوانين تسمح بالنشوء المعقد. ولن تصيبنا الدهشة بسبب الملامح «المُصَمَّمة» لكوكبنا ـ والتي تبدو متشابهة ـ أكثر منها بسبب موقعنا من هذا الكون. يجب علينا ألا نبتعد كثيراً بـ"مبدأ الوسطية» لكوبيرنيكوس Copernicus. نحن نجد أنفسنا على كوكب له جوٌ ويدور على مسافة معينة من كوكبه الأم حتى ولو أن مكانه خاص جداً وشاذ. من المحتمل جداً أن يكون الموقع ـ الذي تم اختياره بصورة عشوائية في الفضاء ـ بعيداً جداً عن أي نجم في الحقيقة ويقع في الفضاء بين المجرات على بعد ملايين السنين الضوئية من أقرب مجرة. ولو كانت هناك أكوان متعددة وكان معظمها غير مسكون لما تملكتنا الدهشة إذا وجدنا أنفسنا في أحد هذه الأكوان المأهولة بالسكان.

قد نجد بين أيدينا ذات يوم نظرية مقنعة تدلنا على وجود أكوان متعددة ـ أو عدم وجودها ـ وعلى أن بعضاً مما تسمى قوانين الطبيعة ليست سوى أنظمة داخلية ضيقة في رقعتنا الكونية. يمكننا أن نختبر مدى حسن «الانتقاء الإنساني» ـ حتى قبل أن نرى مثل هذه النظرية ـ من خلال السؤال عما إذا كان كوكبنا عضواً نمطياً في المرتبة الأدنى التي ربما كان بوسعنا الظهور فيها. فلو كان عضواً شاذاً بشكل كبير حتى في هذه

المرتبة الأدنى، وليس في مجموع الأكوان المتعددة، لاحتجنا حينئذ إلى نبذِ فرضية تعدد الأكوان. وبما أن هناك مثالاً آخر عن كيفية اختبار نظريات الأكوان المتعددة، فإن علينا أن ندرس تخمين سمولن Smolin بأن أكواناً جديدة قد تم تفريخها ضمن الثقوب السوداء وأن القوانين الفيزيائية في الكون الإبن تستبقي في ذاكرتها حفيظة من قوانين الكون الأم، كما لو أن الأمر نوع من الوراثة الكونية. إذا كان سمولن على صواب، فإن الأكوان التي تنتِج الكثير من الثقوب السوداء تتسم بميزة الإنجاب الخصب التي تورَّث للجيل اللاحق، وإذا كان كوننا حصيلة لهذه العملية فيجب أن يكون قريباً من الكمال في نزعته إلى تشكيل ثقوب سوداء، وأن يؤدي أي اضطراب في القوانين والثوابت إلى تدني احتمال تشكل مثل هذه الثقوب. لم تأت حتى اليوم أية نظرية مفصلة ـ تتعلق بكيفية انتقال أية معلومات فيزيائية (أو سُهيم من زمان) من كون إلى آخر ـ وتحمل تأييداً لمفهوم سمولن الذي لاأرى شخصياً كبير أمل في بقائه قيد التداول. غير أن سمولن يستحق شكرنا لأنه أبان عن ضعف لنظريةٍ عن الأكوان المتعددة أمام البرهان على عدم صحتها.

تبين هذه الأمثلة أن بعض المزاعم عن أكوان أخرى يمكن دحضها، مَثلها في ذلك مثل أية فرضية علمية. ولا نستطيع أن نؤكد بثقة على وجود عدة انفجارات كبرى، فنحن لانعلم قدراً كافياً عن مراحل كوننا المغرقة في القِدم ولا عما إذا كانت

القوانين التحتية متسامحة، إذ إن حسم هذا الأمر يشكل في السنوات الخمسين التاليات تحدٍّ أمام الفيزياء. غير أن القوانين التحتية إذا ما كانت متسامحة وتفسح المجال أمام خلق جميع أنواع الأكوان فإن مايسمى بالتفسير الإنساني لشرعية طريقتنا سيصبح قانونياً وستكون هذه القوانين في الحقيقة التفسير الوحيد الذي نمتلكه إلى نهاية الزمان لبعض ملامح كوننا الهامة، وسيصبح قسم من علم الفلك مشابهاً لعلم الأحياء المتعلق بالنشوء.

لعل الشيء الذي أطلقنا عليه ـ بصورة تقليدية ـ اسم الكون، أن يكون نتاجاً واحداً من انفجارات كبيرة كثيرة، لأن نظامنا الشمسي ليس إلا واحداً من أنظمة كوكبية كثيرة في المجرة. وكما أن نموذج بلورات الجليد على بحيرة متجمدة هو حادث تاريخي أكثر منه نتيجة لخاصة جوهرية من خواص الماء، فإن بعضاً من الثوابت الظاهرة في الطبيعة قد تكون تفاصيل اعتباطية أكثر من كونها مرتبطة بتعريف فريد تفترضه نظرية تحتية. إن البحث عن نصوص دقيقة لما ندعوه في الأحوال العادية ثوابت الطبيعة قد يكون بالتالي عبثياً ومضللاً كالبحث الذي قام به كيبلر Kepler عن علم معاني أعداد المدارات الكوكبية. لسوف تصبح أكوان أخرى جزءاً من حديث علمي كما الحال التي آلت إليها «عوالم أخرى» طوال قرون كثيرة. ومع ذلك فإن أي سوء فهم لسبب وجود أي شيء، وسبب وجود كون (أو أكوان متعددة)