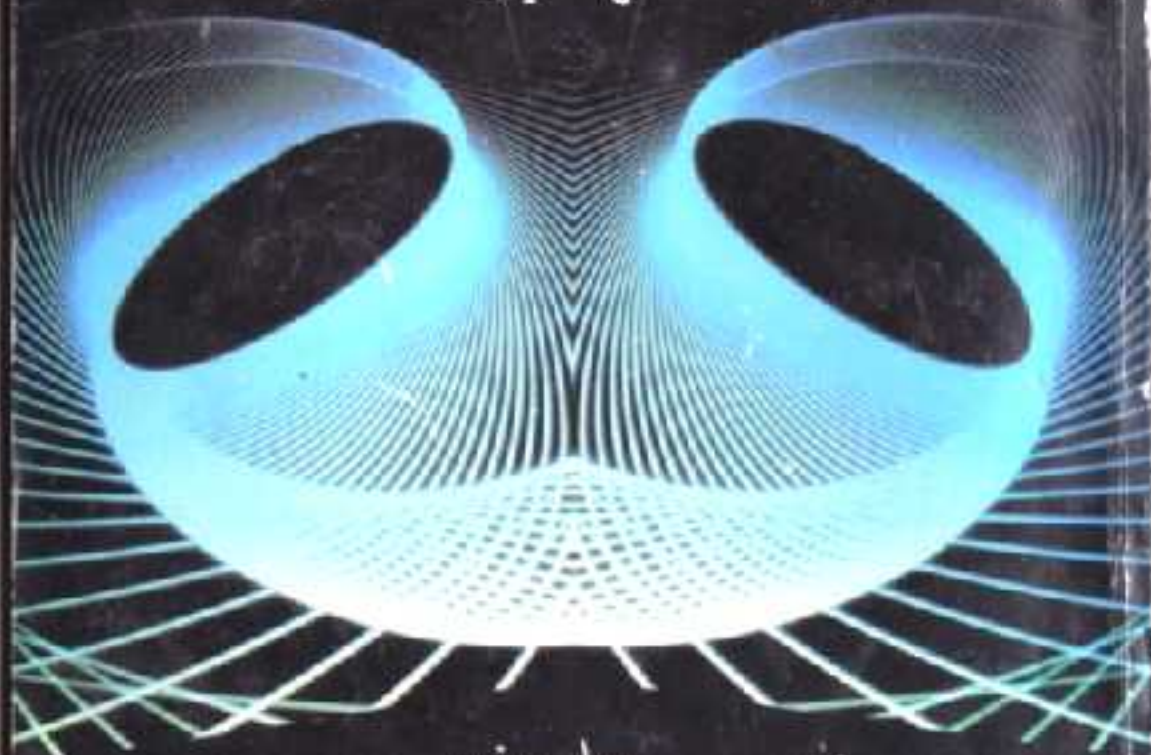


أسطورة المادة

صورة المادة في الفيزياء الحديثة



تأليف: بول ديفيز

و جون جريبيك

ترجمة: م. علي يوسف علي

الهيئة المصرية العامة للكتاب



فهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة الطبعة العربية	٧
مقدمة	١١
الفصل الأول	
موت المادة	١٥
الفصل الثاني	
الهيولية ونحدر المساء	٢٢
الفصل الثالث	
الحاضر المجيب	٤٩
الفصل الرابع	
الكون على رهاقه	٩٩
الفصل الخامس	
الثانية الأولى	١٢٢
الفصل السادس	
والأخيرة	١٥٠
الفصل السابع	
أعاجيب الكم	١٦٧
الفصل الثامن	
الشبكة الكونية	١٩٣
الفصل التاسع	
ما وراء المستقبل اللامتناهي	٢١٣
الفصل العاشر	
الكون الحي	٢٢٠
كتابات	٢٥١

علمه هي الترجمة العربية الكاملة لكتاب :

THE MATTERS MYTH

by

Paul Davies

John Gribbin

مقدمة الطبعة العربية

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله ..

يهدف كتابنا الذي نقدمه للقارئ الكريم الى توضيح ما آل اليه العلم في نوبة الحديث ، وكما يراء علماء القرن العشرين ، في مقابل ما تعارف عليه الناس طويلا فيما يتعلق ب مفهوم العلم ومنهجه ، كما ارجس له كوبرنيكس ، واسمه جاليليو ، وصاغه نيوتن ، وسار على دربهم اخذاذ من العلماء ، في شتى الفروع ، تعارفوا جميعا على الاستهداء بالمنطق البديهي كما يتصوره العقل البشرى ، كأداة لاستكشاف الحقيقة .

وللبشر عادة معروفة على مر الدهور ، هم تعميم ما يالقوله تحت شعار المنطق البديهي ، ورفض الأفكار الخائفة يدعوى ، ما سمعنا بهذا في الملة الآخرة ، ان هذا الا احتلاق ، يتساوى في هذا الاتهام ان تكون الفكرة رأيا اصلاحيا تجديديا ، او احدى الغيبيات التى وردت في كتاب الله الكريم ، او نظرية علمية ثبت فيما بعد احترامها كالنظرية الكمية او النظرية النسبية .

لقد تقدم ماكس بلانك بنظرينه الكمية للجمعية العلمية ببرلين في السابع عشر من ديسمبر عام ١٩٠٠ ، وقوبلت بالاستهجان والاعراض ، فانطوت لى غياهب النسيان لخمس سنوات تالية ، ولم يشفع لها انها انجرت ما عجز عنه العلم بمنطقه البديهي آنذاك لى موضوع الإشعاع الحرارى ، ولولا حسارة موظف مغمور فى مكتب توليق البراءات برون ، لظلت ضحية هذا الانتكار لزم من يعلبه الله ، لقد تبنى أينشتين هذه الفكرة المفوضون عليها ، ليجعلها أساسا لتفسيره للظاهرة الكهروضوئية ، وفعل

في عام ١٩١٩ ، منح ماكس بلانك جائزة نوبل اعترافا بفضلته في وضع نظرية أصبحت أحد أساسين راسخين للعلم في القرن العشرين .

هذا من الاعتراف بالنظرية الكمية . فماذا عن الأساس الثاني ، النظرية النسبية ؟ الإجابة ، لم تحظ بذلك الاعتراف من قبل مانحي الجائزة المذكورة . فلما يدعو للتأمل ، أن أينشتاين حين منح جائزة نوبل عام ١٩٢١ ، كان بسبب تطبيقه للنظرية الكمية ، وليس عن وضعه للنظرية النسبية بتطبيقها الخاصة والعامة ، رغم ما تحقّق لهما من نجاح من العالم آنذاك ، وهو انكار يحسب على مانحي الجائزة عل مر التاريخ ، وليس على أينشتاين وأعماله الخالدة بكل تأكيد .

بهذا القول اهدف الى التخفيف عن القاري الكريم وقع ما سيعرضه الكتاب من افكار غريبة عن منطقنا المألوف . والى هذا هدف المؤلفان أيضا في الفصل الرابع ، والذي وضع لكي يساعد القاري على تقبل انكار النظرية النسبية الغريبة . وهنا يقول المؤلفان نفس ما يقوله رجال الدين لشركى الغيبيات ، ألا يتمجل المرء رفض فكرة مجرد عدم تقبل عقله لها ، وهي نصيحة لا أحسب من تعود التواضع أمام علم الله وقدرته بحاجة اليها . فاذا كان الكتاب في ذلك الملحق يستحث القاري على أن يستلخم مخيلته كما يفعل في قراءة القصص الخيالية لينقبل هذه الأفكار ، كخط رجعة ضد انكار أفكار النسبية فيما جاءت به ، فإن خط الرجعة عندي هو « لو كان البحر مدائن لكلمات دبري لبلغ البحر قبل أن تنفذ كلمات دبري ، ولو جئنا بمثله مددا » صدق الله العظيم .

ان تصديقي لما جاء في كتاب الله من تغير الزمن بين نظام ونظام : بين « كن فيكون » و « خالدين فيها أبدا » ، و « ان يوما عند ربك كالف سنة مما تعدون » ، و « في يوم كان مقداره خمسين ألف سنة » ، ولاسراء الرسول الكريم وممرجه في ليلة واحدة ، لن يجعل عصيا على أن انقبل ما جاءت به النسبية من أن يوما في اطار مرجعي معين قد يساوي عدة قرون في اطار مرجعي آخر .

وينطبق نفس القول على ما جاءت به النظرية الكمية من افكار شبيهة في خطها بعضا من غيبيات الكتاب الكريم . من ذلك مثلا : « تعدد الأكوان ، او وجود كائنات ، شبيهة ، لا تدركها حواسنا او « انا آتيك به قبل ان يرتد إليك طرفك » ، في مقابل ما جاء من امكانية التنقل عبر الفضاء الكوني في لمح البصر (راجع الفصل «عجائب الكم») .

ولست أقول بذلك ان القرآن قد تنبأ بالنظرية النسبية او الكمية ، كما يحلو لبعض السذج أن يفعل في مواطن كثيرة ، نشأتان بين علم الله وعلم البشر ، وغيبيات الله سبحانه موكلول اليه تأويلها- ولكن ما أقوله هو أن التواضع في نظرة الانسان لامكانات عقله في تمييز الحقائق من الصواب مطلوب ، بل ومفترض أساسي ، لتقبل الأفكار ، سواء اكانت اجتماعية أم دينية أم علمية .

والربط بين الفهم العلمي وبين افكار معنوية ليست بدعا من لدني ، فالى هذا يهدف الكتاب الذي بين أيدينا صراحة ، ويهدف كتاب على شاكله « Beyond Science » للمبروفيسور John Polkinghorne بصراحة أكثر . ولعل هذا المقتطف منه يوضح الفكرة : « ان الفيزياء قد علمتنا أن أنجح النظريات هي التي يعبر عنها بأجمل المعادلات ، « أرايت كيف أن الجبال قد أصبح معيارا لتحخيص صحة النظريات العلمية ؟ هل كان متصورا في العلم بمفهومه الكلاسيكي أن يكون مثل هذه المعنويات دور في البحث العلمي المجرد » .. ولكنه العلم في توبه الجديد .

واذا كان اللجوء لمعنى الجمال في تحخيص النظريات العلمية أمرا مستغربا ، فما بالك أن يكون أساسا لوضع نظرية من النظريات أصلا . وأية نظرية ، النسبية العامة التي قد لا ينال في القول بأن وضعها كان من أعظم الإنجازات العلمية على مر التاريخ الانساني ؟ وفي هذا المعنى يقول الكتاب المذكور : « لقد تعلمنا درساً بليفاً من بحث بول ديراك الدوب عن المعادلات الجبيلة ، ومن قبله ألبرت أينشتاين في نظريته النسبية العامة » ، ولز أتبع للقاري الكريم الاطلاع على قصة حياة أينشتاين كما كتبها مساعده ريتشارد هوفمان (تحت الطبع في الهيئة

النسبة العامة للكتاب) . لوجد كيف ركز المؤلف على أن وضع هذه النظرية كان مبنياً . وليس على أي شيء آخر . على احساس آينشتاين بوحداية الله وجدال خلقه . مما دعاني الى أن أضف هذه النظرية في مقدمة الكتاب المذكور بأنها : صورة فريدة من صور التسييح بوحداية الله .

لقد لزع العلم عن نفسه ثوبا اقرب لـ « تبييض الاكمام » . ليستبدل به ثوبا فضفاضاً يتسع لمعان مستفاد من رواقه أخرى للمعرفة الانسانية . معان تسع للتعب والجمال . وسبحان القائل : « سنريهم آياتنا في الآفاق وفي أنفسهم حتى يتبين لهم انه الحق » - - صدق الله العظيم .

مقدمة

ان اضافة صفة التورية على العلم أصبح من التعبيرات الفارحة . ومع ذلك ، فحتى أولئك الذين ليست لهم الا علاقة سطحية بالعلوم يحسون بأن هناك شيئاً ثوريا حقيقياً يحدث في عصرنا . ولستنا نشعر بذلك الى ما يظهر من اختراعات بين الحين والآخر ، ولا الى ما نشهده من تقدم في مجالات التقنية مهما كان مدعلاً ، رغم كون هذه وتلك تحمل صفة التورية بكل معانيها . ذلك أنه تحولاً أصح يجري في أساس العلم ذاته ، في النظرة التي يرى بها العلماء العالم .

وقد ذهب الفيلسوف « توماس كون Thomas Kohn » الى أن العلماء يبنون تصوراتهم عن الحقيقة بناء على « نمط قياس Paradigm » فكري . مثل هذا النمط ليس نظرية في حد ذاته ، ولكنه إطار للفكر ، أو ان شئت القول . منهج لاستنباط المفاهيم ، يتشكل حوله تفسير مشاهدات وبيانات التجارب العملية . هذا النمط القياسي يعتره التغير بين الحين والآخر ، وحين يحدث ذلك ، لا تتغير النظريات فحسب ، ولكنها المفاهيم العملية تتغير كذلك . ومن ثم تتبدل نظرة العلماء للعالم . وهو ما نشهده الآن .

وما يتبع حالياً من قول بأننا وسط تحول في نمط التفكير العلمي لا يمثل سوى جزء من الحقيقة . فقد أدرك الكثيرون أن مفاهيم غريبة متجددة لإدراكنا الشرى طفت على السطح في السنوات الأخيرة . لها الثوب السوداء ، والتقوى الديدانية ، وخطوط الكم الشجيرة ، والهوليوية chaos ، والجوامب الذكية ، كسر لقليل من كبر . سوى قمة لاجل

الجديد ، ذلك أنه كلما اقتربنا من نهاية القرن العشرين ، زاد تحرر العلم من أغلال فكرية كبنته لقرون ثلاثة ، يطلق عليها « الميكانيكية » ، تعنى وببساطة شديدة تصوير الكون كآلة هائلة ، منتظمة في كل أجزائها . صور بلا انقطاع أو وقف . ويمكن أن تعود بأسس هذا النمط الفكري لقدماء الإغريق ، إلا أن جذوره الحقيقية ترجع لاسحق نيوتن الذي صاغ قوانين الميكانيكا الشهيرة ، والتي بمنظورها فتحت الباب أمام الادعاء بأن كافة النظم الفيزيائية يمكن النظر إليها كجزء من النظام الميكانيكي . وهذا الزعم هو ما دخلنا به القرن العشرين .

إلا أن الحركة نجاء « ما بعد المادية » كنسب فكري مناسب للقرن التالي يتم على نطاق واسع : في علم الكونيات ، وكيمياء الأنظمة ذاتية التنظيم ، والنظم الهولوية ، وميكانيكا الكم ، وفيزياء الجسيمات ، ونظم المعلومات ، و « على شيء من التردد » المنطقة المشتركة بين البيولوجيا والفيزياء . في كل تلك الفروع من العلم وجد العلماء أنه من المجدي بل ومن الضروري ، أن ينظر للجزء من الكون الذي تيد أبحاثهم نظرة جديدة تماما ، لا تحمل سوى الشرر البسيط من التصور الميكانيكي للكون ذي الصفة المادية الصرفة .

ولقد وصف الفيزيائي جوزيف فورد، Joseph Ford المنطق الميكانيكي المادي بأنه أحد « الأساطير القاعدية » للعلم الكلاسيكي - والأسطورة بالطبع ليست تمثيلا حرفيا للحقيقة - نهل لنا أن نتصور على ذلك أن ما حدث من تقدم علمي على مدى القرون الثلاثة الماضية كان على أساس فهم خاطئ للحقيقة الطبيعية ؟ كلا ، فهذا سر ، فهم لدرج الأمل الفكرية . فالإطار الفكري لا هو بالصحيح ولا بالخاطئ . أنه ليس إلا انعكاسا للتصور ، تصوير للحقيقة له وجهته طبقا للظروف ، بالبيسط كما الأسطورة ، تحمل بعضا من التصورات الزعمية التي لها فائدتها في ظروف ما . ولقد لعب المنطق الميكانيكي دورا بلغ من النجاح درجة ولدت لدينا ميلا قفريا لأعطائه صفة الحقيقة القاطعة ، وليس تصويرا معينا لها . ولقد تعرف العلماء مدى محدودية هذا النمط الفكري ، وادركوا أنه يوجد الكثير خلاف النروس والمجلات كمكونات لهذا العالم .

وفي هذا المؤلف تستكشف هذه التغيرات المثيرة والمتحديّة ، ومدى ملائمتها لنا ، وليس فقط للعلماء .

وفي سردنا للنقصة ، علينا أن نسير أغوارا عميقة في العلم . ولكننا آتينا على أنفسنا أن نجعل الحديث في أبسط صورة ممكنة له ، وعزفنا على وجه الخصوص عن الرياضيات كلية . حتى ولو كانت بعض المفاهيم الفيزيائية لا تجد معنى حقيقيا لها إلا في نطاق التعبير عنها رياضيا . فبدلنا هو إعطاء لمحة عن الصورة التي نبرز شيئا فشيئا عن الكون . وهي صورة لا تزال تعذبنا بمراوغتها . إلا أنها تشدنا لما تحقق بالفعل من تقدم . وليس لدينا من شك في أن النورة التي قدر لنا أن نكون عليها شهودا محظوظين ، سوف تغير جذريا نظرة البشر للكون .

بول ديفيز Paul Davies

جون جريبين John Gribbin

فبراير ١٩٩١

الفصل الأول

موت المادة

نعلم من مشاهدتنا اليومية أن أشياء تقبل التغيير ، بينما أشياء أخرى ليست كذلك . كلنا نتقدم في العمر ، وقد نزداد حكمة ، ولكن أنفسنا ، التي اعتبرناها مثل هذه التغيرات هي نفسها لم تتغير . ونشهد كل يوم الجديد من الحوادث ، ولكن الشمس والنجوم على طبيعتها الثابتة . فإلى أي مدى تكون مثل هذه الأمور مجرد تصورات منا ، مخلوقة بخواصنا البشرية ؟

وقد أثار قدماء الإغريق جدلاً واسعاً حول طبيعة التغيير . فقد ذهب هيرقليطس *Heraclitus* إلى أن كل شيء معرض للتغيير بصورة أو بأخرى . بينما اتجه « بارمنيدس *Parmenides* » إلى الرأي بأن الأشياء على ما هي عليه ، وليس لها أن تكون خلاف ذلك . وبالتالي لا يكون التغيير ملائماً للوجود . فالحقيقة لا تكون كذلك إلا في توب من الثبات .

وفي القرن الخامس قبل الميلاد عرض « ديموقريطس *Democritus* » مخرجاً من هذه المشكلة . لقد افترض أن كل المواد مخلوقة من وحدات غاية في الصغالة لا تقبل التجزئة ، أسماها « ذرات *atoms* » . وهذه الذرات هي التي لا تقبل التغيير . فهي ذات مواصفات محددة كالشكل والحجم . إلا أنها قد تتجول في الفراغ وتتحد سوياً بطرائق مختلفة . مما يجعل الأجسام المرئية تبدو في صور متباينة . وبذلك يمكن الجمع بين النسورين .

دوام التغير ودوام النبات ، على أساس أن كل تغير في العالم المرنى مبنى على إعادة للترتيب للكونات الثابتة . وعند ذلك الحيث بدأ اعتناق مذهب المادية materialism .

وكان على هذا المذهب أن يتكافح ضد غيره من الإنكار لعدة قرون . كانت . كان تكون المواد حاوية على خواص سحرية أو فعالة ، أو أنها تتمتع بقوى حيوية أو غامضة . هذه الصور الغيبية اندسخت مع تقدم العلم في صورته الحديثة . وتشمل خطوة حاسمة في هذا المضمار في كتاب المبادئ ، أو البرنسبييا « Principia » لاسحاق نيوتن ، وهو الكتاب الذى حوى قوانين نيوتن الشهيرة للحركة . وكما ذهب ديموقريطس من قبله ، عامل نيوتن المادة كشيء خامد غير فعال . ففكرة « الفصور inertia » تلعب دورا أساسيا في نظريته عن العالم . فلو وجدت مادة في حالة من السكون ، فهي تستظل كذلك للأبد ، ما لم تؤثر عليها قوة من خارجها . وبالمثل ، لو كانت في حالة من الحركة ، تستظل في نفس الاتجاه ونفس السرعة ما لم تتعرض لقوة خارجية . وبمعنى آخر ، المادة في حالة من السلبية المطلقة .

وتعتبر كلمات نيوتن لنفسه عن كل ذلك - فالمادة تتكون من « جسيمات منكثلة (ذات كتلة) صلبة لا تقبل الاختراق ، قابلة للحركة » . وليس من فرق لديه بين الجسيمات المكونة للمادة وما تكونه من مواد مرئية سوى قابلية الاختراق .

عصر الآلات :

تمسكت نظرة نيوتن للسادة كشيء خامد ينشكّل بالقوى الخارجية في الفكر الغربي ، وقبلت كمبدأ أصولي في عصر الثورة الصناعية الذى تخضع من نزوع وقوة هائلتين . ففي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر طرعت أوروبا وصخرت قوى الطبيعة لأغراض الإنتاجية . فمع البخار والصلب ظهرت الفاطرات والبراشر المملقة ، وبغيرها ما غير وجه البسيطة حرفيا وليس مجازا . ومرتبطة بذلك تولدت الحمية للتنسك ، في صورة أو أخرى .

وقبست الثورة بكتنارات الأراضى أو اطنان الفحم أو الذهب أو أية سلعة أخرى .

وكانت الثورة الصناعية عصر الثقة المفرطة . أوج انتصار المادية . لم تكن ثقة المهتمسين مبنية على مجرد التجاح بناء على التجربة والخطأ ، بل على كم من المعرفة والفهم للمبادئ التى تأسس عليها عصر الآلات . مبادئ . وضعها نيوتن منذ قرنين من الزمان . وازدادت تبلورا على أيدي العديد ممن تلوها .

وفي عصر كتابة « البرنسبييا » كانت أغلب الآلات المعقدة من الساعات . فبست نظريته للعالم كمساعة منضبطة وترا حساسا . فالساعة تمثل النظام ، والتناسق ، والدقة الرياضية . أفكار توافقت جيدا مع الفكر الدينى السائد . وولت أيام النظر للكون ككائن حي مزود بقوى سحرية . لقد أوججت آلات نيوتن رباطا وثيقا بين السبب والنتيجة . إذ يتطلب الحساب الميكانيكى أن تتحرك المادة بناء على قوانين رياضية غاطمة . ليس من مجال فيها لصفات غامضة ذاتية الفعالية . وفي الواقع مثلت السماوات - وهى التى ارتبطت على الدوام بمثل هذه القوى السحرية - حين أخضعت تماما لقوانين نيوتن قمة التنصار آرائه . فربط الحاذية بقوانينه للحركة أمكن له أن يعطى تبريرا مقنعا لحركة القمر ومسارات الكواكب والمذبات .

وليس لنا أن تقلل من أثر هذا التصور على تشكيل النظرة للعالم . فمذهب الكون المخلوق من مواد خامدة مرتبطة بألة هائلة منضبطة كالساعات تغلغلت في كافة فروع المعرفة . فهي قد تسودت البيولوجيا مثلا ، فنظرت للوحشات الأولية الحية كمجرد تجميعات معقدة من القدرات تخطع بصورة صماء للجسلب والدفع من جيرانها . وقد أطلق « ريتشارد دواكنز Ritchard Dawkins » الفارس المثلث للبيولوجيا المادية ، على الإنسان (وغيره من المخلوقات الحية) « الآلات الجينية » . وعلى ذلك عوملت الكائنات الحية كآلات ذاتية الحركة . بل اختزنت هذه الأفكار مجال الملموم النفسية . فذهبت المدرسة السلوكية الى معاملة كافة الأنشطة الفردية على

نموذج الديناميكي لنيوتن . يلعب فيه العقل دورا سلبيًا ، وتترتب الاستجابة السلوكية بصورة آلية على القوى والمؤثرات الخارجية .

ليس من شك أن نظرية نيوتن الآلية كان لها فضل كبير على تقدم العلم بتقديم منهج فكري يمكن من خلاله دراسة العديد من الظواهر . ولكن ليس من شك أيضا في أنها ساهمت بقدر كبير في إبعاد البشر عن الكون الذي يقطنونه . وقد كتب « دونالد ماكاي Donald Mackay » وهو خبير في عمل العقل كنظام للاتصالات ، عن « مرض العقلية الميكنة » ، مبيّنا أنه « توجد نزعة متزايدة في عصرنا الحال عند البحث عن تفسير ما أن نتصور كل موقف على أساس المقارنة بالآلة » . ونحن نمتد هذه النزعة إلى مجالات إنسانية ، كالسياسة والاقتصاد ، فإن ذلك يؤدي إلى اللاأخلاقية واللاشخصانية ، يشعر معها الناس بانعدام الحيلة ، لكونهم مجرد تروس في الآلة الهائلة التي تدور غير عابئة بمشاعرهم أو أفعالهم . ولقد عزف أناس عن النظر العلمية لكونها نظرة مادية وفلسفة جرداء ، تهبط بالإنسان إلى الآلية ولا تدع مجالا للإبداع والخلق . ولعل هؤلاء يشرهم ، لقد ماتت المادية .

فيزياء جديدة لنظام اجتماعي جديد :

من الملائم أن نشبه الفيزياء - وهي العلم الذي أبدع المادية - أيضا نهايتها . وخلال هذا القرن تسفت الفيزياء الحديثة في تطورات مذهلة أسس المذهب المادي . فأولا كانت النظرية النسبية ، التي دعمت فكرة نيوتن عن الفراغ والزمن بافتراضات تعصف بالاحساس المطوى بالعالم . ففلس الحيلة التي كانت تدور فيها الساعة الكونية الهائلة تعرضت للتمزج والالتواء . ثم من بعدها أتت النظرية الكمّية ، والتي غيرت من تصوراتنا لمادة تغيرا جذريا ، وهو اقتراض أن الحسابات الأولية ما هي إلا صورة من الأحكام المرئية لكن بمقياس أصغر ، واستبدلت بآلة نيوتن المنبسطة خليعة مبهما خلفا من الموجات والجسيمات ، تلعب فيه القوانين الاحتمالية دورا حاسما ، كبديل لقواعد السببية القاطعة . ولذهب نظرية هي امتداد للنظرية الكمّية ، وهي « النظرية المحلية الكمّية quantum field theory »

ما هو أبعد من ذلك . فترسم صورة تخليق لها المادة المصماء . وتبدل إلى هييج ونذبذب بحريين . للطاقة المحلية field energy . وتبعها لتلك النظرية . لم يتبق إلا القليل من التفرقة بين جوهر المادة والفراغ الحال طاعريا والمحيط بها ، والذي هو ذاته مجال لتهييج جامي الوطيس للنشاط الكمي . وتصل هذه الأفكار ذروتها فيما يسمى بنظرية « الأوتار الفائقة » superstrings . والتي تهدف إلى توحيد الفراغ والزمن والمادة ، وإلى مساء كل منها من جذبات حقلات دون مجهرية من أوتار غير مرئية ، تقع في كون تخيل من عشرة أبعاد .

ونحط فيزياء الكم من المادية لكونها تبين أن المادة لها جوهر أقل شئرا مما كنا نعتقد . ولكن تطورا يلعب إلى أبعد من ذلك يقدم صورة سونن للسلالة ككتلة خائفة . هذا التطور هو « نظرية الهولوية » theory of chaos ، والتي نالت مؤجرا قدرا كبيرا من الاهتمام واليهولية هي في الواقع جزء من ثورة حاصلة في طريقة رؤية العالم الآن للنظم الديناميكية . ولقد انفضح أن ما يسمى بـ « التأثيرات غير الخطية non-linear effects » تجعل المادة تنصرف تصرفات غاية في الغرابة ، كان تكون ذاتية التنظيم ، وخلافة للبياكل والنماذج بصورة تلقائية . واليهولية من هذا التطور هي حالة من ذلك ، تحدث في النظم غير الخطية التي تصبح غير مستقرة وتتغير كيفما اتفق بصورة غير قابلة للتنبؤ تماما . وبذلك تتبخر الساحة الكونية المنضبطة لتفسح المجال لعالم ذي مستقبل مفتوح ، تتحرر المادة فيه من قيود تكتلها وتكتسب عنصرا خلافا .

ولسوف نتجس في الفصول القادمة كل هذه التطورات التي تأخذ بالآليات . ونعرف عن العالم الذي يشكطل عنها وسوق نرى أن المادة قد أنزلت من موضعها المركزي لتحل محلها مفاهيم مثل التنظيم ، التعقيد ، والمعلوماتية . ويقوم ذلك بالفعل بإعادة تشكيل قولوياتنا الاجتماعية . خذ مثلا « ثورة تكنولوجيا المعلومات » ، حيث يتوقع أن يكون المستقبل انشركات القيادة على حيلة قصب السبق في المعلومات والاستراتيجيات التنظيمية . على حساب الثروة المادية التي كانت عماد الثروة الصناعية الأولى . وعلى حد تعبير الكاتب جورج جيلدر :

• ان الأمم والمؤسسات المساعدة اليوم هي المسيطرة ليس على الأراضي والموارد المادية ، ولكن على الأفكار والتكنولوجيات . - - - فالشبكة العالمية للاتصالات يمكنها ان تحمل بضائع أكثر قيمة مما تحمله البواخر العملاقة ، وسوف تأتي الثروة ليس لمستغل العبيد ، ولكن لحائلي الطاقة الخلاقة للانسان ، ليس لغزاة الأراضي ولكن لمحرري العقول . •

ويستطرد جيلدر : « وفي هذا التخلي عن المادية ستتفوق قدرة العقل في كل مكان على القدرة الفاضحة للأشياء ، محولة عالمًا ماديًا مكونًا من اجسام صماء خامدة الى مجال ثري بموضات مشرقة من الطاقة المعلوماتية . »

وليس من دولة تواجه مثل هذا التحدي مثل استراليا . فعمل مدني تاريخيا كان اقتصادها منحصرا في صادرات مثل الفحم واليورانيوم والصوف ، ولأسباب تاريخية واقتصادية لم تحظ بتطور تصنيعي ، حيث انها لم تلحق بالثورة الصناعية التي شكلت مجتمعات كالولايات المتحدة واليابان وأوروبا . وعلى ضوء تفكير مستثير ، اتخذت الحكومة قرارا غير عادي ، ان تمر فوق مرحلة الثورة الصناعية ، وأن تقضم سوق الأفكار والمعلومات والتعليم . وقد أعلن رئيس وزرائها أن على استراليا ألا تفتح بكونها ، الدولة المخطوطة ، بل أن تتحول الى « الدولة الماهرة » .

وتتمثل النتيجة الملموسة حتى الآن لهذا القرار في خطة لإنشاء طراز جديد من المدن ، يعرف باسم « مدينة الأنشطة المتعددة multifunction Police (MFP) » مقرها أدليد Adelaide . وفي هذه سوف تنشأ معاهد للأبحاث ، وتصمم نظم للبيئة على أساس علمية ، وتقدم التسهيلات الصحية والرفيحية المتطورة . وستصمم المدينة على مفهوم الشبكات ، بمعنى أنها ستكون على هيئة قرى مستقلة مترابطة بشبكات اتصالات على أعلى مستوى تكنولوجي من السرعة والكفاءة . كما ستربط المدينة بغيرها من مدن الدولة ، وشبكات فسيحة مع مدن العالم بما ينتهي بكسر العزلة الجغرافية لاستراليا .

ولعل أكثر العناصر حيالا في المشروع هو الاعتراف بأن التعليم والأبحاث العلمية هي مصادر للثروة عالية القيمة، يمكن تسويقها كأية سلعة أخرى . ومن خلال الشبكة العالمية يمكن أن تلقى المحاضرات لبلدان العالم الثالث ، ويمكن أن تجري العمليات الجراحية في جانب ما من العالم وتراقب من الجانب الآخر . ولتنفيذ ذلك سوف تنشأ في المدينة المذكورة « جامعة عالمية » تربط مع الجامعات المحلية والعالمية . وبمعنى آخر تطوير للجامعة المفتوحة التي ارتادت بها بريطانيا هذه الفكرة ولكن على مستوى عالمي باستغلال التطور التكنولوجي في الاتصالات .

وهذه الخطط المستقبلية لاستراليا ستصبح نماذج تعم على مستوى العالم . تضاهل معها قيمة السلع المادية لتتزايد قيم السلع الذهنية من أفكار ومعارف ، وسيركز النظام الاجتماعي الجديد ليس على مفهوم الساعة الكونية النيوتونية ، بل على صورة الشبكات لعالم ما بعد نيوتن . ذلك أننا نعيش في شبكة كونية ، وليس ساعة كونية ، شبكة من القوى والمجالات ، ومن ترابطات كمية . ومن مادة خلاقة غير خطية الخواص .

طبيعة الحقيقة العلمية :

في تخيلنا عن النظرة القديمة للعالم ، فإن تغييرا حاسما في نمط التفكير يغير مفهومنا للحقيقة ، والتي كانت تبني على أساس فهم فطري للسببية . فبينما كانت الصورة النيوتونية للحقيقة على أساس الإدراك الانساني الفطري مفيدة في عهد ما ، فإنه في عالم التجريد الفيزيائي العجيب ليس لدينا من وسيلة سوى المعادلات الرياضية المعقدة لفهم الطبيعة . وفي تخيلنا عن المفهوم النيوتوني الذي علينا تقبل أن الأشياء في نماذجنا النظرية وكيونات العالم الخارجي تحمل علامات أكثر غموضا مما افترضناه حتى الآن . بل انه في الواقع ، ان ما نعتبه أصلا بالحقيقة والواقعية يجب أن يعاد تشكيلهما .

ورغم أننا نمشي فيما يسمى بعصر العلم ، فإن العلم وحده ليس النظام الوحيد للفكر الذي يثير انتباهنا . فالعديد من الديانات والفلسفات

ادعى أنها تقدم نظرات من العالم أكثر ثنى ونسولية . فالفضيلة بالنسبة للعلم يرتكز على ادعاء أنه يتعامل مع الواقع . فهما كانت النظرية العلمية حيلة الصياغة ، وهما كانا حظه وانضمها من الشهرة . فهي لن تكون مقبولة . ما لم تمرها نتائج التجارب .

إن النظرية للعلم كإسناد خالص وموضوعي لاستجلاء الحقيقة من معاشنة العالم الواقعي من نظرة مثالية . فالواقع يبين أن العقيدة العلمية كثيراً ما تكون أكثر خفاً ومشاكسة .

في قلب الطريقة العلمية تكمن صياغة النظريات . وهي أساساً عملية لتحقيق . أو جزء منها . وهم قدر كبير من مفردات العلم بالنماذج أكثر من الحقيقة . فعلى سبيل المثال . يستخدم العلماء غالباً كلمة « اكتشاف » للإشارة إلى تقدم علمي خالص . وعلى ذلك فإنا نسمح أن « ستيفن هوكينج » قد « اكتشف » الثقوب السوداء . هذا القول يشبه حقيقة لتحليل رياضي . فلم يتمكن أحد لأن من رؤية مثل هذه الأجرام . أو حتى استشعار أية انبعاثات حرارية منها .

إن العلاقة بين النماذج العلمية والواقع الذي تدعى أنها تفسر عنه لتثير قضية أعمق . ولتوضح المشكلة . سنبدأ بفلسفة مباشرة للغاية . في القرنين السادس عشر والسابع عشر فليس أعمال كوبرنيكس وكبلر وجاليليو وليوني معتقدات دينية سادت لغزوة من مركز الأرض بالنسبة للكون . وقد قدم جاليليو للمحاكمة أمام الكنيسة لموافقته لكوبرنيكس في دوران الأرض حول الشمس . الأمر الذي يتعارض مع نظرة الانجيل للخلق التي تجعل من الأرض مركزاً للكون .

والحقيقة المثيرة للدهشة أن السلطات الكنسية لم تعترض على مفهوم حركة الأرض حينما استخدم كنموذج لحساب حركة الأجرام السماوية . فالذي أثار انزعاجهم هو الاعتقاد بأنها تتحرك حقيقة . ولكن هذا يشبه سؤالاً محيراً . متى يعتبر النموذج مجرد أداة حسابية . ومتى يعتبر وصفاً للحقيقة ؟

لقد بدأ العلم كامتداد للمنطق الفطري . يعدل منه ويصطه بدرجة أكبر . وعلى ذلك حينما يبدأ العلماء في وضع النظريات فإنهم غالباً ما يأخذون العالم بحقيقته السطحية . ولذا حينما بدأ الفلكيون الانسجون في معالجة موضوع حركة الأجرام السماوية . قاموا بوضع نموذج للكون مثل الأرض فيه مركزاً لكواكب متحركة تحفل الشمس والقمر والنجوم والكواكب . ويزيادة الدقة في الملاحظة كان من اللازم تعديل النموذج لتشمل المزيد من الكواكب . والكواكب المتداخلة . وازداد النموذج تعقيداً . وحين وضع كوبرنيكس الشمس في المركز . تبسط النموذج بصورة حتمية .

واليوم . لا يشك عالم في كون الشمس مركز المجموعة الشمسية . وإن الأرض هي التي تدور وليست العكس . ولكن هل يؤسس هذا حداً على مجرد أن نموذج الشمس المتمركزة أبسط من الأرض المتمركزة ؟ أم أن المثاقفة أعمق من ذلك ؟

إن النظريات العلمية يفترض أن تكون مجرد تصوير للحقيقة . وليست هي الحقيقة ذاتها . ولقد بدأ من الواضح أنه مهما حاولنا من تعديل لنموذج الفوار المتداخلة ليكون أكثر دقة في حساب مواضع الأجرام السماوية . فسبطل هناك خطأ بمعنى أو بآخر . والمشكلة كيف ينسني لنا أن نعرف أن وصفنا اليوم للنظام الشمسي صحيح ؟ مهما كانت درجة تأكدنا من الصورة الحالية . فليس لنا أن نستبعد كلية أن صورة أكثر دقة قد تكشف في المستقبل . ومطلبا أن النماذج العلمية مرتبطة برباط قوى بالتجارب . حيث يكون المنطق البديهي مرشداً يعول عليه . فمن ثم نضمن بنقطة في قدرتنا على التمييز بين النموذج والحقيقة . ولكن هذا ليس حبراً في بعض فروع الفيزياء . مفهوم الطاقة مثلاً مألوف لنا اليوم . ولكنه كان قد أدخل في الأصل ككيفية رياضية بحتة لتيسير وصف بعض عمليات الديناميكا الحرارية . ونحن لا نرى مثل هذه الطاقة . ولكننا نتقبل وجودها لأننا قد تعودنا على استخدام هذا المصطلح .

والوضع أنه سواء في الفيزياء الحديثة ، حيث أحيانا ما تنمى الحدود بين النموذج والحقيقة بدرجة تقوى للباس - ففي نظرية المجال الكلى على سبيل المثال ، غالبا ما يشير العلماء لكيثونات مجردة مثل الجسيمات ، التقديرية ، هذه الأشياء اللحظية الوجود تتخلق من لا شيء ، وغالبا ما تتلاشى في لمح البصر - وعلى الرغم من امكانية رصد اثر وجودها العابر على المادة العادية ، إلا أنها هي ذاتها غير قابلة للرؤية - فالأى مدى يمكننا القطع بوجودها خفيفة ؟ هل الجسيمات التقديرية هي مجرد وسيلة تساعد المنظرين على وصف عمليات يستحيل وصفها بمسلمات الأشياء المثالفة . أم أنها - كالدوائر المتداخلة - جزء أساسى من نموذج سيتكشف خطؤه في المستقبل ، ويستبدل به ما هو أحدث ؟

ما الحقيقة ؟

صفة عامة ، كلما ابتعد العلم عن المطلق البدعى ، صعب التمييز بين النموذج وما يفترض احتياؤه وصفا أميناً للعالم الواقعى - فمن الغرائب المرتبطة بالجسيمات الأولية ما تحمله من كتل - البروتون مثلا كتلته أقل من الإلكترون بمقدار ١٨٣٦ مرة ، لماذا هذه النسبة بالتحديد ؟ لا أحد يعلم - ويضم الحصر الكامل مئات من مثل هذه الأرقام - ورغم أنه يمكن استشفاف شيء من التسلسل المنظم ، إلا أن القيم الدقيقة لتلك الأرقام تظل أمرا عجيبا .

وليس من المستبعد أن يخترع شخص ما آلة موسيقية تعرف على نوتة بنفس هذه الأرقام ، ووقتها سنقول إن تلك الآلة هي نموذج للكتل الجسيمات ، ولكن هل يمكن لأحد أن يقول إن هذه الكتل هي حقا نوتة في نظام موسيقى مجرد ؟ تبدو الفكرة بلهاء ، ولكن حذار ، فقد سبق القول بأن الفيزيائيين مهتمون حاليا بنظرية الأوتار الفائقة ، والنسب تدعى أن ما تخيلناه دائما على أنه جسيمات دون الذرية ما هي إلا استثارة ، أو تذبذب ، لحالات من أوتار صغيرة ! وعلى ذلك ففكرة الآلة ليست مجنونة تماما في نهاية الأمر - وفى المقابل ، ليس لنا أن نرى تلك الأوتار لفعلاتها البالغة - فهل لنا أن نعتبرها موجودة حقيقة ، أم مجرد تكوين نظرى ؟

وإذا كان لنا أن نستعرض التاريخ ، فإن للطبيعة عادة مبيتة في عداسا حول ما هو حقيقى وما هو من صنع خيالنا ، وليست الحركة الظاهرية للنجوم سوى واحدة من قائمة طويلة لحالات تضليل العلماء حين يأخذون الطبيعة بصورتها السطحية .

واليك أمثلة أخرى من البيولوجيا - فالمجسمات البيولوجية لها من الخواص الواضحة ما يجعلنا نتصور أنها مظمة بقوى خاصة - وهذه النظرية تسمى نظرية المذهب الحيوى *vitalism* ، وكان له شيوع فى مطلع هذا القرن - لقد كان هانز درايش *Hans Driesch* مفتونا بالطريقة التى يتطور بها الجنين من بويضة متلقحة إلى مخلوق كامل الأعضاء ، وما شد انتباهه بصورة خاصة مقدرة بعض الأجنة على مقاومة ما قد تعرض له من نساد ، وبدا له أنها تحت رقابة من قوة خفية تقود خطواتها . اسمها *entelechy* (١) .

وقد حذر المذهب الحيوى اليوم بعد ما تم من دراسات متقدمة لبيولوجيا الجزيئية ، كالكشف حطس الـ *D.N.A.* والتعرف على الشفرة الجينية ، حيث اتضح أن الحياة مؤسسة على تفاعلات كيميائية لا تختلف عن تلك التى لجرى بين المواد الخامدة . وقد اوضح ما وقع فيه درايش وأمثاله من تضليل نتيجة عدم فهمهم الكيفية إمكان عدد ضخم من الجزيئات أن تعمل معا بصورة تأخذ شكل التعاون المشترك دون حاجة لحطة مسبقة تفرض عليها .

وتاريخ نظرية التطور مليء بمثل هذه الزلات ، خذ مثلا كيف كانت وجهة نظر لامارك منطقية فى نظريته لنشوء الارغاء ، وبقتضاها نكفح الكائنات ليلووع هدف نصبو اليه ، الأسود تحاول زيادة سرعة عضوها ، لتلحق بفرائسها ، والزراف يحاول اطالة وقته للوصول إلى أوراق شجر أهل ، وهكذا . مثل هذه المحاولات لها تأثير على النسل ، بحيث يكون الجيل التالي من الأسود أسرع بدرجة بسيطة ، ومن الزراف أطول أمعاها بفتر ما . ويكون ابن الحداد ، بناء على هذه النظرية ،

مولودا بفضل ساعد القوى . حيث إن أباء قد استعملها بدرجة أكبر طوال حياته . وهذه النظرية تزداد المخلوقات تكيفا مع بيئتها .

ولهذه النظرية وجاعتها بناء على ما تشاهده . فالمخلوقات تتكيف بالفعل للوصول لأغراضها ، والحفريات تبين أنها تزداد تكيفا مع ظروفها البيئية الخاصة مع تطور الأجيال . ولكن النظرية خاطئة . إذ بينت التجارب أن مثل هذه الصفات لا تورث . بل إن التغيرات بين الأجيال . وكما بين داروين بحق . تتم عشوائيا ، ويقوم الانتخاب الطبيعي باستبقاء الأصلي منها . وبذلك يكون التطور في الطبيعة .

ويعتقد الفيلسوف توماس كون أن العلماء يتسكون بنظمهم الفكرية بشدة . فلا يبدلونه إلا حين تظهر دلائل قاطعة على قساده . ومثل هذا المطلق يشكل أسلوبهم في وضع نظرياتهم . وله تأثير قوي على طريقة استخلاصهم للنتائج . وإذا كان التجريبيون يفخرون بموضوعيتهم . إلا أنه مع الوقت يأخذون في تكيف بيئاتهم عن غير وعي لنوائهم أفكارهم المسبقة . وأحيانا تجرى أكثر من تجربة . ويستشف منها نفس النتيجة الخاطئة . لأنها النتيجة الشائعة مع ما كان متوقعا . وتنبأت المريخ مشال لذلك - لما أن أعلن G. V. Schiaparelli من رسمه لها عام ١٨٧٧ . حتى أكد عدد من الفلكيين وجودها . بل ووضعت لها خرائط تفصيلية . ولكن مركبة الفضاء مارينر ٤ لم تظهر أي وجود لمثل هذه القنوات .

أول مثال نظرية اللاعوب philogiston (٢) في الاختراق . في القرن السابع عشر اقترح جورج أبرنست شتال George Earnst Stahl أنه عندما تحترق مادة أو تصدأ ، فإنها تعطى مادة أعطاهم ذلك الاسم . وكانت الفكرة بادئة الوجاهة . فالواد المحترقة أو الصيدة تبدو أنها تعطى بالفعل شيئا ما . ولكن مرة أخرى يبين خطأ هذا الرأي . إذ بينت الحساب السالية أن تلك المواد تأخذ من الهواء شيئا ما . ألا وهو الأكسجين .

وما حذم إلا أمثلة تبين كيف أن العلماء قد يرون أمورا على سطح طبيعتها . وفي أحيان أخرى يغفلون في رؤية ما هو موجود . فوجود السحب ظل أمرا مشكوكا فيه لقرون . إذ كان ضربا من الحطل أن يظن أن السماء تملأ صخورا . ولكن حالة من هذه أجبرت الجمعية العلمية الفرنسية على تغيير موقفها . ثم تلتها بقية الجمعيات .

ما وراء المطلق البديهي ؟

حين يحدث تحول في منهج التفكير . فغالبا ما يكون ذلك مصحوبا بخلافات حادة . ومثال على ذلك . الأنير . - فقد بين ماكسويل James Clerk Maxwell . أن الضوء ما هو إلا موجات كهرومغناطيسية . وكان من المطلق أن هذه الموجات محتاجة لوسط لتنتشر فيه . فمن البديهيات أن الموجات تنتشر خلال شيء ما . فالموجات الصوتية تنتشر خلال الهواء . وأمواج البحر تنتشر خلال الماء . ولما كان الضوء يصلنا من الشمس وغيرها من النجوم فيما بدا فراغا . كان لابد من تصور مادة غير مرئية أو محسوسة تملأ هذا الفراغ . وتنتقل خلالها موجات الضوء .

ويبلغ من ثقة العلماء بوجود هذه المادة أن أجريت التجارب لقياس سرعة الأرض بالنسبة لها . ولكن هيئات . فقد بينت التجارب بصورة قاطعة أن الأنير ليس له وجود . وأنبأت هذه النتيجة جيدا واسعا . إلى أن كان المخرج من المحنة عام ١٩٠٥ . من خلال تغيير في منهج التفكير . فبالنظر للزمان والمكان كاشياء مرية تتغير بحسب إطار الاستد . فيمكن أينشتاين من بيان أن نظريته النسبية تجعل من الأنير افتراضا لا داعي له . وبدلا منه يعمل الضوء كاضطرابات على شكل موجات في مجال كهرومغناطيسي مستقل الوجود . يتحول من إطار اسناد للأخر بصورة تجعل حركة الأرض خارجة عن الموضوع .

أما بالنسبة لأهل القرن الماضي . فقد كان الأنير حقيقة موجودة . بل إن بعض الناس (ليس منهم الفيزيائيون بالطبع) ما زالوا متسكين بالفكرة . فكثيرا ما نسمع أن موجات الاذاعة تشغل . عبر الأنير . ولكن

على سبيل التجاوز القوي . والسؤال هنا . كيف لنا أن نتأكد من عدم وجود الأثير ؟ فأولا وأخيرا . المجال الكهرومغناطيسي هو أيضا كينونة مجردة غير قابلة للرؤية المباشرة . يمكن للمرء مرة أخرى أن يقول أن نظرية النسبية أبسط من غيرها . ولكن بينما حالة الأرض في دورانها حول الشمس واضحة . فإن حقيقة وجود الأثير . أو المجال الكهرومغناطيسي . أو عدم وجود شيء منهما . يظل أمرا أكثر غموضا .

وقد يبلغ التسكك بالتعلق البديهي درجة المجادلة حتى في أكثر أفكار العلم الحديث رسوخا . فحتى بعد ما يقرب من قرن من الاختبارات الجادة لنظرية النسبية . لا نفتأ بعض المجلات العلمية نشر بحوثا لأفراد (منهم من ليس له وزن علمي يذكر) يدعون وجود لغزات في النظرية النسبية . محاولين إرجاعنا إل عهد الزمان والمكان المطلقين . والأساس المعتاد مثل هذه الهجمات هو أن العالم لا يمكن أن يكون حقيقة على الصورة التي ادعاهما آينشتاين . وأن نظرية تتعامل مع الحقيقة يجب أن تكون مفهومة ببساطة فلا تلجأ إل نماذج مجردة .

على أن المصاعب الخاصة بالعلاقة بين النماذج المجردة والواقع لا يجب أن تقلل من كون العلم يتعامل مع الحقيقة . فمن الواضح أن النظريات العلمية - حتى في أكثر صورها تجريدا - تحتوي على بعض عناصر الواقع . ولكن السؤال هو ما إذا كان من المقصور أن ندعي أن العلم يفكر عن الحقيقة الكاملة . هناك بالطبع علماء يتكبرون أن العلم قد ادعى من قبل مثل هذا الادعاء الشنيع . فالعلم قد يفلح بدرجة كبيرة في وصف الإلكترون مثلا . ولكنه محدود القدرة حين نتحدث عن شيء كالحب . والمثاليات . أو معنى الحياة . مثل هذه العايشات هي جزء من الحقيقة . ولكن يبدو أنها خارج مجال العلم .

ولعل هذا القصور من جانب العلم قد تسبب في الهجمة المضادة للعلم التي تشاهدها حاليا في العالم الغربي . والخطر أن العلم سوف

يتخل عنه لحساب نظم من التفكير حبيسة على الغيبيات لا الواقع . والأسوأ من ذلك أن يتمسك بالعلم . ولكن لتسخيره لأفكار عقيدية . فتسمع عن « العلم الاسلامي » أو « العلم الأنثوي » . فلا يوجد بالطبع سوى علم واحد . وهو يتعامل مع الحقائق وليس مع العقائد . والشئ المهم هو تقدير أن هذه الحقائق قد تكون محدودة . أو قد تفتشل في شفاء نيل البعض لفهم الحقيقة المطلقة .

وقد يتساءل المرء إذا كان العلم سيظل محدود القدرة في هذا المضمار . هل من الممكن أن نتصور العلم قادرا في المستقبل على الإجابة على الأسئلة الفاصلة . والتعامل مع الحقيقة المطلقة ؟ يبدو أن الإجابة هي بالنفي . حيث أن العلم يحتوي بداخله تعبيرا عن تصوره .

في الثلاثينات . كان الفيزيقيون تحت تأثير قوي لحركة تسمى « الرضعية » *positivism* . فتشبه البحث عن جذور الحقيقة فيما يمكن مشاهدته فقط . وقد ذهب مؤسس ميكانيكا الكم . خاصة نيلز بوهر *Neils Bohr* وفيرنر هايزنبرج *Werner Heisenberg* إلى أننا حين نتحدث عن الذرة والإلكترون وغيرها . لا يجب أن نسقط في زلة تصورهما كمجرد أشياء صغيرة تعيش على استقلال حياتها الخاصة . لميكانيكا الكم تمكننا من ربط مشاهدات مختلفة على الذرة مثلا . ويجب اعتبار النظرية على أنها إجراء لربط هذه المشاهدات في نوع من النظام المنطقي المستقر - خوارزم *algorithm* رياضي . واستخدام كلمة « ذرة » ما هو إلا طريقة غير رسمية للحديث عن هذا الخوارزم . أو وسيلة معاونة لتدريج هذا المعنى المجرد في اللغة الفيزيقية . ولكنها لا تعني أنه توجد « كثيوة » مبررة تجريبا دقيقا وذات خصائص محددة تحديدا قاطعا من موضع وسرعة .

وتعبر كلمات هايزنبرج عن هذا المعنى : « في التجارب المتعلقة بالأحداث الذرية علينا أن نتعامل مع أشياء وحقائق . ومع ظواهر والنية شأنها في ذلك شأن أية ظواهر في حياتنا اليومية . ولكن الذرات أو الجسيمات الأولية ذاتها ليست بنفس هذه الواقعية . فهي تكون عالما

وإن كان لا يعبر عن جزء من الحقيقة ، عن اهتمام عقائد عن غير نصير .
وليس معنى ذلك أن الدين ليس له دور . طالما كان متعلقا بالمسائل
الخارجية عن نطاق العلم الوضعي (1) . وبالنسبة لكثير من الناس فهذه
المسائل هي الأكثر أهمية .

ويكفي هذا عن القصور في العلم ، فبعد أن عرضنا بأمانة ما لا يمكن
العلم أن يخبر عنه من الكون ، نبدأ من الآن في الحديث عما يمكن للعلم
أن يؤوله عن العالم الذي نعيش فيه ، والواقعية الجديدة التي تلمح
من الفهم الحديث ليس لسواك الجسيمات الأولية (سواء أكانت حقيقة
أم لا) منفصلة ، بل مجموعات منها تعمل ، أو تتعاون ، في نظم معقدة .
إن التغيير في المنهج الفكري الذي نعيشه حاليا هو تحول من الفكر
التحريضي إلى العمومي ، وهو تحول له عظمته ككل تغيير في المنهج الفكري
في التاريخ .

مواشئ الفصل الأول

(1) كلمة انجيلية تسمى « تعظيم الكمال » راجع قاموس The concise Oxford dictionary (انترجم) .

(2) مادة كيميائية وهدية كان يعتقد - قبل اكتشاف الأكسجين - أنها مقوم أساسي من
مكونات الأجسام الملتها - (المبردة) .

(3) تلميح لجراني لحل مسألة رياضية معقدة - (انترجم) .

(4) يقول الرسول الكريم في هذا القصر - « أتبع العلم ولو يجرى بك »
(انترجم) .

من الاحتمالات والامكانيات وليس من الأشياء والحقائق . كما يعبر
بوضوح عن ذلك بقوله : « ليست الفيزياء متعلقة بداهية الأشياء . ولكن
بما يمكن أن نقوله عنها » . فبالنسبة لهؤلاء الفيزيائيين لم تتجاوز
الحقيقة حقائق التجارب . فالنتائج تظهر على أجهزة مرئية ، أما مصطلح
« ذرة » فلم يعد إلا شجرة ليونج رياضي ، ليس مقصودا منه التعبير عن
جزء مستقل من الواقع .

ولم يكن كل الفيزيائيين مستعدين لتقبل هذا الوضع فأينشتين
على سبيل المثال عارضه بشدة ، مصرا على أن عالم الكم المجهرى يحتوي
على أشياء مثل الذرات لها حقيقتها الكاملة . كالكرسي والمائدة . والفرق
من وجهة نظره هو مجرد قياس الأبعاد - كما يتمسك دافيد بوم
David Bohm بنفس المنطق ، ذاهبا إلى أنه توجد حقائق فعلية في
العالم الكمى المجهرى ، وحتى وإن كانت متشعباتنا قاصرة عن بساطة
بصورة تامة .

هذا الانقسام العميق بين العلماء حول طبيعة الحقيقة يظهر على
التردد في القول بأن العلم يتحدث عن الحقيقة الكاملة . فيكاد يكون الكم
يفيد أنها تضع حدا مناصلا للعلم فيما يمكنه أن يخبر عن العالم ، وتجعل
من الأشياء التي تعودنا على اعتبارها حقيقة مجرد كيانات للسذجة .

وعلى الرغم من الدعم الهائل الذي تلقته لفلسفة هايزنبرج وبوهر ،
فإن الرغبة في التساؤل عما يكونه العالم حقيقة ما تزال حياشة . هل
الذرة موجودة حقا ؟ هل التأثير موجود حقيقة ؟ يبدو أن الإجابة هي
« ربما » و « ربما لا » على الترتيب . ولكن العلم ليس قادرا بالقوة
على الجواب .

وفي مواجهة هذا القصور قد يحلو للبعض أن يتخلى عن العلم ويلجأ
للدِّين ، أو يعتنق لظاهما من النظم الفلسفية التي تشاهدها في أيامنا هذه .
ولكن هذا سيكون خطأ جسيما . فمن المؤكده أنه من الأفضل قبل نظام
أكثر يضع قيودا غير متساهلة بالنسبة للموضوعية وللتشكك ، حتى

الهدام . كما في سقوط جناح طائرة بسبب الاجهاد الذي تعرض له معدنه .

ورغم ان الصدف الفردية بد تبدل بقانون يحكمها . الا ان العمليات العشوائية تظهر خضوعا لنظم احصائية صيقة . ففي الواقع . يعطي مدير لارينو القمار ثقتته في قوانين الصدفة بقدر ما يعطيه المهندس لقوانين الفيزياء . ولكن هذا قد ينير تناقضا . فكيف تخضع عجلة الروليت لقوانين الفيزياء وتخضع في نفس الوقت لقوانين الصدفة ؟

هل الكون حيا آلة ؟

كما رأينا . فقد أصبح العلماء متعودين تحت تأثير قوانين نيوتن ان ينظروا للكون كآلة منضبطة . وتجد هذه الحقيقة ابلغ تعبير عنها في اعمال بيير لابلاس P. Laplace في القرن الثامن عشر . فقد نظر الى كل جسيم في الكون على انه مفيد بقوانين الحركة تقيدا لا فكاك منه . بهذه القوانين تحكم حتى أصغر ذرة في الكون والى أدق التفاصيل . وعلى ذلك فقد رأى انه من معرفة حالة الكون في لحظة معينة . يمكن حساب مستقبله بكل دقة بتطبيق قوانين نيوتن للحركة .

وكما ذكرنا في الفصل الأول . فان النظر للكون كآلة تخضع لقوانين منزوعة عن الخطأ قد اثر على النظرة العلمية تأثرا بالغا . وكان هذا ماقضا تماما للنظرة الاغريقية للكون على انه كائن حي . فالآلة ليست لديها . ارادة حرة . فيستقبلها محدد بصرامة من بداية حياتها لنهايتها . وفي هذه الصورة لا يلعب الزمن دورا أساسيا . فالمستقبل محتو بالمعجل في الحاضر . وكما عبر ايليا بريجوجين Ilya Prigogine ببلاغة . لتعيد حجمنا صورة الإله الى مجرد كائن للسجلات . كل ما عليه ان يقلب صفحات التاريخ المحتوم للكون .

ومن داخل هذه الصورة الآلية الصماء للكون تكمن طينيتها فكرة انه لا توجد حوادث وليست للصدفة في الطبيعة . فقد تبدو حوادث أنها

الفصل الثاني

الهيولية وتحرر المادة

العالم بأكمله مؤسس على أن العالم الفيزيائي محدد تحديدا قاطعا . وأن هذه القطعية معبر عنها بأجلى صورة في القوانين الفيزيائية . ولا أحد يعلم من أين أتت هذه القوانين . ولا لماذا تعمل بصورة تبدو مطلقة ومطرقة . ولكننا نراها تعمل من حولنا في توافق ليل نهار . على غرار حركة الكواكب أو دقائق الساعة .

على أن الانضباط ليس بهذا الاطراد . فتقلبات الطقس . والدمار الناشئ عن الزلازل . والشهب المساقطة من السماء . كلها حوادث تبدو عشوائية لا ضابط لها . وليس من عجب أن يرجع الأكثمون هذه الأفعال الى نزوات الآلهة . ولكن كيف لنا أن نوفق بين هذه الأفعال الالهية . وما يفترض من وجود قوانين يعمل الكون بتقنطها ؟

ولقد نظر فلاسفة الاغريق للعالم على انه ساحة للزوال بين قوى تنظيمية . ينتج عنها الكون المنظم cosmos . وقوى تعمل في اتجاه العشوائية . ينتج عنها الهيولى chaos . وكان ينظر لمثل هذه العشوائية أو الهيولية . على أنها أمر سلبي يمثل الشر . ونحن لا ننظر اليوم للحوادث الخاضعة للصدفة على انه أمر شرير . أو تخبط أعس . فهي لها دورها البناء . كما في عمليات التطور البيولوجية . كما أن لها دورها

عشوائية ، ولكن تبرير ذلك هو في جعل الانسان بتفاصيل العمليات التي تولدت منها .

فلنأخذ مثلا الحركة البراونية - جسم خثيل معلق في سائل (أو ذرة غاز في الجو) - تشاهد تحت المجهر يتحرك في عشوائية ، مع صدامه المتواصل بحزبات السائل (أو الهواء) من كل اتجاه . هذه الحركة هي مثال تقليدي للعمليات العشوائية التي يصعب توقعها . ولكن طبقا لمطابق لابلانز ، لو أتبع لنا ان نتعرف على تفاصيل كل حركة لكل جزيء في السائل ، فان الحركة البراونية ستكون محددة بدقة تماثل حركات الساعة . فالعشوائية البادية في هذه الحركة ليست الا نتيجة لنقص معلوماتنا عن حركات الافلاك من الجزيئات ، وهو نقص ناتج عن أن حواسنا ، وما لدينا من أجهزة ، ليست بالفعالة التي يمكننا من الرؤية على المستوى الجزيئي .

وساد لفترة الاعتقاد بأن الحوادث التي تبدو ظاهريا وليدة الصدفة هي نتيجة لحيلنا ، أو لما نقوم به من تبسيط (أخذ المتوسطات) لعدم هائل من الحوادث الخفية عنا . فقلوب العملة أو رمي النرد أو حركة عجلة الروليت ، نظر إليها على أنها عمليات منضبطة ، فقط لو أتبع لنا أن نرى على مستوى الجزيئات ، ان الانضباط الصارم للآلة الكونية يضمن خضوع كل حادثة مهما بدت عشوائية للقوانين .

وفي القرن العشرين حدث تطوران هرا من التلة في هذه الصورة الآلية ، أولا كانت ميكانيكا الكم ، وفي صميم قلبها يكمن مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج ، والذي ينص على أن أي شيء نريد قياسه يخضع بالفعل لتغيرات عشوائية . ولتسوف يقال المزيد عن ذلك في الفصل السابع . المهم هنا أن هذه التغيرات ليست نتيجة القصور البشري أو مستويات أخفى للآلة الكونية ، انها عشوائية كاعنة في أسلوب عمل الطبيعة على المستوى الذري . فمثلا ، الوقت المحدد لتحلل نواة معينة في مادة مشعة أمر طبيعته غير قابل للتخديد . وهكذا الحق بالطبيعة عنصر أصيل من علم القدرة على التنبؤ .

وعلى الرغم من هذه اللاقطية ، فان ميكانيكا الكم تظل نظرية منضبطة بمفهوم معين . فاذا كانت العملية الكمبة الواحدة غير فاطعة النتائج ، فان الاحتمال النسبي لنتائج مجموع العمليات يجري على نمط منضبط . وبمعنى آخر ، فانه اذا كنا غير قادرين على التنبؤ بنتيجة رمي النرد الكمبي ، في عملية ما ، فاننا نعلم بدقة بالغة كيف تتغير المضاربة من لحظة لأخرى . فيميكانيكا الكم ، كنظرية الاحصائية ، هي نظرية محددة . وعلى هذا الأسس يعمل الحاسب الآلي بنا صمم عليه ، على الرغم من استحالة توقع تصرف كل الكترون في نظامه - فالفيزياء تجعل من الصدفة عنصرا أصيلا من عناصر الحقيقة ، مع الإبقاء على أثر للنظرية البولونية - اللابلاسية .

ثم جاءت الهيولية لتلعب دورها - والافكار الأساسية لمعالجة الهيولية كانت موجودة بالفعل في أعمال الرياضي الفرنسي هنري بوانكاريه Henri Poincaré في القرن الماضي، ولكن نظرية متكاملة لها لم تظهر الا في الآونة الأخيرة ، خاصة في العمليات المرتبطة بالحاسب الآلي .

والخاصية الجوهرية للعمليات الهيولية بتطور « الخطأ المتنبأ به Predictive error » مع الزمن . ولبيان ذلك ، لنأخذ مثال غير عشوائي ، حركة البندول البسيط . تصور بندولين يتأرجحان في تزامن ، ثم افترض أن أحدهما قد تعرض لقوة أخرجته عن هذا التزامن بدرجة بسيطة - هذا الفرق في التزامن سيظل بسيطًا مع مرور الزمن .

ولاجراء عملية التوقع لحركة البندول ، نقيس موضعه وسرعته في لحظة معينة ، ثم نجري حساباتنا طبقا لقوانين نيوتن للحركة . ولو وجد خطأ في قياس الظروف المبدئية ، فان هذا الخطأ سيظهر أثره في الحسابات التالية ، مؤثرا على النتائج المتنبأ بها ، والفرق بين تأرجح البندولين المتأرجح اليها هو بيان لمثل هذا الخطأ وهو يمارس تأثيره .

وفي النظم غير الهيولية nonchaotic systems التمهلية ، تتراكم الأخطاء مع الزمن ، ولكن الأمر الحاسم هو أنها تتزايد بصورة متناسبة تقريبية مع سريان الزمن ، وعلى ذلك فهي تحت السيطرة نسبيا .

فإن الكرة تبدأ في التراجع - وبعد فترة قد تستمر في حركة منتظمة برسم فيها الكرة مسارا شبه اهليلجي ذا دورة تساوي تردد القوة الحركية . ولكن إذا ما تغيرت القوة الحركية تغيرا طفيفا ، فإن هذه الحركة المنتظمة تتحول إلى حركة هيلولية . تدور بها الكرة في اتجاه مرة ، وفي الاتجاه المضاد مرة أخرى . وهكذا بلا ضابط معين .

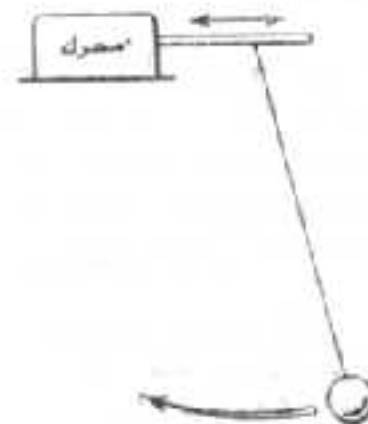
وبعدم الانضباط هنا ليس صورة من العشوائية التي صادفناها في حالة الحركة البراونية . فهو ليس نابعا من آلاف التفاعلات على المستوى الجزيئي . أو ما يسمى الفيزيقيون « درجات الحرية » degrees of freedom . فالنظام المعروض يمكن وصفه رياضيا بثلاث درجات الحرية . بمعنى أنه نظام متعدد تماما . ولكن حركة البندول هي غير المضطربة . وقد كان يربط دائما بين التحديد والقدر على التنبؤ . وبمثل مثال البندول هذا أن هذا الترابط ليس صحيحا على الإطلاق .

فالنظام قطعي التحديد deterministic system هو الذي يحدد مستقبله بناء على قانون مضبوط . بمعرفة ظروفه الابتدائية . السقط كرة ما . وسوف تكون سرعتها عند الزواضع المختلفة وفي الأزمنة المختلفة محددة تماما بموضعها وسرعتها الابتدائية عند لحظة الإسقاط . وعلى ذلك فلدينا علاقة واحدة إلى واحد بين الحالات الأولية والنهاية . وبلغت الحواصص ، يفترض ذلك أن لدينا علاقة واحدة إلى واحد بين المدخلات inputs و المخرجات outputs عند حساب التنبؤ . ولكن لا يجب أن ننسى أن الحوسبة التنبؤية تتضمن دائما شيئا من أخطاء أولية في المدخلات . ذلك لأنه ليس بإمكاننا قياس القيم الفيزيائية بدقة لانهائية .

ويمكن التمييز بين النظم الهولوية وغير الهولوية من خلال المقارنة بين شكلين هندسيين . كما أهر ميني في الشكل (٢) . فالنقاط في الخط الأفقي الأعلى تمثل الأوضاع الابتدائية لنظام غير حيوي (مثلا : وضع كرة على وشك الإسقاط) - والتحديد يعني أن هناك علاقة واحدة إلى واحد

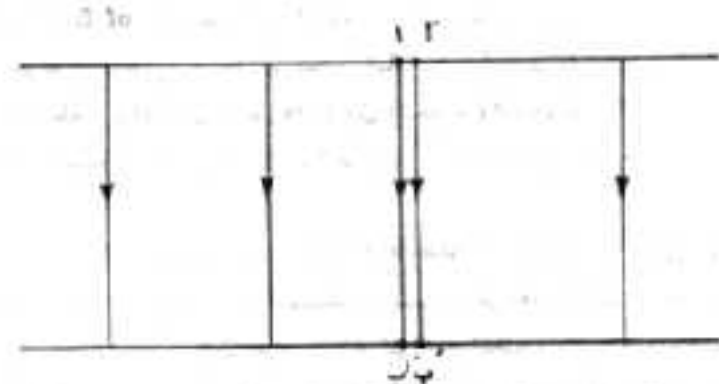
والآن تصور سلوك نظام حيوي . ففي نظام كهذا - يتضاعف أثر الخطأ المبدئي تضاعفا سريعا والواقع . أن العلامة المميزة للنظم الهولوية هي أن الخطأ فيها يتضاعف بصورة أسية exponentially . فبدلا من أن يكون الخطأ في لحظة مساويا تقريبا لقيمته في اللحظة السابقة . قد تكون قيمته في لحظة مساوية لتراكم كافة الأخطاء في اللحظات السابقة منذ بدء العملية . وبعد فترة وجيزة . يصبح الخطأ هو المسيطر تماما على العملية . وتضيق بالتالي أية قدرة تنبؤية . وعلى ذلك فإن خطأ صغيرا في البداية سرعان ما يتضخم إلى درجة تصنف بالنظام .

ويبدو التمييز بين النظامين واضحا في تصور سلوك بندول كروي . وهو البندول الحر الحركة في أي اتجاه . وفي الحياة العملية يمكن أن تأخذ صورة كرة معلقة بخط . كما هو مبين في الشكل (١) . فإذا ما عرضت نقطة التعليق لحركة اهتزازية منتظمة في الاتجاه الأفقي .



الشكل (١) . يمكن لبندول كروي بسيط أن يظهر خواص هيلولية . فحين تتطلب نهاية الخط . ستتراجع الكرة . ويمكن أن تستقر على نقطة معينة . ولكن في غيرها تكون الحركة عشوائية بحد كبير .

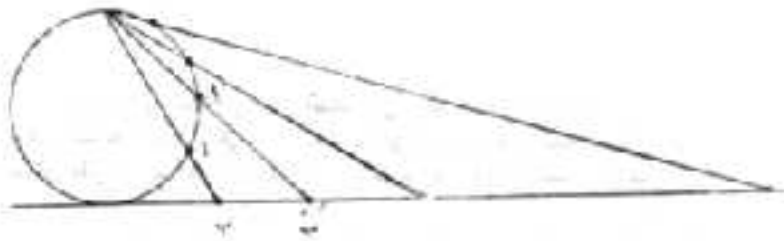
بين نقاط الخط الأعلى والأسفل . مثله بالخطوط الرأسية . فكل حالة نهائية (كل نقطة على الخط السفلي) تصل إليها من حالة ابتدائية واحدة (نقطة وحيدة على الخط العلوي) . فإذا كنا جاهلين بدرجة بسيطة بالحالة الابتدائية ، فإن ذلك سيترجم إلى جهل بسيط في الحالة النهائية ، ويمثل هذا على الشكل بنقطة قريبة جدا من الأخرى على الخط العلوي (الفرق بين نقطتين أ و ب) . تقابلها نقطة قريبة جدا من الأخرى على الخط السفلي (الفرق بين النقطتين ب ، ب') . ومعنى آخر . فإن الأخطا البسيط في الظروف الابتدائية يترتب عليه خطأ بسيط في النتيجة .



الشكل (٢) : يمكن تصوير النتيجة عن طريق هذا المثال الهندسي البسيط . كل نقطة على الخط الأعلى مرتبطة بنقطة واحدة فقط على الخط الأسفل . وينتج عن خطأ بسيط في تحديد النقطة العلوية خطأ بسيط بنفس القدر في تحديد النقطة السفلية . فإذا عبرت النقاط في الخط العلوي عن الحالات الابتدائية ، والسفلي عن الحالات النهائية ، فإن مثل هذا يمثل القدرة على التنبؤ .

أما النظام الهوليوي . فيمثلها الشكل (٣) . هنا تمثل الظروف الابتدائية بنقاط على محيط دائرة ، والنتائج النهائية على الخط الأفقي . هنا أيضا لدينا علاقة واحد إلى واحد بين مجموعتي النقاط ، فمن معرفة نقطة ما يمكن معرفة النقطة المقابلة في المجموعة الأخرى . ولكن خطوط الربط هنا تأخذ شكلا مروحيا ، بحيث أنه كلما اقتربنا من قمة المنحنى . كان التباعد بين النقاط على الخط الأفقي أكبر . وعلى ذلك نأى تغيير

ضئيل في نقاط المجموعة الأولى سترتب عليه تغير حسي في المجموعة الثانية . وعلى ذلك فإن جهلا بسيطا في الظروف الابتدائية يترتب عليه أخطاء كبيرة من التشك في تحديد الظروف النهائية . هذا الوضع يمثل الهولوية . حيث يكون النظام حساسا بدرجة فائقة للظروف الابتدائية .



الشكل (٣) : يمثل هذا الشكل وضعا متناقضا مع ما صور في الشكل (٢) . حيث يترتب على خطأ بسيط في تحديد نقطة على محيط الدائرة خطأ حسي في تحديد النقطة المقابلة على الخط الأفقي . وتزداد هذه الحساسية للنقطة كلما اقتربنا من قمة الدائرة . رغم وضوح العلاقة نظريا ، فإن التنبؤ صعب . وهو ما يمثل للنظم الهوليوية .

هذه الحساسية ليست مجرد نتيجة لتقصير بشري من حيث دقة القياس . أو دقة رسم الخطوط ، فالمفهوم الرياضي للخط هو ضرب من التصوير الحيائي ، يقرب الواقع . لعدم اليقين هو الحق . والخط الهندسي هو الخيال . ولذا أن نرى هذا واضحا من تعريف الخط هندسيا لدى علماء الانعريف .

فهم قد أدركوا أنه بإمكاننا أن نضع أرقامنا على الخط نمثل بمد كل نقطة عن نهايته . كما هو مبين في الشكل (٤) . بالنسبة لجزء الخط من نقطة الصفر والنقطة رقم واحد . وتعطي النقاط بينهما أعدادا كسرية مكونة من رقم صحيح في البسط وآخر مثله في المقام . وقد أطلق الانعريف على هذه الأرقام « rational » ، منطقية ، وهي الكسور المنتهية (من الجذر « ratio » . ضع أي عدد في البسط وآخر في المقام فيمكنك الوصول للنقطة المقابلة له . ومع ذلك ، فالرياضيون يمكنهم الإثبات بسهولة أنه ليست كافة النقاط على جزء متصل من الخط يمكن أن تعطى كسورا منتهية . فبين كل نقطتين مثلثين بهذا الشكل . بإمكانك أن تجد نقاطا

عوسطة ، لا يمكن التعبير عنها بكسر مثله ، بل يعبر عنها بكسر عشري ذي عدد غير منته من الأرقام ، ومثل هذه النقاط يستلزم أن تكون قريبا منها بدرجات متفاوتة من الدقة ، ولكن لا يمكن تحديدها بالطبسط .



الشكل (١) : يمكن أن نمثل النقاط على الخط الرأسي بين الصفر والواحد الصحيح . وهذه النقاط ٢ نهاي على هذا الخط ، ولكن تحديد موضع نقطة معينة فاقطع أمر غير ممكن عمليا ، حيث يتطلب الأمر هذا لا نهائيا من الأعداد الكسرية لتعريف عن الموضع .

ومجموعة الكسور المنتهية وغير المنتهية يطلق عليها معا مجموعة الأعداد الحقيقية ، ومنها بالطبع ما يمكن التعبير عنه بصور موجزة ، مثل ٥/٣ أو ٣/١ ، ولكن الرقم الحقيقي في صورته النقطية لا يمكن التعبير عنه إلا بعدد لا نهائي من الأرقام ككسور عشرية لا تحيل تنابعا ذا نظام معين ، بل هو تابع عشوائي random ، ومعنى ذلك أن التعبير عن عدد واحد من هذه الأعداد يتطلب عددا لا نهائيا من المعلومات ، وهو أمر مستحيل حتى من ناحية المبدأ ، وعلى ذلك فاقوى حاسوب منصور ، لا يمكنه تذكر عدد حقيقي واحد بالدقة اللانهائية ، وعلى ذلك ، فإن التعبير عن الخط الهندسي كمتصل من الأعداد الحقيقية بظل غيالا رياضيا محضاً .

ما أثر ذلك على العمليات الهيولية ؟ ان التحديد المطلق يعني ضمنا أن التنبؤ يجري في ظروف متناهية من الدقة اللانهائية ، ففي حالة البندول ، يتطلب تحديد حركته معرفة الوضع الابتدائي له ، وذلك بفاس بعدد من نقطة مرجعية معينة ، ويتطلب ذلك التعبير عن المسافة المقاسة بعدد حقيقي ، وهو ما يستحيل عمله بدقة لانتهائية كما بينا .

وفي النظم الفيزيائية ليس هذا الفصور بدى أهمية بالغة ، حيث ان الأخطاء تتراكم ببطء ، أما في النظم الهيولية ، فالأمر أخطر من ذلك ، فنحن نعرض أن درجة الدقة كانت حذرا في الرقم العشري الخامس ، ونحن

تقدر حركته في فترة زمنية ، ت . لو زدنا درجة الدقة إلى الرقم العشري العاشر حتى نرفع من درجة اليقين في الفترة المذكورة ، فإن التزايد الأسى قد يعيدنا إلى نفس درجة الخطأ في فترة زمنية ، ت ٢ ، مثلا ، ومعنى ذلك أننا زدنا من الدقة بمقدار ١٠٠ و ١٠٠ مرة لتزيد من اليقين لفترة لا تزيد عن الضعف .

ان هذه الحساسية للظروف الأولية هي التي أدت إلى القولة المشهورة ، بأن رفرفة فراشة لأجنحتها في مليون اليوم تؤثر على الطقس في لندن بعد أسبوع ، فحيث أن الطقس في الكرة الأرضية نظام ميولي ، وأنه لا يوجد نظام من ناحية المبدأ يمكن وصفه بدقة كاملة ، فإن التنبؤ بالطقس على المدى البعيد لا يمكن تحقيقه ، مثله في ذلك مثل أي نظام ميولي آخر ، ولا نقلا يؤكد أنه لا علاقة في ذلك بالفصور البشرية ، فالكون ذاته لا يسلم ما يملكه بدقة مطلقة ، ومن ثم لا يمكن التنبؤ بما سيحدث مستقبلا بتفاصيل كاملة ، فهناك أشياء تجري بالفعل بصورة عشوائية .

ومن الواضح أن الهيولية تعطينا برزخا بين قوانين الفيزياء وقوانين الصدفة ، فمن وجهة نظر معينة يمكن إرجاع الصدفة أو العشوائية للنقص في التفاصيل ، لكن بينما تبدو الحركة البراونية عشوائية بسبب العدد الهول من درجات الحرية التي تضطربنا للتجاوز عنها ، فإن الهيولية التحديدية تبدو عشوائية بسبب كوننا بالضرورة غافلين عن التفاصيل الغاية في الدقة لدرجات من الحرية قليلة العدد ، وعلى هذا يكون ذاته ، وبينما الحركة البراونية معقدة لأن التصادم مع الجزيئات هو في حد ذاته عملية معقدة ، فإن حركة البندول معقدة حتى وإن كان النظام ذاته بسيطا للغاية ، وعلى ذلك فالمسلك المعقد لا يعنى بالضرورة تعقد القوانين الحاكمة أو القوى المؤثرة ، فدراسات الهيولية أوجدت توافقا بين تعقد العالم الفيزيائي حين يظهر تصرفات شاذة وعشوائية ، وبين النظام والبساطة التي تتميز بها قوانين الطبيعة .

ورغم أن الهيولية التحديدية هي مفاجأة لنا ، فإنه يجب ألا ننسى أن الطبيعة ليست في الواقع تحديدية بأي شكل من الأشكال . فعدم اليقين المصاحب للتأثيرات الكمية يتدخل في ديناميكية كافة النظم ، هيولية أو غير هيولية ، على المستوى الذري . وقد يفترض أن عدم اليقين سوف يتراكم مع الهيولية ليضعف من عدم القدرة على التنبؤ الكوني . ولكن الأمر المستغرب هو أن التأثيرات الكمية يبدو أن لها تأثيرا مختلفا من الهيولية . فبعض النظم التي تبدو هيولية عند مستوى النيوتونية الكلاسيكية ، قد وجد أنها أصبحت غير هيولية حينما أعطيت خواص كمية . وعند هذه النقطة ينقسم الخبراء حول إمكانية وجود نظم هيولية كمية ، وعامة علاماتها أن كان لها وجود . ورغم أهمية الموضوع بالنسبة للفيزياء الذرية والجزيئية ، فإنه قليل الأثر على المستوى المرئي ، فاهيك من الكون بأسره .

ما الذي نستخلصه من الصورة النيوتونية - اللابلاسية للكون كساعة متضبطة ؟ إن العالم الفيزيقي يحتوي على العديد من النظم الهيولية وغير الهيولية . فالفلس بطبيعته ، كما قدمنا ، لا يمكن التنبؤ به إلى أقل التفاصيل ، ولكن نتائج الفصول مضطربة كالساعة بالفعل . فذلك النظم التي تتصف بالهيولية غير خاضعة للتنبؤ بصورة كبيرة ، وإن نظاما واحدا منها ليستهلك قدرة الكون كله في حساب مسلكه - والباقي إذن أن الكون غير قادر على حساب المستقبل لجزء ضئيل منه ، فما بالك به بأكمله ؟

وما من شك في أن هناك استخلاصا رائعا - إن هذا يعني أنه حتى لو تقبلنا وصف الكون على أنه محدد تحديدا قاطعا ، فإن مستقبله من وجهة نظر معينة يكون ، منفصلا . ولقد اعتمد البعض على هذه الانفصالية لإثبات الحرية الشخصية للإنسان . ويدعى البعض الآخر بأنها تسبغ على الطبيعة عنصرا من الإبداع ، من القدرة على توليد ما هو مستحدث بمعنى الكلمة ، شيء لم يكن متضمنا في الحالات السابقة للكون . ومهما كانت قيمة هذا الادعاء ، فإنه من الأحرط أن نستخلص من دراسة الهيولية أن

مستقبل الكون ليس محددًا تحديدا قاطعا . وباستخدام عبارة بريجوجين ، إن الفصل الأخير للكون العظيم لم يحن موعد كتابته بعد .

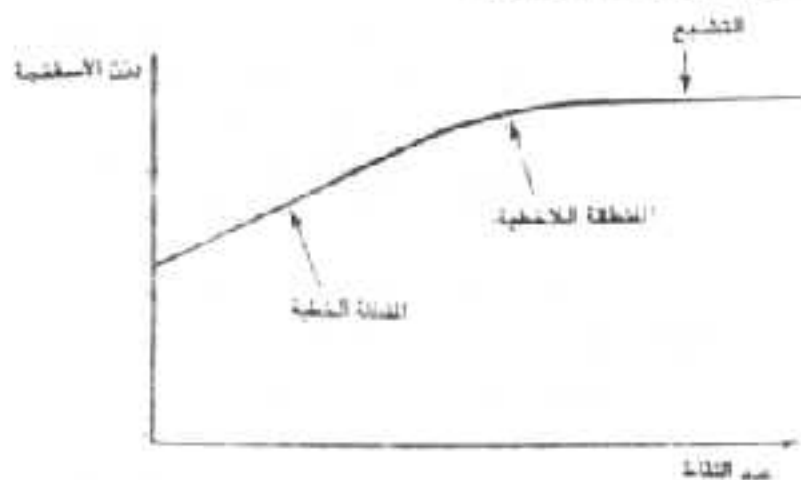
استيعاب التعقيد

إن النجاح المذهل لبساطة المبادئ والفوائد الرياضية في تفسيرها لأجزاء كبيرة من الطبيعة هو شيء غير ملموس في المعاشية اليومية . كما لم يكن واضحا لأجدادنا أن العالم يسير على مثل هذه الخطوط البسيطة . ففي النظرة العابرة تبدو الطبيعة معقدة وغير مفهومة بالمرّة . فالتقليل من الظواهر الطبيعية هي التي تتم صراحة عن دقة بالغة تشبه إلى النظام المستمر . وحتى يبدو أطراذ أو تناغم ، فإنه يكون عادة على صورة من التفریب . ويؤكد الواقع أنه لقرون عدة فشل قدماء الفيزيقي ومفكرو القرون الوسطى في التعرف إلا على النزول اليسير (كتتابع الليل والنهار مثلا) من النظام الرياضي في الطبيعة .

ويمكن توضيح الموقف بضرب مثال السقوط الحر للأجسام . فقد لاحظ جاليليو أن كل الأجسام تسارع بنفس المعدل تحت تأثير جاذبية الأرض . ولم يكن أحد قد أدرك ذلك من قبل ، لأنه في الحياة اليومية لا يبدو ذلك صحيحا . فكلنا يعرف بدهشة أن المطرقة تهبط أسرع من ريشة طير . وقد بلغت عبقرية جاليليو في ملاحظة أن الفرق هو أمر عارض ، (في حالتنا هذه بسبب مقاومة الهواء) ، ودخل في العامل الأساسي (الجاذبية الأرضية) . وبذلك استطاع أن يستخلص من التعقيد البادئ في الحياة اليومية بساطة قانون مثالي للجاذبية .

ونأخذ أمثال جاليليو ونيوتن في القرن السابع عشر عادة كمؤشر لبداية العلم الحديث . ففجاء العلم يرجع بصورة أساسية إلى قوة التحليل الذي أجراه جاليليو ، المقدر على عزل النظام الفيزيقي عن الكون المحيط ، والتركيز على الظاهرة محل البحث . وفي مثال السقوط الحر قد يتطلب العزل مثلا إجراء التجربة في الفراغ . ولم يكن لأحد أن ينجح له مساعدة مثل هذه التجربة إلا أن يدعى حين غلقت صفحة الفضاء.

المناسبات سوف يقابله مقدار متساو تقريبا من الماء المتسرب من الإسفنجية .
ويمثل الشكل (٥) هذه العلاقة .



الشكل (٥) : وبالنسبة لإسفنجية جافة ، يزداد وزنها طرديا مع الماء المتساقط عليها .
ويشير الخط المنحني المميز عن العلاقة بين الوزن وعدد قطرات الماء في خط مستقيم صاعد .
وعندما تبدأ الإسفنجية في التشبع بالماء ، تقل قابليتها لامتصاصه ، فلا يزداد الوزن كثيرا
مع عدد نقاط الماء . وعند التشبع التام يثبت وزن الإسفنجية مهما تساقط الماء عليها .
ويوضح الخط المنحني عن العلاقة وضعها المثالي .

والنظم الخطية المعقدة ، كموجات الراديو حين تختلج بالموجات
الصوتية (٦) - يمكن فصل مكوناتها (في هذه الحالة الموجات المختلفة)
بحيث تعاد من أصلها دون أي تشويه ، فالتشكيل المعقد للموجة ما هو
إلا مجموعة من الموجات البسيطة المختلطة - وإن مدلول عملية التحليل
ذاتها يعتمد على الخاصية الخطية ، ففهم الأجزاء المنفصلة يؤدي إلى فهم
الجموع - هذه القدرة على تحليل النظم الخطية دون إفسادها ينعكس
على الرياضيات التي تصف النظام - فالتحليل الرياضي الخطي يمكن تنبؤ
بسهولة، لأن التعبير الرياضي المعقد يمكن أن يحلل إلى مجموعة من التعابير
البسيطة -

« أبوللو » المطرقة والريشة بالفعل وأسفلتها على سطح القمر والنخل
من الهواء .

ولكن نحتاج مثل هذا التحليل هو أمر في حد ذاته صعب ، فالعالم
أولا وأخيرا هو كل متكامل ، فكيف يمكن فهم جزء منه دون فهم البقية ؟
نعم ، كيف يمكن لنا فهم الكثير ، دون فهم الكل ؟

أو أن الكون كان من قبيل « الكل أو لا شيء » ، فلا كان هناك علم
ولا فهم - فليس بإمكاننا أن نستوعب كافة قوانين الطبيعة في نصية
واحدة - ومع ذلك ، وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع بين العلماء هذه الأيام
أن كل القوانين سوف تتكامل في كل واحد ، فإنا قادرون على التقدم
خطوة تلو الأخرى - واضعين أملاء الصورة قطعة بعد قطعة - دون أن
نحتاج إلى العلم مسبقا ، بشكلها النهائي - ولقد حدث ذلك خلال القرون
الثلاثة والنصف الماضية من الكفاح العلمي ، وهو يحدث على المستوى
الشخصي الآن - مع كل من يعد ليكون عالما ، فيقضي خمس عشرة سنة
من الدراسة ، فلنكون عالما - ليس عليك أن تتبرع كل العلم الحديث
دفعة واحدة .

وأحد أسباب نجاح أسلوب الخطوة خطوة هو أن العديد من النظم
الفيزيائية هي نظم خطية ، والنظم الخطية ببساطة هي النظم التي فيها
الكل يساوي مجموع الأجزاء (لا أكثر ولا أقل) - والتأثير الكلي هو
حاصل مجموع التأثيرات الجزئية .

والسير بين النظم الخطية وغير الخطية يمكن تمثيله بمثال إسفنجية
جافة تمتص الماء ، فمع كل قطرة تستصا يزداد وزنها ، هذه الزيادة
تكون في البداية طردية العلاقة ، إذا زاد عدد القطرات للضعف كانت
الزيادة المقابلة للوزن هي الضعف - وهذه هي العلاقة الخطية - ولكن
مع زيادة رطوبة الإسفنجية تبدأ في التشبع بالماء ، وتقل قدرتها على
الامتصاص ، وتكون زيادة الوزن مع القطرات غير خطية - أي تقل في
معدلها مع نفس الزيادة في كمية الماء المتساقط عليها - وفي النهاية يثبت
الوزن عند التشبع الكامل ، ويصبح غير معتمد على قطرات الماء ، لأن الماء

موجات ذات ارادة حرة (٢)

في عام ١٨٣٤ كان مهندس يدعى جون سكوت راسل John Scott Russell ، مستطيا جواده بالقرب من أدفورد حينما سر يقارب بحره حصانان في نهر ضحل . وتوقف الغارب فجأة ، محدثا اضطرابا سديدا في الماء . وكما كانت دحشة راسل حين وجد كمية من الماء ترتفع ثم - كما كتب عن الظاهرة التي ادركها : - تدمرج بسرعة بالماء على سطح الماء . على شكل كومة تامة الاستدارة ، متطلعة دون تغيير في شكلها لو سرعتها . واطلق راسل متتبعا هذه الظاهرة المائية العجيبة لمسافة ميلين ، الى ان فقدتها في تعرجات النهر .

كلنا نعرف الموجات في الماء ، ولكن ما شاهد راسل كان شيئا غير عادي تماما . فاذا ما أسقطنا حجرا في بحيرة فان الموجات تنتشر على سطحها حتى تتلاشى تدريجيا . وعلى خلاف هذه الموجات التي هي نتاج من قمع وقبعان ، شاهد راسل ، كومة ، من الماء ، ذات قمة وحيطة ، تنطلق على سطح الماء محتفظة بكيانها . مثل هذه الموجة ، الوحيدة ، هي بلا جدال حادثة فريدة . وقد عاد راسل للموضع لدراسة الظاهرة . وكتب عنها تقريرا الى الجمعية الملكية بأدبرة .

ولكن تفسيرنا لهذا الموجات الوحيدة لم يظهر الا عام ١٨٩٥ على يد عالمين دانماركيين هما كورتيج D. J. Korteweg ، وهندريك دي فريز Hendrik de Vries . ونجد نظريتهم تطبيقات في أفرع عديدة من العلم ، من الجسيمات الأولية الى البيولوجيا .

ولعلم النظرية ، من الضروري ان تعرف شيئا عن الموجات العادية . فالاضطرابات المعتادة التي تحدث مثلا من القاء حجر في بحيرة ساكنة هي سلسلة من التموجات مكونة في الواقع من عدة موجات متواكبة ، ومختلفة في السمة (أقصى ارتفاع تصل اليه قمة الموجة) وطول الموجة (المسافة بين قمتين متتاليتين) . ومن هذا الخليط من الموجات يكون الشكل النهائي للاضطراب .

ولقد أدى نجاح التحليل الخطي في الفرون السابقة الى اخفاء حقيقة ان النظم الواقعية تميل الى اللاخطية عند مستوى معين . وحين تكون اللاخطية مهمة ، لن ينجح التحليل . لان الكل سيكون أكبر من مجموع الأجزاء . والنظم الخطية يمكن ان تضم العديد من التعريفات المتعددة . وأن نقوم بها هو غير متوقع ، كأن نحول مثلا الى الهولوية ، فدون اللاخطية لن يكون هناك هولوية ، حيث لن يكون هناك أي حيود عن نماذج السلوك المفترضة . وهو ما يعتمد عليه عدم اليقين في الطبيعة .

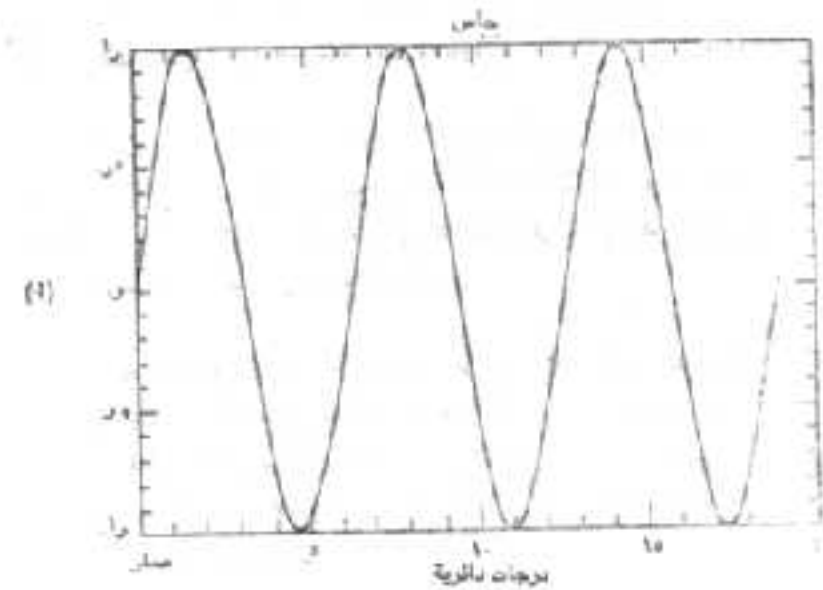
وبصورة عامة ، يجب فهم النظام اللاخطي الى نهايته ، وهو ما يعنى علينا الأخذ في الاعتبار العديد من المحددات والشروط المحيطية والأوضاع الابتدائية . كل ذلك يؤخذ في الاعتبار في النظم الخطية أيضا . ولكن بدرجة عريضة . أما في النظم غير الخطية فهي أساسية بصورة جذرية لفهم ما يجري .

ولقد رأينا مثالا لذلك في القسم السابق . فالعامل المحدد لتكون حركة البندول هولوية أم لا متعلق بتردد القوة الخارجية وعلاقته بطول البندول . فالنظام ككل يجب أن يؤخذ في الحسبان قبل التنبؤ ببدء الهولوية . وهناك العديد من الأمثلة على ما يسمى « الطبيعة الكلية holistic character » للنظم غير خطية . ومن ذلك ظاهرة التنظيم الذاتي ، مثل المخلوقات الكيميائية التي تتخذ اشكالا أو تنض بالوان في شكل تعاوني . وما يريد أن يؤكد عليه هو أن فهم الغزياء المحلية (كالقوى بين الجزيئات) قد يكون ضروريا لفهم ما يحدث . ولكنه بالتأكيد غير كاف لتفسير الظاهرة تماما .

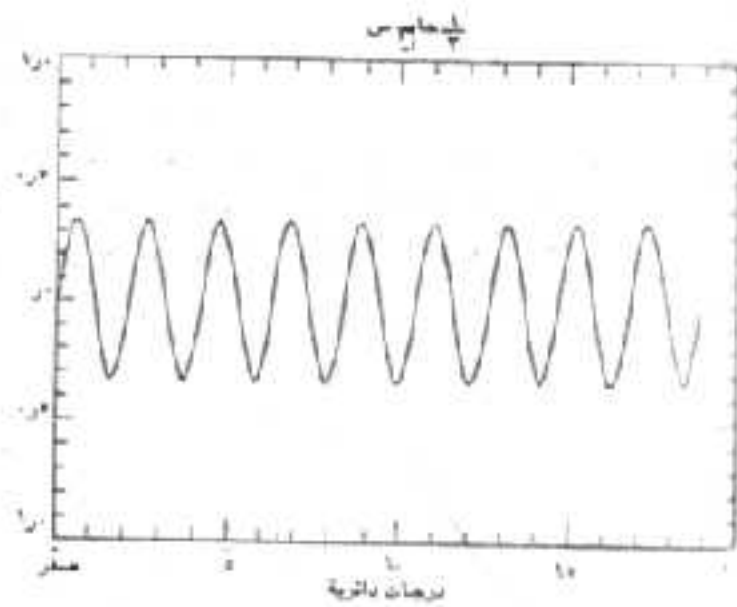
وتشفي اللاخطية على النظم مكثات لكي تفعل أشياء غير متوقعة . وأحيانا كما لو كانت بها حياة . فهي قد تتصرف في تعاون ، أو تتكيف ذاتيا مع البيئة ، أو ببساطة تعيد تنظيم نفسها في كيانات متازرة ذات هويات محددة . لقد أصبح البون شاسعا بيننا وبين المادة التي وصفها نيوتن بالخمول . وكصور لذلك نأخذ مثلا هو من أهم الأمثلة على تحرر المادة ، ألا وهو الموجات غير الخطية .

وسم انتشار الموجات ، ولكون الموجات ذات الأطوال الأكبر تنتشر أسرع من قصيرة الأطوال ، فإن الاضطراب الكلي سرعان ما يذوى ، وهو ما يطلق عليه ، التشتت *dispersion* .

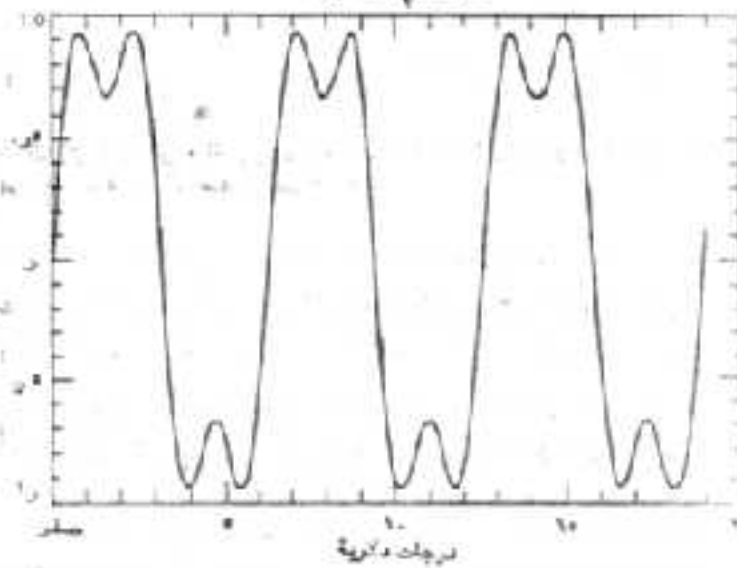
وحتى يمكن لموجة منفردة أن تكون ، لا بد من عامل يؤدّي تشتت ، هذا العامل الجديد هو مثال للاضطراب - فالموجات المعتادة هي مثال للموجات الخطية - طبقا للطريقة التي تتراكب بها ، والتي تجمع ساعاتها جديدا عاريا ، (الشكل ٤ ، ٥ ، ٦) ، ولتحقيق ذلك يجب أن تكون سرعة الانتشار ، وهي التي تعتمد بطبيعتها على طول الموجة ، غير معتمدة على السعة ، ولقد بين بحث العالمين أن الموجات تكون خطية في حالة كون سعة الموجات قليلة بالنسبة لمساق الماء ، فإذا كان الماء مضطربا ، فإن السرعة ستعتمد على كل من الطول والسعة في نفس الوقت .



(١)



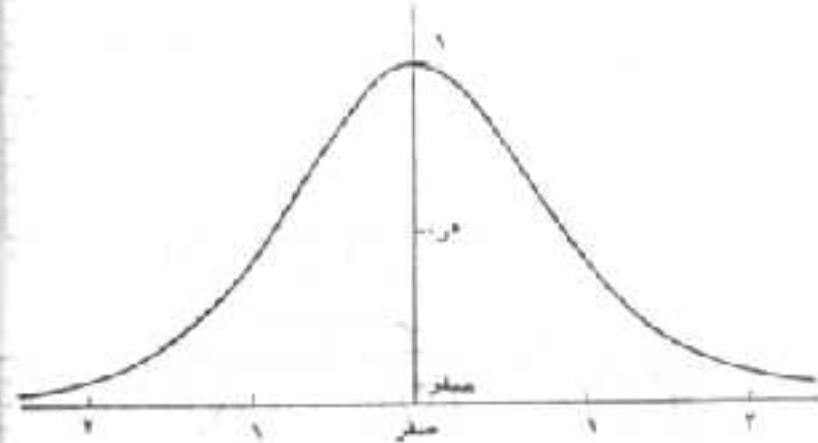
حاصل تراكب ٢



درجات دائرية

الشكل (٦) : الموجات الخطية يمكن أن تتراكب بطريقة السعات معا عند كل نقطة ، فموجة (١) تتراكب مع الموجة (٢) لتنتج الموجة (٣) ، أما الموجات غير الخطية لتراكبها يتم بصورة أكثر تعقيدا .

ويمكن في حالات الموجات الضخمة اللاخطية أن تتحقق حالة فريدة، تتراكب فيها الموجات ذوات السمات والأطوال المختلفة بالصورة اللازمة بالضبط لجعل تأثير غير خطية يعادى بالضبط تأثير التشتت . وتنتج الموجة المنفردة التي شاعدها واسيل بالفعل (الشكل ٧) . في هذه الحالة ستكون كافة الموجات المكونة للموجة الكلية منتشرة بنفس السرعة ، أما الموجات التي لا تفي بهذا الشرط فإنها سرعان ما تتشتت .



الشكل (٧) : منحني « السوليتون » . حل معادلة كورتيج ودي فريز . وهي الموجة وحيدة القمة التي شاعدها واسيل .

ووضع كورتيج ودي فريز معادلة لوصف مثل هذه الموجات الفريدة . ويثبت المعادلة أن سرعة انتشارها تزداد بزيادة الارتفاع قممها . ولم يكن لأبجاذعها هذا من قيمة سوى تفسير الظاهرة التي شاعدها واسيل . ولم يترك الموضوع بعد ذلك لسبعين عاماً . ليس فقط لعدم أهمية الموضوع من الناحية العملية ، بل أيضاً لصعوبة التعامل مع رياضيات اللاخطية .

ألا أن التقدم في الحاسبات غير من المواقف . حيث أمكن بمعاونتها إجراء الدراسات على الظواهر اللاخطية ، فقسم في الستينات نموذج حاسوبى لتبليط الموجات المنفردة واستكمال دراستها . وفي عام ١٩٦٥ قام مارتين كرسكال Martin Kruskal بدراسة تأثير تصادم موجتين متفرقتين

مختلفتي القمم . وكان من المتوقع بالبنية أن تصغر كل موجة الأخرى . حيث أن تكون أي منهما يعتمد على توازن خرج كما أسلفنا . ولكن النتيجة كانت مفاجئة ، فقد خرجت كل موجة من التصادم سليمة لم تتأثر ، وواصلت اختلاطها بنفس سرعتها . وبدا الأمر كما لو كانت كل موجة ذات كيان مستقل . يمكنها به أن تتحدى الصعاب . وأطلق كرسكال على مثل هذه الموجات اسم « سوليتون » soliton . وهي تسمية متأثرة بأسماء الجسيمات الأولية ، كالإلكترون والنيوترون . والتي أيضاً تمثل موجات ذات كيانات مستقلة .

وكان هذا الانجاز بمثابة شرارة انطلاق في دراسات ظاهرة الموجات المنفردة . فسرعان ما اكتشف أنها تمثل نظاماً فيزيقياً أوسع من مجرد موجات في مياه ضحلة ، السمة الجوهرية له هي اللاخطية . فكيف كان النظام قريباً من اللاخطية ، زاد احتمال بقاء موجات من الطاقة على هذا الشكل ، أو على الأقل شيء قريب القسبه به . وليس للوسط الذي تتكون فيه الموجات المنفردة علاقة بتكوينها ، فقد تتكون في الماء أو البلازما أو المجال الكهرومغناطيسي . وقد درست الظاهرة في نظم متعددة منها : البلورات . والبلازما (٣) . والألياف الضوئية ، والالكترونيات .

ومن التطبيقات غير المتوقعة مجال البيولوجيا الجزيئية . فقد كان الجدل حاراً حول كيفية انتقال الطاقة المركزة عبر السلسلات البيولوجية الطويلة مثل البروتينات أو حمض الـ D.N.A . حيث تلاحظ حدوث تأثيرات في مناطق بعيدة تماماً عن مصادر الطاقة . ويروى البعض أن ذلك لا يمكن أن يحدث من خلال التفاعلات الكيميائية . ولكن الطاقة تنتقل عن طريق موجات منفردة داخل الهيكل الجزيئي .

والمجال الآخر للتطبيق هو الدراسات المتقدمة في مجال التوصيل الفائق superconductivity . خاصة عند درجات حرارة أكبر من الصفر المطلق (- ٢٧٣ °) . فبجانب من هذه الدرجة تكون بعض المعادن في حالة التوصيل الكهربى الفائق . بسبب الطرائق التي يمكن فيها للإلكترونات

أن تتزوج وأن تتحرك في تنظيم معين في غيبة الضوضاء ، الحرارية . ولكنه لوحظ أن بعض الخزفيات ، وهي غير موصلة للكهرباء أصلاً ، تتحول إلى مواد مائعة التوصيل عند درجات أعلى من هذه الدرجة ، الدرجة أن البعض يتوقع إمكانية حدوث ذلك عند درجات الحرارة المعتادة . وليس خافياً الأثر الخطير لذلك على تطور التكنولوجيا ، ولكن كيف يمكن تفسير هذه الظاهرة ؟

ورغم أن الضوضاء لا يزال محيطاً بهذه الظاهرة للتوصيل الفائق ، إلا أن النظريات تتوقع أن تلعب ظاهرة الموجات المنفردة دوراً أساسياً في هذا المجال . فقد شوهدت مثل هذه الموجات بالفعل في بعض الأجهزة الإلكترونية ، مثل ما يسمى «وصلة جوزيفسون Josephson junction» (١) ، حيث تفصل مادة عازلة رقيقة بين جافتين من مادة مائعة التوصيل . وفي هذا التشكيل يتلاحظ تدفق الطاقة الكهربائية في حزم مستقلة ، على صورة موجات منفردة من طاقة المجال المغناطيسي يطلق عليها «فلكسون» *fluxons* . تتحرك تحت ما يسمى «تأثير النفق tunnel effect» وهي ظاهرة مرتبطة بالفيزياء الكمية . ويأمل الباحثون أن تكون هذه الموجات هي التي تخزن المعلومات في الحاسبات الفائقة السرعة في المستقبل .

كما يتوقعون أن تفسر الموجات المنفردة ظاهرة التوصيل الفائق للمواد الخزفية في درجات الحرارة العالية . بالإضافة للفلكسون ، هناك ما يطلق عليه «بولارون polaron» ، وهي موجة منفردة من الشحنة الكهربائية . فحينما يتحرك إلكترون داخل بلورة ، فإنه يشوه قليلاً من تركيبها البلوري . بسبب تقابل مجاله الكهربائي مع الشحنات الكهربائية لذرات البلورة ، وفي حالات التشوهات البسيطة ، فإن النظام يكون خطياً . بمعنى أن القوى الناشئة عن التفاعل المذكور تكون متناسبة . ولكن هذه التشوهات قد تكون كبيرة في بعض المواد ، الأمر الذي يجعل حركة الإلكترونات ليست في تناسب بسيط مع ما حولها من قوى . وتظهر اللاخطية خطية الأثر ، فاتحة المجال لتكون الموجات المنفردة

المذكورة ، وهي التي يتوقع أن تكون تفسيراً لظاهرة التوصيل الفائق في المواد الخزفية .

الآلة والاتواء

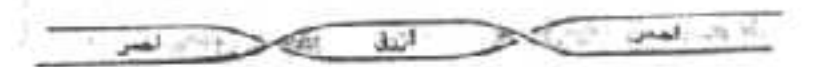
تتميز الموجات المنفردة بمقدورها على البقاء ، إلا أنها تختلف في هذا المقاس . فما تولده منها في الماء مثلاً يمكن تدعيمه بوسيلة أو بأخرى ، كإحداث اضطراب في الماء . على أنه يوجد نوع من الموجات المنفردة وجد لسبق ، فهو لا يقبل التدعيم على الإطلاق .

ولهم التمييز بين النوعين . تخيل شريطاً طويلاً من مادة مرنة ، مثبوتاً في أحد جوانبه باللون الأحمر ، والآخر باللون الأزرق . يمكن توليد طاقة من مثل هذا الشريط ، بما له من مرونة ، وذلك عن طريق مطه لأعلى (الشكل ٨ - أ) ، وننتقل تلك الطاقة في شكل موجات عبر الشريط . فإذا ما كانت المرونة غير خطية ، أمكن توليد موجات منفردة تتركز فيها تلك الطاقة . هذه الموجات تكون قابلة للبقاء ، حيث أن الشريط حاله العودة لشكله الأصلي .

إلا أن توليد طاقة المرونة قد يكون بل الشريط ، كما هو مبين (بالشكل ٨ - ب) . في هذه الحالة لن يمكن تدعيم الموجة الحاملة للطاقة المركزة . طالما أن الالتواء موجود ، على أن هناك احتسالا أن تقابل هذه الموجة موجة مضادة تكونت من التواء في الاتجاه المضاد (الشكل ٨ - ج) ، وهنا تلقى الموجتان . ويمكن تشبيه الوضع بتلاقي جسم مع مضاده . حيث يفنيان ويطلقان ما بهما من طاقة .

ودراسة الالتواء هو فرع من العلوم يسمى «الطوبولوجيا topology» وهو علم دراسة الأسطح عامة ، وما يمكن أن يجري عليها من التواءات أو عقد ، أو وصل بعضها ببعض ، إن لم يكن في الواقع فعن طريق التمثيل . ومن مبادئ هذا العلم أن التشكيل المسطح لا يتأثر بمجرد الطد أو التل . إذ يظل المسطح . من وجهة نظره ، هو نفسه لم يتغير .

والطريقة الوحيدة لتعبير السطح هي بقصه واسفحه بسطح آخر ، وفي حالة شريط لامتناهي الطول (وهو في الواقع شريط تكون الموجات المنفردة في الأشرطة) ، قلن يمكن فك عقده أو التواءانه ، وبالتالي فان موجة منفردة متولدة فيه ستظل باقية للأبد .



الشكل (٨) : مناطق الطاقة المتمركزة للموجات « سوليتون » يمكن أن تنتج بطريقتين : من شريط مر ، وانجذب لأعلى ، أو ياتلى ، وهي في الحالتين تنتشر في الشريط ، ولكنه في الحالة الأولى (١) قابلة للتزوال ، بينما في الحالة الثانية (٢) لا تختفي طاقة التي فاقم ، ما تم تصادفها منطقة في مشادة (الحالة ٢) .

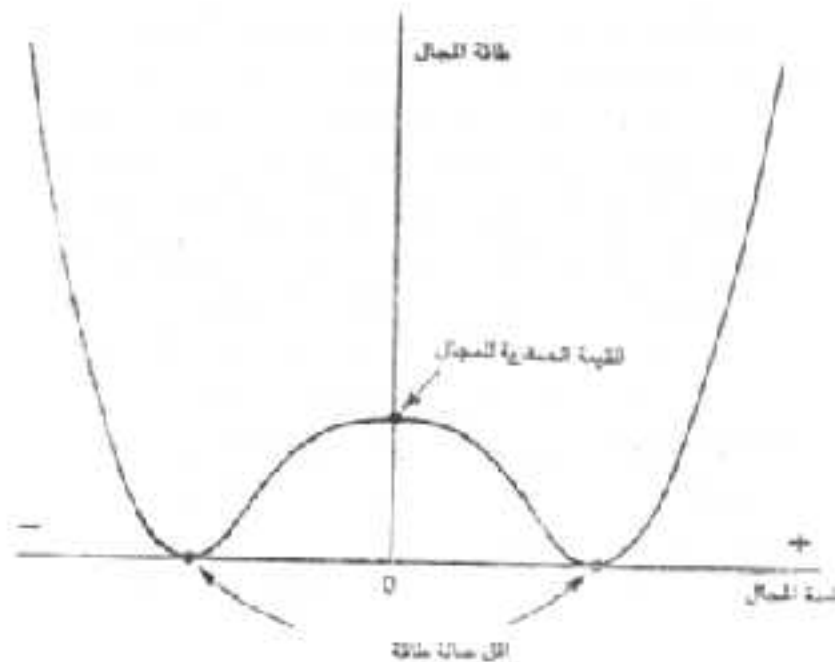
مثل هذه الموجات تظهر في العديد من الأنشكال ، فالموجات المنفردة المذكورة في البلورات تظل باقية لا تفنى ، وكذا المتكونة في حالة التوصيل الفائق ، وشيء من هذا القبيل يفسر ظاهرة الأوتار الفائقة ، وهي ما سنتناوله في الفصل السادس .

ولعل أكثر محاسنات الموجات المنفردة الطوبولوجية هو مجال الجسيمات دون الذرية . هنا تظهر مثل هذه الموجات كاستثارة في المجال ، وليس في وسط مادي ، فحينما يكون مجال في أدنى مستوى من طاقته ، يكون منتظما . وننوله الاستثارة حينما يدخل بهذا الانعظام لاسب أو آخر . وفي حالة المجالات غير الخطية ، فإن حالة الطاقة الأدنى قد لا تكون هي حالة المجال الصغرى ، أو بمعنى آخر ، فإن أقل قيمة لطاقته تحدث في حالة من حالات وجوده ، وليس حينما يكون صفرا . وسبب ذلك هو تأثير

المجال على نفسه ، بما يقلل من طاقته في بعض حالاته . في هذه الحالة يظل المجال منتظما ، ولكن لن تكون له قيمة صغرى .

وعندك حالة أخرى محتملة ، وهي وجود أكثر من قيمة للمجال الصغرى كما في حالة الشريط الذي له وجهان ، ويقابل الوجهان هنا أن يكون للمجال قيمة موجبة وأخرى سالبة .

وبين الشكل (٩) توزيع الطاقة لمجال غير خطي سطحي ، فعند النقطة الصغرى للمجال ، توجد طاقة تشبه لفة مل بين واديين . كل واحد يقابل إحدى القيم الدنيا لحالات الطاقة للمجال ، أحدها عند قيمة موجبة له والأخرى عند قيمة سالبة . فإذا كان المجال له قيمة موجبة



الشكل (٩) : متعني العلاقة بين الطاقة وشددة المجال لمجال غير خطي سطحي يفسر بلفا في حالات الجسيمات دون الذرية . علاقة المجال الصغرى لا تكون الطاقة فيها صفرا (لفة المل) . كما توجد حالتان في حالة المجال الصغرى ، واحدة موجبة والأخرى سالبة ، وتنتجان وجهي الشريط في الشكل (٨) .

في موضع من الفراغ - وأخرى سالبة في موضع مقابل - فإن قيمته يجب أن تساوى صفراً فيما بينهما ، وهنا لابد من وسيلة تركز فيها طاقته الصغرية ، ويكون ذلك عن طريق موجة منفردة - وهي تظل حية بين الواديين - ومن ثم لا تفنى (إلا إذا صادفتها موجة منفردة مضادة طبعاً) -

والمتائل مع الشروط ليس كاملاً ، حيث أن الموجات تنتقل عبرها في اتجاه واحد فقط - أما المجالات فهي منتشرة في الأبعاد الثلاثة للفراغ - ودواسة تكون الموجات المنفردة في هذه الأحوال غاية في التعقيد ، ولكن المبدأ هو نفسه - تتركز الطاقة في مثل هذه الموجات - وتنتشر حيصة التشكيلات الطبولوجية دون أن تفنى -

ويعتقد الكثيرون من المنظرين أن الموجات المنفردة يمكن أن تكشف عن نفسها على صورة جسيمات دون ذرية - ذات خواص مميزة وغريبة - وفي الواقع ، فإن الجسيمات المألوفة لنا كالبروتون والنيوترون وغيرها يمكن أن تعتبر ، من وجهة نظر معينة ، كموجات منفردة لمجالات معينة - أما الموجات الحديثة فهي التي لها خواص مميزة - ومن قبيل ذلك ما اكتشفه (رياضياً) جيرارد هولت Gerard 't Hooft والكسندر بوليسكوف Alexander Polykov عام ١٩٧٠ - كانا يدرسان نوعاً جديداً من المجالات دون الذرية ، يظن أنه مشتق عن القوة النووية القوية (٥) - فاكشفوا أن لهذا المجال أكثر من حالة للطاقة الدنيا - يمكن بينها أن « يلتوى » المجال - وفي أحد هذه التشكيلات كانت الموجة المنفردة الحادثة أثناءه يد - شحنة - مغناطيسية منفردة - وكافة المغناطيسات المعروفة لها قطبان - موجب وسالب - ولم تكتشف الأبحاث بعد عن وجود مثل ذلك القلب المغناطيسي المنفرد -

وقد امتدت أبحاث الموجات المنفردة مؤخرًا لتكون في الأبعاد الأربعة - بإدخال الزمن كمعصر في وجودها - بحيث تكون ذات وجود عابر - مثل هذه الموجات المنفردة « اللحظية » Instantons كما أطلق عليها - يمكن أن تلعب دوراً خطيراً في العالم دون الذري ، وذلك لكونها تسمح بتحويلات

بين تشكيلات الحالات بصور لم يكن يظن أنه مسوح بها من قبل - وفي عبارة عامة - يمكن لحال أن يتغير من تشكيلة إلى أخرى بالي -

إن دراسة المواضيع المتعلقة بالخواص الطبولوجية - نجد مجالات في العديد من أفرع العلم - من البيولوجيا إلى الفلك - ويعتقد حالياً أنه في المرحلة المبكرة من عمر الكون ، مرحلة الانفجار العظيم - كانت المجالات غير الخطية مسيطرة على العمليات الفيزيائية - وقد تكون قد خلقت تشكيلات طبولوجية لا تزال باقية لليوم - من ذلك الكينونات حطية الشكل التي أصبحت تعرف باسم الأوتار الفائقة - التي ستعرض لها في الفصل السادس -

ولقد تطورت أبحاث اللاخطية في السنوات الأخيرة تطورا كبيرا - بفضل الحاسبات ذاتة السرعة - هذه الأبحاث المتزايدة لتنظم غير الخطية تحول التركيز عن المادة الصماء الحاملة - إلى نظم ذات عناصر من العفوية والادهاش - إن الغاموس الميكانيكي القديم للعلم يتلائم ليشرح محالا للغة أقرب للغة البيولوجيا منها للفيزياء - التكيف - التأزر - التنظيم - الخ - وفي كثير من الحالات تظهر نفس الظاهرة في نظم غير مادية بالمرء - كشكات الحاسبات والنماذج الاقتصادية - وعلى ذلك فمع استنفاد التشبيه بالماكينة ، ذوت العلاقة بمادية ليونين ، ومع التوسع في الدراسات اللاخطية يتزايد معدل قناء النمط النيوتوني للتفكير - كأساس لفهم الحقيقة -

ومع ذلك ، وعلى الرغم من هذه النكبة بعد - النيوتونية من التطور - فإن الكثير من الأبحاث اللاخطية تحتفظ بفكرة نيوتن عن الفراغ والزمن - ومع التركيز على دراسة النظم بدلا من الآلات - فإن النظم ينظر إليها كمحتلة للفراغ وزمن مطلقين - ولكننا نعرف عند قرن تقريبا أن هذين العنصرين لمادية نيوتن يجب أن يتخلص منهما - مما يستتبع نتائج لا تقل بها ، عما قدمناه -

مواضيع الفصل الثاني

(١) التعبير الفيزيائي لخط الموجات ، تعديل modulation ، - وتترجم في بعض الكتابات ، التشويه ، ولعلها ، إعادة التعديل demodulation ، - المترجم .

(٢) فتابعة هذا القسم تعرض المسائل التالية :

موجة wave - مذبذبة ripple تموجات undulations ، اضطرابات disturbance ، تردد (عدد الموجات في الثانية ، وبعدها هيرتز ، أو مضاعفات ، مثلا عيماهيرتز) frequency - طول الموجة (المسافة بين قمتين أو قاعين للموجة) wave length - سعة الموجة (أقصى ارتفاع للموجة) amplitude - متراكبة superimposed - (المترجم) .

(٣) الذرات في حالتها المثالية ، أو متزوج منها الإلكترونات - وفي ما يسمى أحيانا بالصورة الرابعة للمادة - (المترجم) .

(٤) نسبة إلى إريوان دافيد جوزيفسون ، حاز على جائزة نوبل عام ١٩٧٢ - (المترجم) .

(٥) القوة المستثناة عن تراكب الفوتونات داخل المادة ، أما القوة الضوئية المعينة فهي المستثناة عن ظاهرة الاشعاع الضوئي - (المترجم) .

الفصل الثالث

الحاضر العجيب

علما أينشتاين أن المكان والزمان ليسا كما تحس بأحاسيسنا الفطرية . بداية ، يجب أن ينظر اليهما كواجبين لكل أكبر ، ألا وهو الزمكان spacetime . ومن وجهة النظر الأكثر شمولية للنظرية النسبية ، تنفصم كالطول والكتلة والفترة الزمنية يجب أن تأخذ منظورا أرحب مما هي عليه في الحقيقة الجامعة لحياتنا اليومية . حتى فكرة ، التوافق simultaneity ، ومفهوم « الآن » ، يأخذان خاصية مرابطة تجري على عكس ما ألفناه بفطرتنا . أن ما تأخذه النظرية النسبية بيد ، تعينه باليد الأخرى على صورة مفاهيم وثوابت أساسية أكثر حداثة .

حلبة الفضاء The arena of space

يعتبر أغلب الناس الفضاء قضية مسلما بها . أنه جزء من خبراتنا اليومية لا يكاد يحتاج للتساؤل عنه ، فكيف يمكن للفضاء أن يكون خلاف ما تعودناه عليه ؟ أن الشك لا يبدأ في السائل لنا إلا حين تواجه بسؤال من قبيل : هل هو منتهى ما لا نهاية ؟ هل وجد قبل وجود الكون ؟ عند هذه النقطة ينور سؤال آخر : من أين تولدت فيها تلك النظرة البديهية للفضاء ، يادي ، ذي بدء ؟

يعود المؤرخون بمفهوم الفضاء كبنية إلى الإغريق ، حين ربط ربطا وثيقا بتطور الهندسة ، والتي حظيت بأكثر صور الصياغة انضباطا ، وازدهرت على يد إقليدس .

وحتى يضع علماء الهندسة نظرياتهم ، أدخلوا مفاهيم مثالية كالخطوط المتوازية ، عرفت على أنها تمتد إلى ما لا نهاية دون أن تتلانى . وكان وجود مثل هذه الخطوط مفلوياً لكن يمكن المنظرين من اتصالات نظرياتهم ، وهي تتطلب ، ضمناً ، وجود « لا نهاية » يمكن للخطوط ، من الناحية النظرية ، أن تمتد إليها . وهذه الأفكار ليس منها ضرر ، طالما أنها ظلت في حيز التجريد . ولكن المشاكل تنور حين يبدأ التعرف على الفضاء بالمفهوم الفيزيقي . أى في العالم الواقعي . من خلال المفهوم الهندسي . وأول محاولة من هذا القبيل كانت على يد صاحب فكرة الذرة ، قبل زمن من وقت أينشتاين . والذي - كما ذكرنا في الفصل الأول - ذهب إلى أن الكون مكون من شيتين لا ثالث لهما : الجسيمات غير القابلة للجزئة (الذرات) - والفراغ Void اللانهائي . ونظر إلى الفراغ على أنه الساحة التي فيها تتحرك الذرات ، وتلعب فيها الدراما الخاصة بها . هذه الصورة قريبة جداً لنظرة الناس الفطرية للفضاء اليوم .

ودخلت فكرة الفراغ اللانهائي في تعارض مباشر مع علم الفلك الانعزقي ، والذي ذهب إلى أن الكون محدود وكروي . فيه الكرة الأرضية مركز للكواكب تدور حولها . وكان السؤال حول ماذا يوجد خارج الكرة الخارجية محيراً للغاية . وحاول أرسطو ، في القرن الرابع قبل الميلاد ، تعاضد هذا السؤال بادخال تعريف غريب للفضاء ، مؤكداً أن الكرة الخارجية ليست محتواة في أى شيء . فهي تحتوي . ولكنها غير محتواة ، باختصار . لا يوجد لها خارج .

وكان مؤيدو فكرة الفراغ يواجهون دائماً بالأحجية التالية : لنفرض أننا رحلنا إلى أبعد نقطة في الكون ، ثم حددنا ذراعاًنا . (أو قدقنا برمح ، طبقاً للتعبير المفضل لدى الشاعر ليونكريس) . ماذا ستلاقى ؟ المزيد من الفراغ ؟ حائط صلب ؟ وماذا سيحدث للذراع (أو الرمح) . هل ستدوى ؟ أم تتلانى فجأة ؟

وظل التعارض مشتتاً لقرون ، إلى عصر النهضة ويزوغ العلم الحديث . وتحت تأثير كوبرنيكس وجاليليو ونيوتن ، هجرت الفكرة القديمة عن الكواكب المحدودة ، وأصبح مفهوم الفضاء اللامحدود المحتوى على النجوم والكواكب مقبولاً . ولكن ظهرت عقبة جديدة ، فليترن تبنى

تصور الفضاء . بما هو أكثر من المفهوم الهندسي . حيث أنه كان مهتماً أساساً بالصيغ الرياضية لقوانين الحركة . ويتطلب هذا فراغاً ذا خواص ميكانيكية أيضاً .

لكان المطلق وقوانين الحركة

من أقدم المسائل في العلم والفلسفة التمييز بين الحركة المطلقة والنسبية . فمن التجارب المألوفة أنك تشعر بتحريك قطارك . بينما في الواقع الذي تحرك هو قطار مجاور ، تحرك بسيط في اتجاه مضاد . أما لو كانت الحركة فعالية ، فإن هذا الخطأ لن يحدث . بسبب تأثير ذلك على الجسم . فالتغير في السرعة إذن ، أو ما نسميه « المعجلة » أو التسارع acceleration . شيء خلاف السرعة المنتظمة .

وتضمن قوانين نيوتن الشهيرة ما نسميه اليوم مبدأ النسبية (١) ، والذي اكتشف بواسطة جاليليو من قبل . ومن الأفضل توضيح البعد عن طريق مثال : تخيل أنك على متن طائرة تطير في حركة ثابتة من حيث الاتجاه والسرعة والارتفاع . لن يحدث في هذه الحالة أى إحساس بالحركة بأي شكل من الأشكال . وستتم كافة الأنشطة ، ككل كوب من الشاي . أو التجول داخل المر . بصورة طبيعية تماماً . وبما لتفسير جاليليو ونيوتن ، فذلك بسبب أن الحركة المنتظمة في خط مستقيم هي حركة نسبية تماماً . بمعنى أنها لا اعتبار لها إلا حين تنسب لشيء ما . وعلى ذلك ، فقولك إن جسماً ما له سرعة كذا لا معنى له . إذ يجب أن تحدد بالنسبة لأى شيء . قياس السرعة . فحينما نقول إن سيارتنا عطلقة بسرعة ثلاثين ميلاً في الساعة . فإن ما نقصده أن هذه السرعة عسوبة للطريق . وبفسر التمييز هاما إذا - لا قدر الله - اصططعت السيارة بأخرى تسير بنفس السرعة . وفي اتجاه مضاد . هنا تكون السرعة النسبية بين السيارتين ستثن ميلاً في الساعة . وليس ثلاثين . فمفهوم السرعة التي يتسبب عنها الدمار الحاصل . وعلى ذلك فقليلاً أن نتخل من فكرة السرعة خلال الفضاء . حيث لا توجد علامات مميزة تنسب إليها سرعة الأرض مثلاً . فقياس سرعة الأرض يقتضي أن نحدد بالنسبة لأى شيء . تكون السرعة . هل بالنسبة للقمر . أم المريخ . أم مركز المجرة ؟ كما أنه ليس لنا أن تصور وجود جسم في حالة مسكون مطلق في الفضاء .

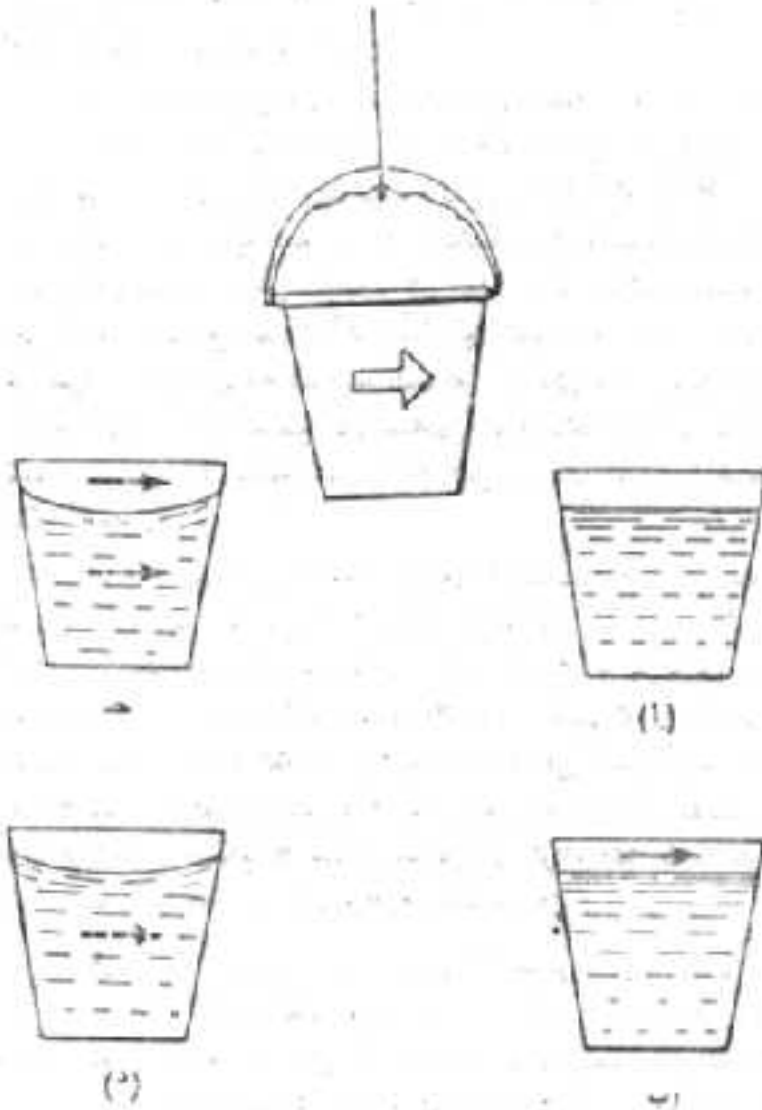
فالقصور الخيالية التي تبين أن المدور قد توقف في الفضاء ، نشي إلى علم ما قبل عصر النهضة .

حركة منتظمة في خط مستقيم اذن لا يميز بين الحركة الحقيقية والظاهرية . ويختلف الأمر حينما نأتي إلى الحركة غير المنتظمة . فلذا ما غيرت الطائفة من سرعتها أو اتجاهها . فإن أترا لذلك سيحدث على شكل الدفاع للأمام أو الخلف . بينما سيصعب القيام بشاغل ما .

وقد فطر نيوتن هذه الظاهرة بأنها بسبب القصور *inertia* . وعلى الرغم من أن الأجسام لا تقاوم الحركة المنتظمة ، فإنها تقاوم التغير فيها . سواء كان تسارعا في نفس الاتجاه ، أو تغيرا في الاتجاه . أو كليهما . فالأجسام تحاول الاستمرار في الحركة السابقة . في مواجهة التغير . ومن الأمثلة الهامة في هذا الخصوص ، والتي أولها نيوتن عناية خاصة ، الحركة الدائرية . والتي تتولد فيها ما يعرف بالقوة الطاردة المركزية *centrifugal force* . هذه القوة يعرفها من ركب أرجوحة دوارة . أو سيارة انحرفت عن اتجاهها بسرعة .

هذا الخلاف بين الحركة المنتظمة والتغيرية خلاف عميق . فبينما أن الحركة المنتظمة نسبية ، فإن الحركة المتغيرة تبدو مطلقة . فالمرء يمكنه تسيرها بدون اللجوء لمراجع خارجي . فراكب الأرجوحة الدوارة يعلم أنه متحرك دون الاضطرار للنظر إلى الأرض . وأنه هو المتحرك وليس شيئا آخر بالقرب منه . وقد توصل نيوتن إلى أن هذه الحركة التي لا تحتاج لمراجع خارجي يجب أن تنسب للفضاء ذاته . ووضع اصطلاح « الفضاء المطلق » *absolute space* . ناطرا إليه من منظور معين كمادة تحتوي كل الأشياء . ويدخله يمكن للأشياء أن تتسارع . وبناء على هذه النظرية ، فإن رد فعل الفضاء هو الذي يسبب القصور الذاتي . والقوة الطاردة المركزية . بالضغط كما تسحب يدك في الماء .

وتنطوي هذه الفكرة ، تحليل نيوتن هذه التجربة : نخل دلووا محتلياً بالماء . معلقا من جبل طويل . وحب أن الجبل قد قتل بشفة . تم أطلق . فأنخذ الدلو في الدوران (الشكل ١٠) . يظل الماء في البداية غير متأثر . ثم يبدأ في الدوران أيضا إلى أن يدور الدلو بالماء بنفس السرعة . وحينما يدور الماء ، فإن سطحه مسووف يتقوس لأسفل . بسبب القوة



الشكل (١٠) : تجربة الدلو لنيوتن . يظل الدلو لم يتركه الدوران المطلق بالماء . (الشكل ١) يبدو أنه سطح الماء مسويا . حين يبدأ الدلو في الدوران (السهم المثلث) . يظل السطح مسويا (الحالة ب) . عند سرعة معينة للماء (السهم المنقطع) يتقوس سطح الماء لأسفل (الحالة ج) . إذا ما توقف الدلو . يظل تقوس الماء بمرجة (الحالة د) . ويوضح ذلك أن تقوس سطح الماء ليس مرتبطا بحركة الماء .

الطاردة المركزية ، وإذا ما أمسكت بالدلو لابقاؤه ، فإن الماء سيقطل يدور لفترة ، متخذاً نفس الشكل القوس .

يمكنك أن تحكم على دوران الماء بالنظر الى سطحه ، دون رجوع لاي شيء في الكون ، فالماء ساكن حين يكون سطحه مستويا ، ومتحرك حين يكون مقوسا ، وعلى وجه الخصوص ، فالتقوس لا علاقة له بحركة الدلو الحامل للماء ، ففي بداية التجربة ، كان الدلو متحركا بالنسبة للماء ولكن السطح كان مستويا ، وفي نهايتها ، كان الدلو ساكنا ، والسطح مقوسا ، وفي وسطها ، لم تكن هناك حركة نسبية بين الدلو والماء ، ولكن السطح ظل مقوسا ، في حين أنه قبل بدء التجربة ، لم تكن هناك ايضا حركة نسبية بينهما ، ولكن السطح كان مستويا ، وعلى ذلك يبدو ان التقوس يعتمد على الحركة المطلقة للماء ، تلك التي نسبها نيوتن ثا أسماء الفضاء المطلق .

ولك ان تدفع بالتجربة قدما ، بتخيل أنك نقلت الدلو والماء للقطب الشمالي ، وعندئذ فإنه حتى لو كان الدلو متوقفا عن الدوران ، والماء به ساكن ، ستجد بالقياسات الدقيقة أن التقوس لا يزال موجودا ، في هذه الحالة بسبب أن دوران الأرض يجعل الماء معه ، نفس الدوران الذي ، ولنفس السبب (القوة الطاردة المركزية) يتسبب في انبعاج الأرض عند خط الاستواء ، فالدوران ليس شيئا ينسب حتى للأرض ، أو للشمس ، أو مركز المجرة ، فسطح الماء سيكون مستويا في الواقع فقط حيثما يكون الماء ساكنا (غير دوار) بالنسبة لأبعد نقطة في الكون .

والآن ، طبقا لنيوتن ، يكون سطح الماء مستويا حيثما يكون الماء غير دوار بالنسبة للفضاء المطلق ، وعلى ذلك ، فإن إطار الإسناد الذي يحدد الفضاء المطلق يبدو أنه نفس إطار الاسناد الذي توجد فيه المجرات البعيدة ، وتنبه بذلك قولنا ان كافة المجرات ليست دوائر ، وان الكون بأسره غير دوار ، على الرغم من أن كافة ما فيه ، الكواكب والنجوم والمجرات المنفردة ، تدور ، وان هذا المنطق يبدو ملائما لمطلقنا البديهي ، ربما لأن حتملقنا البديهي مرسى على ثلاثة قرون من الفيزياء الديوتولية ، ولكن هناك رؤية بديلة ،

وقد ادعى معاصر لنيوتن ، جونفريد لايبنتز Gottfried Leibniz انه : « ليس هناك فراغ دون مادة » ، وبعد عدة سنوات عارض الفيلسوف الاسكتلندي جورج باركلي George Barkley أيضا فكرة الفضاء المطلق ، معتبرا اياها بغير معنى ، قائلا : « يكفي تغيير الفضاء المطلق الى فضاء نسبي محدد بالسما ، وما فيها من نجوم » .

لما بالنسبة للحركة غير المنتظمة ، فقد كتب يقول : « اعتقد أن بإمكاننا أن نجد كافة صور الحركة المطلقة التي بإمكاننا تصورهما ، في أعماقها ليست الا الحركة النسبية » ، لقد اعتبر باركلي أن كل أشكال الحركة ، بما فيها التسارع والدوران ، يجب أن ينظر إليها على أنها نسبية بالنسبة للنجوم الثابتة ، وليس للفضاء .

ولتدعيم منطق ، يسأل باركلي القارئ ، أن يتصور شكلا كرويا ، في فضاء فارغ إلا أنه ، في مثل هذا الخواء بغير الملامح ، لا يمكن تصور حركة ما لذلك الجسم ، وحتى التسارع والدوران ليس لهما معنى ، والآن ، تصور كونا ليس فيه سوى جسمين مرتبطين بحبل ، من الممكن الآن تصور حركة نسبية على طول الخط بين الكرتين ، ولكن الحركة الدائرية للجسمين حول مركز مشترك ليست متصورة ، في المقابل ، لو افترضنا أن سماء ممتلئة بالنجوم قد خلقت ، حينئذ يمكن تصور الحركة الدورانية بالنسبة لتلك الخلفية .

ويتعارض هذا صراحة مع رأى نيوتن حول ما يحدث في فرض باركلي ، فحتى الجسم الكروي المنفرد يمكن أن نحس بدورانه من انبعاجه عند وسطه ، والجسمان المترابطان بحبل يمكن الاحساس بدورانهما من الشد في الحبل ، والتأثيران يعودان للقوة الطاردة المركزية ، وقد بين نيوتن صراحة أن التساير الذي يميز الحركة المطلقة عن النسبية هو تلك القوة .

ورغم النجاح الساحق لميكانيكا نيوتن ورؤية العالم من خلالها ، فإن الموضوع الشائك للفضاء المطلق والدوران المطلق لم يخف ، في

النصف الثاني من القرن التاسع عشر ، تناول الموضوع الفيلسوف إيرنست
 ماح Earnest Mach المعروف بأبحاثه في الصوت ، وتكريرا لذكراء
 أطلق اسمه على سرعة الصوت . وقد رفض ماح تقبل فكرة قضاء مطلق غير
 منظور . قائلا . كما ذهب بازكلى ، ان الحركة المنتظمة غير المنتظمة
 كليهما نسبيتان . فالدوران مثلا ، نسبي بالنسبة للنجوم الثابتة . ولكن
 هذا يترك موضوع القوة الطاردة مفتوحا . فاذا لم تكن رد فعل من الفضاء
 المطلق ، فمن أين أنت ؟ ولقد افترض ماح حلا وجيها . فمن وجهة نظر
 الشيء الدوار ، يحس بالقوة الطاردة من منظر النجوم تدور . فهي إذن
 مصدر تلك القوة . وعلى ذلك ، فالقوة الطاردة ، أو بعبارة أعم ، القصور
 الذاتى ، ليس رد فعل للفضاء مطلق غامض . ولكن بسبب الأشياء المادية
 المتناثرة في الكون المصيح . طبقا لهذه الفكرة ، والتي عرفت بعبارة ماح ،
 فان تقلص معدتك وأنت في مركبة بالصلاصي سيمه جذب من نجوم
 (مجرات) على أبعاد شحيحة .

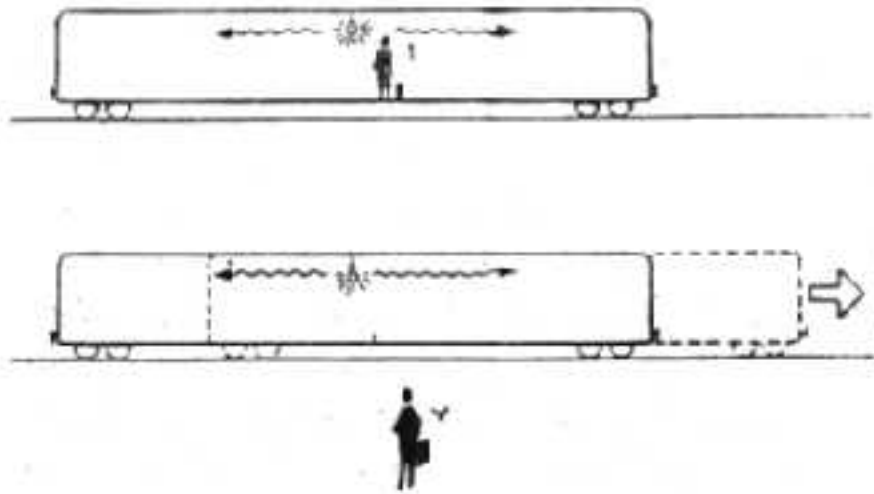
وعلى الرغم من أن ماح لم يستطع أن يقدم صياغة دقيقة لكيفية
 حدثت ما ذهب اليه ، فان فكرة كون القصور الذاتى تفاعلا بين الجسم
 والأجسام البعيدة في الكون قد أثرت بعمق على الكثير من المفكرين .
 أينشتين يعترف بأنه تأثر بكتابه ، الميكانيكا ، عند وضعه لنظريته عن
 الجاذبية ، المعروفة باسم النسبية العامة . ولكنه في هذا الوقت
 كان قد غير مفاهيم كثيرة عن طبيعة الفضاء والزمن ، في نظريته
 النسبية الخاصة التي نشرها عام ١٩٠٥ .

بسرعة أينشتين

قوانين نيوتن حين تطبق على الحركة المنتظمة التي تكون فيها سرعة
 الأجسام واتجاهها ثابتا هي نفسها بالنسبة لكل مشاهد متحرك بسرعة
 منتظمة . فبعض القوانين تشكر على أى مشاهد أو جسم مادي ميزة تحديد
 ثبات مطلق قياسى . وفى هذا المضمار ، يكون السؤال عن سرعة الأرض
 خلال الفضاء لا معنى له ، بالضبط كما لا يمكن لسفينة الأعداء الفضائية

أن تتوقف في الفضاء . ولكن مسألة سرعة الأرض خلال الفضاء أخذت
 معطفا جديدا في النصف الثاني من القرن التاسع عشر . فاعمال فاراداي
 وماكسويل كشفت عن وجود مجال كهرومغناطيسى كعامل مستول عن
 نقل القوى الكهربائية والمغناطيسية عبر ما كان يتصور أنه فراغ خاو .
 وقد استنتج ماكسويل المعادلات المعروفة باسمه ، والتي تصف كيفية
 شئ الموجات الكهرومغناطيسية لطريقها خلال الفضاء . وقد حسب
 سرعة هذه الموجات ، ووجد أنها بالضبط تساوى سرعة الضوء . وحيث
 ان الضوء كانت سرعته معروفة . لكن ماهيته لم تكن كذلك . فان هذا
 كان دليلا قاطعا على أن الضوء هو نوع من تلك الموجات . ونحن نعلم
 ايضا أن الاشعاعات كالشعة الراديوية واشعة اكس وغيرها هي أيضا من
 نفس النوع . وتنتقل بنفس السرعة . ولكن الشيء الغريب في هذا
 الرقم ، المعبر عن سرعة تلك الموجات . أنه ثابت محدد بالمعادلات فقط .
 نأين المرجع الذي نسبت اليه هذه السرعة ؟ هذا ما تسائل عنه العلماء .
 وبسببه ظهرت فكرة الأثير . كوسط يملأ الفضاء بأكمله . فالموجات
 الكهرومغناطيسية ، والتي أصبحت ينظر اليها كاهتزازات منتظمة عبر
 الأثير ، يجب أن تكون سرعتها منسوبة للأثير . وقد استنتج ذلك على التو
 انه يمكن قياس سرعة الأرض بمفهوم مطلق . وليس بالنسبة للفضاء
 الخاوى . بل بالنسبة للأثير .

وأصبح الأثير يلعب دور الإطار المرجعى لحالة السكون المطلق .
 بالنسبة له يمكن أن تقاس حركات كافة الأجسام . وأصبحت المهمة
 الأولى على مدى العقدين الأخيرين من القرن الماضى هي : قياس سرعة الأرض
 للأثير . وذلك بقياس الفرق بين سرعة الضوء في اتجاه حركة الأرض
 وسرعته متعامدا عليها . وجاءت المفاجأة المفصلة . حيث أثبتت أدق
 التجارب دقة . وعلى وجه الخصوص تلك التي أجريت بواسطة العالمين
 ألبرت ميكلسون Albert Michelson و إدوارد مورلي Edward Morly
 من الولايات المتحدة . أن السرعة في الاتجاهين واحدة . لم توجد أية
 دلالة على أى تأثير تسببه الأرض في حركتها عبر الأثير .



الشكل (١٦) : خدعة . الآن . يومض المصباح مرسلًا ومضتين في الاتجاهين المتضادين في العربة . الجميع متفق على أن النبضتين قد انطلقتا في نفس اللحظة . ولكن كل هناك اتفاق على لحظتي وصولهما للنهايتي العربة ؟
(١) من وجهة نظر المسافر . النبضتان تتحركان بنفس السرعة . وتقطعان نفس المسافة . ولذا ستصلان في نفس اللحظة للنهايتي العربة .
(ب) من وجهة نظر مشاهد على الرصيف . النبضتان تتحركان بنفس السرعة أيضًا . ولكن لا تقطعان نفس المسافة . فالنهاية الخلفية تتحرك مع الضوء . فتقل مسافة النبضة المتجهة إليها . ويترتب عليه أن يرى النبضة المتجهة للخلف تصل قبل النبضة المتجهة للأمام .
يمكن مر الخلاف في كون كلا الواقعين يريان الضوء يتحرك بنفس السرعة .

ما الذي نستخلصه من هذه التجربة الخيالية (٤) ؟ إن حادثتين آتيتين (وصول النبضتين لمقدمة العربة ومؤخرتها) بالنسبة لمشاهد (راكب القطار) ليستا كذلك بالنسبة لمشاهد آخر (المشاهد على الرصيف) . وبمعنى آخر . فالآلية على المستوى الكوني ليست مطلقة . بل هي نسبية . فكل مشاهد له قياساته الخاصة به للفترات الزمنية بين الأحداث . بحسب طبيعة حركته .

وبنفس الطريقة . نجد أن لكل مشاهد قياساته الخاصة بالنسبة للمسافات بين نفس الأحداث . فمن المتصور أن يرى شخص منطلق في الفضاء بسرعة قريبة من سرعة الضوء . المسافة بين الأرض والشمس ١٥٠ كيلو مترا فقط . بدلا من ١٥٠ مليون كيلو متر .

ورغم أن آينشتاين كان من تحقق على يديه حل اللغز الناتج عن عدم وجود أثر لنيار الأثير عن طريق نظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ . إلا أن القضية كانت الشغل الشاغل لعلماء الفيزياء آنذاك . ومن المؤكد أن الألوان قد حان لتلك النظرية . وأنها لابد طاهرة حتى بدون عبقرية آينشتاين . والسمة الأساسية لتلك النظرية ثورية بمعنى الكلمة . فهي تفترض أن الأثير لا وجود له . وأن السبب في أن معادلات ماكسويل تعطى سرعة للضوء ثابتة على مستوى الكون . هي في هذه السرعة ثابتة مهما كانت سرعة من يقسها . والاكتر من ذلك . هذه السرعة الثابتة . وهي سرعة الضوء . تمثل الحد الأقصى لأي سرعة نسبية بين الأجسام المادية . فلم يحدث على الإطلاق أن يقيس جسم سرعة جسم آخر . ويجدها أسرع من سرعة الضوء .

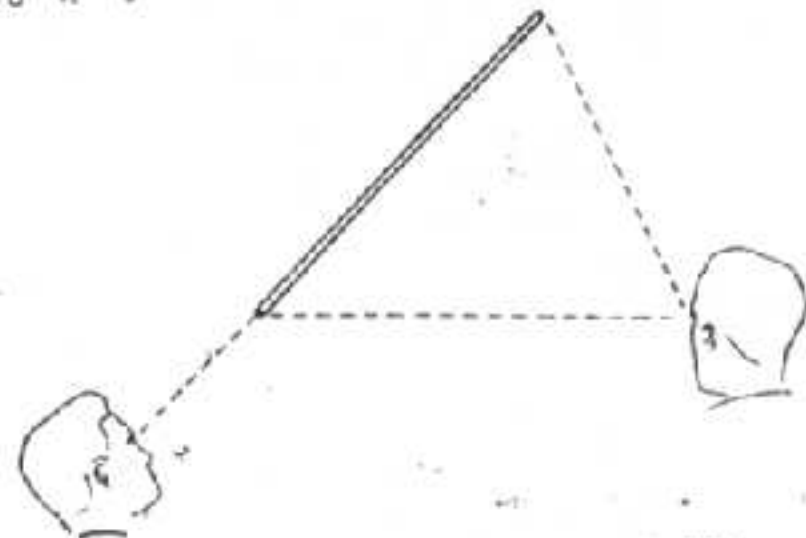
ومن هذه الحقيقة . أي ثبات سرعة الضوء على المستوى الكوني . ننبع كافة غرائب النظرية النسبية . ومنها انكماش الطول وتدد الزمن . ويمكننا أن نعطي لحة عن مضمون ذلك بتصوير التجربة التالية : تخيل أن قطارا يتحرك ويستتصف إحدى مركباته مصدرا للضوء . في لحظة معينة أرسلت نبضتان في اتجاهين متضادين . للأمام وللخلف من المركبة (الشكل ١٦) . فراكب القطار سوف يتصوره ثابتا بالنسبة له . ومن ثم فسيفر أن النبضتين سوف تصلان إلى نهاية المركبة في نفس الوقت تماما . ألها منطلقتان بنفس السرعة . وتقطعان نفس المسافة .

لنتصور الآن مشاهدا واقفا على رصيف القطار . يرتب القطار مندفعا في اتجاهه . طبقا لسلسلة آينشتاين . فإن سرعة الضوء هي نفسها بالنسبة له وللكتا النبضتين . فمن وجهة نظره تنقدم مؤخرة القطار تجاه شعاع الضوء القادم لها . بينما تتباعد المقدمة من الشعاع المرسل إليها . بمعنى أن شعاع الضوء يقطع في الحالة الأولى مسافة أقل من التي يقطعها الشعاع الآخر . وبالتالي ستصل النبضة المتجهة للمؤخرة قبل تلك المتجهة للمقدمة .

تزاوج الفضاء والزمن :

يفقد كل من الفضاء والزمن ، كل على استقلال ، استقلالهما في نظرية أينشتاين . إلا أن المزيج بينهما ، الزمكان spacetime يأخذ معنى جوهريا لا يظهر لو أخذنا كل عنصر من العنصرين على حدة . نحن نغير جسم متحرك من حالته الحركية . فإن علاقة المكان بالزمن تتغير . مما ينتج عنه أن تتغير طريقة تصورهما . ولكن لما كان الفضاء والمكان هما واجهتين لكل أهم وأشمل . فإن الزمكان ذاته يظل ثابتا في خواصه حتى بالنسبة للأجسام المتحركة بطرق مختلفة . وعلى الرغم من أن الزمن يظل فيزيائيا متميزا عن الفضاء . إلا أنه يوجد رباط وثيق يربط الزمن بالأبعاد الثلاثة للفضاء . بما يبرر التحدث عنهما ككل واحد . كتحصل من أربعة أبعاد . مستخدمين لغة رياضية تأخذ في الاعتبار النسب الفيزيقي بينهما .

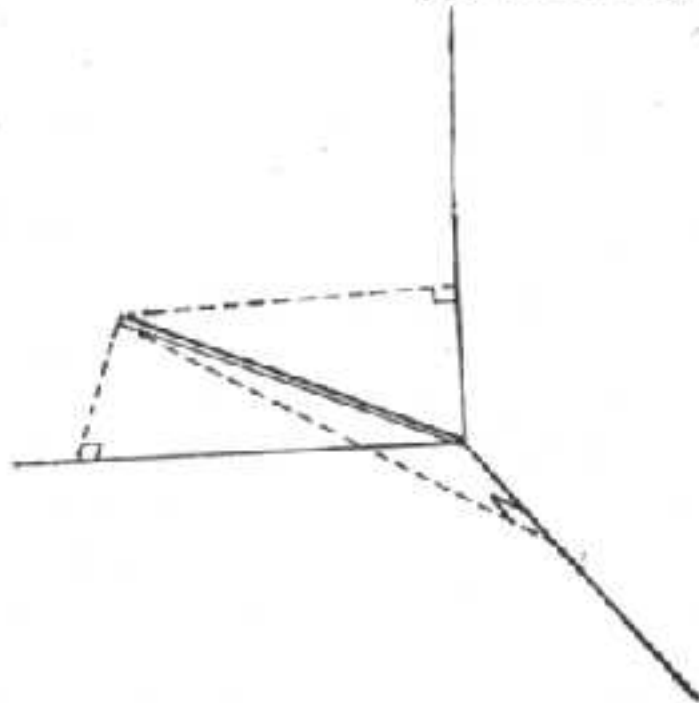
ويستكن لهم الفكرة بالمقارنة بالأبعاد الثلاثة المألوفة للمكان . تخيل عصا تنطلق إليها من عدة اتجاهات . أن الطول الظاهري لها يختلف طبقا لزاوية الرؤية . كما هو مبين في الشكل (١٢) . فإذا نظرنا إليها من



الشكل (١٢) : يقطع الطول الظاهري لعصا على الزاوية التي تنظر إليها بها .
فإننا نرى المشاهد (أ) العصا يتكفل طولها . يراها المشاهد (ب) كقطعة .

أبعاد متعامد عليها فسطحين لنا بجمعها الحقيقي . بينما لو نظرنا إليها من نفس الاتجاه طولها أبدا طولها صفرا . إلا أن العقل البشري قد تألف مع هذه الظاهرة . فلم تعد تخدع بها .

وتوجه صياغة رياضية بسيطة تربط الطول الحقيقي بالأطوال الظاهرية في الأبعاد الثلاثة للمكان تقول : « للحصول على الطول الحقيقي - مربعات الأطوال الظاهرية . واجمعها معا . ثم خذ الجذر التربيعي لنسجوع (الشكل ١٣) . وقد يشعر القارئ . بحق أنها تعميم لنظرية فيثاغورث في الأبعاد الثلاثة . ويغوم العقل البشري بهذه الجملة تلقائيا . حيث يرى النتيجة شيئا بديهيا .



الشكل (١٣) : يمكن حساب الطول الحقيقي لعصا بتطبيق نظرية فيثاغورث على مساقط العصا على الأسطح الثلاثة المتعامدة .

وفي الأبعاد الأربعة للمكان . علينا أن ننظر . للأشياء . كالعصا على أنها ذات أبعاد أربعة . فما معنى ذلك ؟ أنها تعني أنه لا بد من الأخذ في

الاعتبار اللحظيات التي يرى فيها نهايتي العصا - فلو كانت تلك اللحظات تقع عند الزمنة مختلفة - فإن العصا سيكون لها امتداد في الزمن كما هو لها في الفضاء - وفي هذا الوضع رباعي الأبعاد - هناك أيضا اختلاف في الطول الظاهري للعصا - وحيث أننا نتحدث عن أربعة أبعاد وليس ثلاثة فإن زاوية الرؤية ستكون أوسع مجالا - وقد عرفنا كيف تتغير زاوية الرؤية في الفضاء - فكيف تغير الزاوية بين - مثلا الاتجاه العمودي في الفضاء - والزمن - الإجابة - بالتحرك في الاتجاه العمودي بسرعة محسوسة بالنسبة لسرعة الضوء - عندئذ سيبدو الطول أقصر في اتجاه الحركة - هذا ببساطة هو الانكماش الطولي الذي لشرنا إليه من قبل - وفي المقابل - تتمدد الفترات الزمنية مع هذا التحرك - ويمكن النظر لهذا التأثير على أنه مفاضة بين المسافة والزمن - والسؤال إذن - ما هي نسبة التحويل في هذه المفاضة ؟ حيث أن سرعة الضوء هي الرابطة بين الاثنين - وهو ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية - فإن الثانية تكون مساوية لمسافة ٣٠٠ ألف كيلو متر - وهي ما نطلق عليه الثانية الضوئية (٦) -

والسبب في عدم شعورنا بالكون كرباعي الأبعاد هو أن المفاضة بين المسافة والزمن لا نحس إلا عند التحرك بسرعات تقترب من سرعة الضوء - وحيث أن تحرك جسم مادي بهذه السرعة أمر غير متصور في الحياة اليومية - فلم يكن من دواعي أن يتكيف العقل البشري على ذلك -

ولفأخذ مثلا محددًا - عند حوالي ٩٠ بالمائة من سرعة الضوء - تنكمش الأطوال بحوالي النصف - بينما يبطئ الساعه بحيث تسير بنصف سرعتها - إلا أن هذه التغيرات ذات طبيعة نسبية - أي متسوية لمشاهد معين - فالساحرة المنطقية العصا وتظهر بتلك السرعة لن نشاهد أي تغير لا في طول عصاتها ولا في ساعتها التي تحدد مرور الزمن بالنسبة لها - بل أنها ستري أن هذه التغيرات قد حدثت بالنسبة للأرض - فأنكمشت فيها الأطوال وتباطأت الساعات بالنسبة لساعتها - وعلى ذلك - فبالنسبة للمشاهدين المتحركين بسرعات مختلفة - فكل مسيرى التغير قد حاق بالمشاهد الآخر - فأنكمش طوله وتباطأت ساعته -

ورغم هذا التمازج الحميم بين الزمن والفضاء - فإن الزمن سيظل هو الزمن - والفضاء هو الفضاء - هذا السير يجد تعبيرًا عنه في الصياغة الرياضية - بتعديل طفيف في نظرية أينشتاين - هو أن مربع الزمن (بعد تحويله لمسافة كما سبق) يطرح من مجموع مربعات المسافات لا يجمع عليها - هذا الفرق بدوره يتسبب عن نتائج غريبة - فنتائج الطرح قد يكون موجبا - سالبا - أو صفرا - أما في حالة الأبعاد المسافية الصفر - فنتائج الجمع موجب دائما - ولا يمثل أخذ الجذر التربيعي مشكلة - أما في حالة الأبعاد الأربعة - فالمسألة أعقد من ذلك -

لنفرض أن الحادثتين المرصودتين هما انفجار نجمين في السماء - ببعدان سنتين ضوئيتين بالنسبة لآطار اسناد الأرض - فإذا ما رصد المشاهد الأرضي الفترة الزمنية بين الحادثتين هل أنها سنة - فإن البعد الفراغي (سنتان ضوئيتان) يكون أكبر من البعد الزمني (سنة ضوئية) - ويكون ناتج الطرح للمربعات هو $1 - 2 = -1$ - وهو مقدار موجب - نقول هنا أن البعد الزمكاني هو - مكاني - السنة - أما لو رصدت الحادثتان على أن الزمن بينهما ثلاث سنوات ضوئية - فإن ناتج الطرح سيكون $9 - 5 = 4$ - أي : مقدار سالب - والغاري ذو العراية بالرياضيات يعرف أن جذر العدد السالب هو كمية تخيلية - ونقول هنا أن البعد في الزمكان ذو سمة « زمنية » - ولنفرض لهذا النقطة في موضع آخر -

ومن المحتمل أيضا أن يكون ناتج الطرح صفرا - إذا تساوت المسافة الزمنية مع المسافة الفضائية (المكانية) - بأن رصدت الفترة بين الحادثتين فكانت سنتين - هنا يكون البعد الزمكاني مساويا للصفر - فمن وجهة نظر الزمكان - لا يوجد تباعد بين الحادثتين - هنا أيضا نقول أن البعد الزمكاني ذو سمة « زمنية » - لأن الحادث هنا أن نبضة الضوء من الانفجار الأول قد وصلت النجم الثاني في لحظة انفجاره بالضبط - ولهذا السبب يمكن النظر للنقاط على مسار الزمكان لنبضة ضوئية على أن الأبعاد الزمكانية بينها صفر - وعلى ذلك - ورغم أن الزمن والمكان قد امتد كلاهما بالنسبة للنبضة الضوئية - فإنه من وجهة نظر الزمكان لا يوجد أي

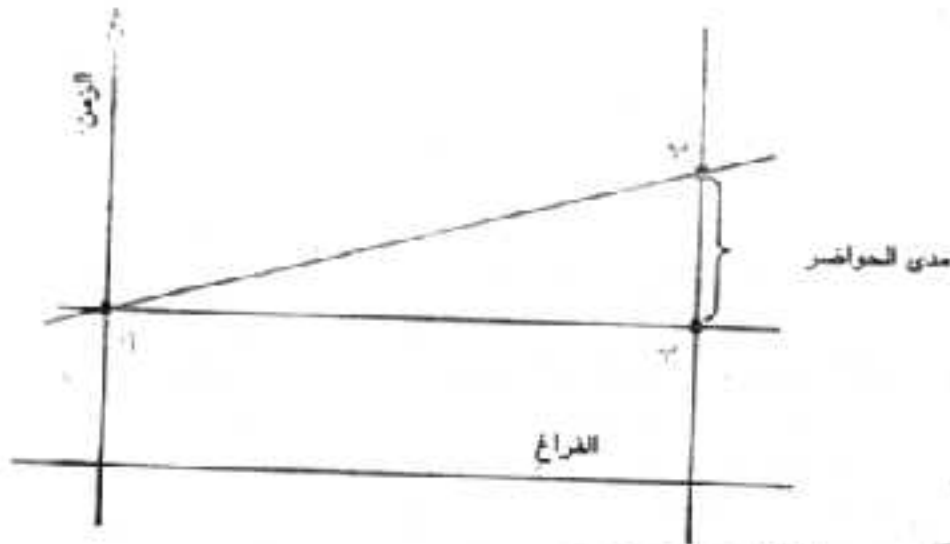
تباعد . ويعبر عن ذلك أحيانا بأن الفوتون (جسيم الضوء) يزود كل النقاط على خط مساره في نفس اللحظة . أو أنه بالنسبة للفوتون ليست هناك مسافة ما يقطعها عبر الكون .

وقد أظهر هذا التصور للكون دماغى الأبعاد مقدرة فائقة في نفس الكثير من الظواهر الفيزيائية . حتى عندما مفهوما ومقبولا تماما لتصور العالم . ولقد جرى من منطق التفكير ما تعارفنا عليه عن " الآن " . أو تقسيم الزمن إلى ماضى وحاضر ومستقبل . وقد عبر أينشتاين عن ذلك في خطاب لصديق حول الموت : " إن الماضى والحاضر والمستقبل بالنسبة لنا نحن الفيزيائيين المضمزمين . مجرد حدة مهما استغرقت هذه المفاهيم في الأذهان " . والسبب في ذلك أن الزمن لم يعد . من وجهة نظر النسبية . " يحدث " . حيثما . أو لحظة بعد لحظة . بل هو يتم . كما انشافة . في كليته . فالزمن ببساطة . هناك .

وحتى تفهم مدلول ذلك . يجب أن تفهم أولا أن " الآن " بالنسبة لى ليس بالضرورة كذلك بالنسبة لك . والسبب في ذلك . كما رأينا هو أن نواقث حادثتين متباعدتين في الفضاء هو أمر نسبي . فما يراه شخص قد حدث قبل شيء ما . قد يراه آخر في مكان آخر قد حدث بعده . ونحن لا نحس بهذا في حياتنا اليومية لأن سرعة الضوء من الكبر بحيث أن اختلاف الفترات الزمنية ليس ملحوظا على مستوى المسافات الأرضية . أما على المستوى الفلكي . فالتأثير هائل . فحادثة في إحدى المجرات قد تراها حدثت عند الظاهر في معمل أوضى قد تبدو متأخرة لقرون من وجهة نظرك لو كنت منطلقا في مركبة بسرعة فائقة .

ولهذه الأفكار مضامين حائلة . فإذا كانت . اللحظة الحالية . أمرا يختلف باختلاف تحرك المرء على المستوى الكوني . فمعنى هذا أنه لدينا مدى من . الحواضر . . البعض منه قد يقع فيما نعتبره أنت ماضيا . والبعض فيما نعتبره مستقبلا . على حسب المشاهدتين (الشكل ١٤) . وبما أنه أخرى . فالحظات الزمن ليست أشياء . تحدث . في مكان في نفس الوقت . حيث لن يكون سوى . حاضر . واحد حقيقي . بل أن

الزمن يتم بصورة ما . مثله في ذلك مثل المسافة المكانية . بحيث أن ما يعتبره شخص يحدث الآن . هو أمر نسبي له هو .



الشكل (١٤) : بالنسبة لطار مرجعي معين يكون الحدثان (١) و (٢) اثنين بمعنى أن (٢) يحدث في نفس اللحظة مع (١) . بالنسبة لطار آخر . فالحادث (٢) هو الذي يحدث في نفس اللحظة (١) . أي من الحدثين يمكن أن يعتبر حادثا " الآن " . من وجهة نظر (١) . الإجابة : ليس في مثلها . فالآن مفهوم نسبي . هناك مدى من اللحظات الحالية . معتمد من (٢) إلى (٢) . بحسب السرعة التي يتحرك بها المراقب . وقد يكون المدى لعدة قرون . على جعل بأن . اللحظة الحالية . هي اللحظة جدل بلا معنى . فالزمن يتم مثل الفضاء . ويكون الماضى والحاضر والمستقبل على قدم المساواة من حيث الوجود .

فهو يمكن تصور أن المستقبل . من منظور ما . واقع بالفعل هناك . هل بإمكاننا التنبؤ بالمستقبل . بمجرد تغيير طبيعة التحرك ؟ في الواقع . فانه في تجربة القطار السابقة . لو تصورنا قطارا آخر يسير بسرعة تتجاوز القطار الأول . فانه بالنسبة لمشاهد على متنه ستكون الحوادث معكوسة في الزمن بالنسبة لما يشاهده مراقب الرصيف . سيبدو ذلك كما لو كان الزمن . يسير للدواء . من وجهة نظر ما . على أنك لا يمكنك السفر بسرعة كافية لتمكك من رؤية مستقبلك أنت . فلكي يتحقق ذلك . يجب أن تتنقل المعلومات عن مستقبلك بسرعة سيكون معها

حاصل طرح المربعات سالبا . وقد ذكرنا أن السفر بسرعة الضوء يجعل المسافة الزمكانية تساوى الصفر . ولجعل هذه المسافة أصغر من ذلك ، حتى تكون المسافة سالبة ، يتطلب الأمر تحركا بسرعة أكبر من سرعة الضوء ، وهو الأمر المحظور طبقا للنظرية النسبية .

وبصورة أكثر تعديدا ، فالنظرية تمنع أى تأثير فيزيقى ، أو قوة ، أو إشارة أن تتصارع حتى تتكسب سرعة أكبر من سرعة الضوء . ومعنى ذلك أن الحوادث التى ليست بينها رابطة سببية هى فقط التى يمكن للزمن أن يتعكس فيها بينها . ففى حالة مثال القطارين ، فهنا كان إطار الاسناد للمشاهد ، فسوف تصل الاشاراتان الى نهاية المركبة بعد لحظة انطلاقها ، وليس قبلها . حيث ان الاطلاق مرتبط سببيا بالوصول . اما لحظنا وصولهما بالنسبة لبعضها البعض فيمكن أن تتعكسا من مشاهد آخر ، حيث انه ليس لأحدهما تأثير على الأخرى . اما بالنسبة للسبب والتأثير ، فاقصى ما يمكن حدوثه ، مع الاختراب من سرعة الضوء ، هو أن يظهر كما لو كانا فى لحظة واحدة . ولكن لن يتعكس ترتيبهما على الإطلاق . فخداع انعكاس ترتيب الحوادث ممكن فقط فى الحالات غير المتأثرة ببعضها البعض ، فليس لنا ، بآية حال ، أن نعكس التسلسل السببى .

ولعله من المناسب أن نذكر ، باختصار ، أن كل مضامين النظرية النسبية ، بما فى ذلك الانكماش الطولى وتمدد الزمن والحاجة الى القياس فى الأبعاد الأربعة قد نأكت بالتجارب المسانيرة . فهناك الكثير من التجسيمات دون الذرية التى تنتج فى المعجلات الذرية ، وهى التى يمكنها التحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء ، قد أظهرت صراحة أنارا كالتى تنبأت بها النظرية النسبية . وأحيانا ما تكون هذه التأثيرات حاسمة . فعلى سبيل المثال ، يمكن أن يمتد العمر المقرر لجسيم منها بقدر قد يصل لعشرين مرة أو أكثر .

وفى أحد المعجلات المذكورة ، تمت الاستفادة من تسديد الزمن فالإلكترون حين يجعل يمت الإشعاعات كهرومغناطيسية . وقد وجد أنه مع زيادة سرعته فإن طول الموجة المشعة يزداد ، وهو ما يجعل الإشعاع . . . فأنه فى بعض الاستخدامات العملية . وأيضا ، فى الذرات الثقيلة

يمكن أن تصل سرعة الالكترونات حول النواة الى سرعات تقترب من سرعة الضوء . فتتعرض بذلك لتأثيرات النسبية ، وهو ما قد يؤثر على خواص المادة ككل ، فاليها يرجع مثلا يريق المعادن .

وكنتيجة لعشرات السنين من التجارب الدقيقة ، لم يعد هناك شك بآية درجة فى دقة النظرية النسبية الخاصة ، كتعبير عن المكان والزمن من وجهة نظر المشاهدين ذوى السرعات الناتجة والمختلفة بالنسبة لبعضهم البعض . والقصور فيها هو أنها ليست مؤهلة للتعامل مع الحركة غير المنتظمة ، أو مع الجاذبية . وهو ما تولى أينشتين تحقيقه فى نظريته النسبية العامة ، والتى سميت كذلك لكونها تتعامل مع أمور أعم مما تتعامل معه النسبية الخاصة .

الوقوع فى قبضة الجاذبية

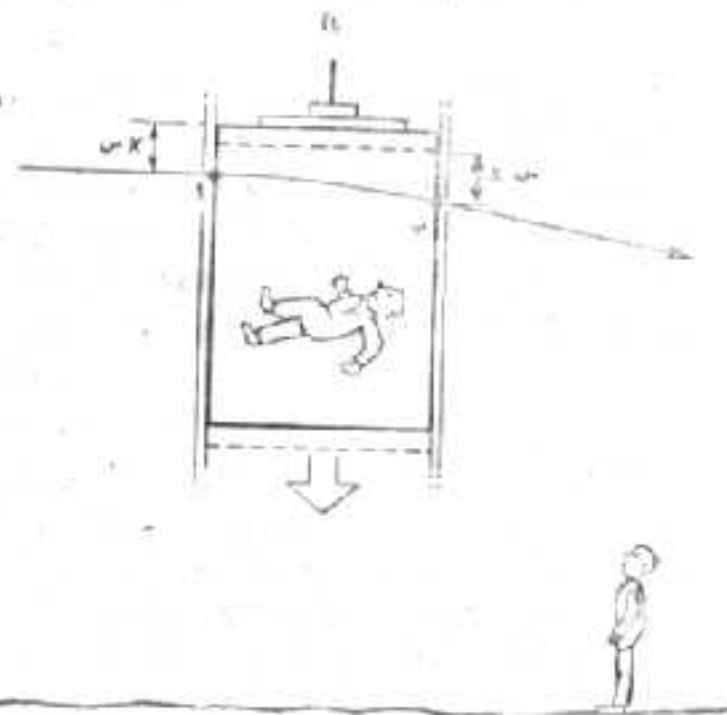
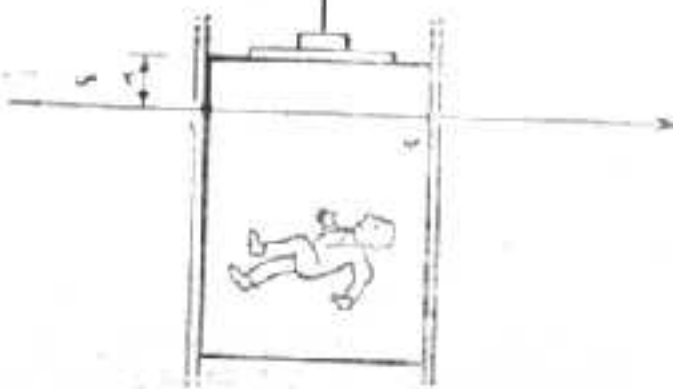
على العكس من النسبية الخاصة ، لم تكن النسبية العامة لتظهر لعشرات من السنين لولا عبقرية أينشتين . فعمل الرغم من كون مسألة القصور الذاتى قد شغلت بعض الناس ، مثل مانخ ، إلا أنه لم يحدث أمر ملح يدعو لتفقيح النظرية النسبية الخاصة . على غرار تجربة مورلى - ميكلسون التى بينت القصور فى نظرية نيوتن . ولقد قام أينشتين بعمله الرائع كصيافة رياضية لوصف الكون - كأحد أعمال التجريد النظرى على أرقى مستوى . وباستثناء بعض التجارب التى أجريت بعد نشر النظرية بوقت قليل ، فإن الأمر تطلب سنين عاما ، الى أن اكتشفت الانبساطات ، والكوازرات ، والتقوى السوداء ، لتقف النظرية كأحدى الدعائم الأساسية للعلم الحديث ، تشرح خصائص جوهرية للكون . والسبب فى سعة تطبيقاتها فى المجال الفلكى هو أن كل هذه الأجرام المعجبة تمتلك مجالا جاذبيا مهولا ، والنظرية النسبية العامة هى فى الأعم الغالب عنها ، نظرية عن الجاذبية .

وكان تقاض بصيرة أينشتين فيما يتعلق بطبيعة الجاذبية بسبب تفكيره العميق فى لغز القوى المصاحبة للسرعة غير المنتظمة ، قوى القصور

الغالبى . وكان يقول ان الالهام الذى قاده الى طريق هذه النظرية انى من فكرة ان الشخص الساقط من سطح ، او المحبوس فى مصعد يسقط . لا يشعر بقوة الجاذبية . فهو ان المصعد أخذ فى التسارع الى ان استطاع ان يتلائم تأثير الجاذبية بالضغط ، ونصل بذلك لانعدام الوزن . فان قوة الجاذبية وقوة المصور سوف يتكافآن كل منهما مع الآخر (٧) .

والتكافؤ بين قوى الجاذبية وقوة المصور الذى هو محور جوهري فى النسبية العامة . لقد رفعه الى مستوى المبادئ الأساسية . وهو يأتى مباشرة الى احد أهم توقعات النظرية . تخيل أنك فى مصعد يعزى . وأنت تطلع الى شعاع من الضوء عابر للمصعد . فبالنسبة للمصعد ، يسير الضوء فى خط مستقيم . ولكن بالنسبة لمراقب على الأرض ، فالشعاع ينحرف . كما هو مبين فى الشكل (١٥) . وهذا المراقب سوف يعزو الانحناء الى تأثير الجاذبية . وعلى ذلك فقد تنبأ آينشتين بأن الضوء ينحرف بتأثير الجاذبية . هذا التنبؤ قد اختبر بواسطة الفلكي آرثر إدينجتون Arthur Eddington خلال الكسوف الكلى لعام ١٩١٩ . وقد قام إدينجتون بالأزمة الطفيفة فى مواضع النجوم بالقرب من قرص الشمس الكاسف . وقد عزى ذلك الى انحناء شعاع الضوء عند مروره بالقرب من الشمس (الشكل ١٦) .

وحقيقة أن الشخص المراقب فى مصعد يعزى يتقدم وزنه . يجعل الأمر يبدو كما لو كانت الجاذبية يمكن تلافيها بمجرد تغيير إطار الاستد . إلا أن الأمر على خلاف ذلك . فحتى بالنسبة للمصعد الساقط يمكن المراقب أن يقول ان الأرض تمارس جاذبيتها . فالأشياء القريبة من أرضية المصعد أقرب شيئا ما للأرض عن الموجودة قرب السقف . وحيث أن جاذبية الأرض تقل بزيادة المسافة . فإن الأشياء القريبة من الأرضية تتسارع بسرعة أكبر قليلا عن المرتفعة . وينتج عن ذلك أن الأشياء الساقطة سقوطا حرا على ارتفاعات مختلفة (سواء أكانت فى مصعد أم لا) سيصل للتباعد . وفى الواقع فإن هذه الحركات التفاضلية هي المسئولة عن ارتفاع المد فى المحيطات بسبب القمر . ومن ثم يطلق عليها « قوى المد tidal forces » .



(١٥)

الشكل (١٥) : فوتون (ومضة ضوء) يعبر مصعدا ساقطا ، من ثقب الى ثقب مقابل .

(١) بالنسبة للأطار المرجعى للشخص المائل الموجود داخل المصعد . (والذى بالنسبة له يعتبر المصعد ان حالة مستقر) . يدخل الفوتون من الثقب (س) ويخرج من (هـ) . وكذلك على نفس المسافة من السقف ، فيبدو المسار خطا مستقيما . (ب) بالنسبة للشاهد على الأرض . يأخذ المصعد هيئة لأسفل خلال زمن عبور الضوء . ولكى يشرح الضوء من نقطة على نفس المسافة من السقف . يجب أن يهبط قليلا . وعلى ذلك فالجاذبية تحث الضوء .



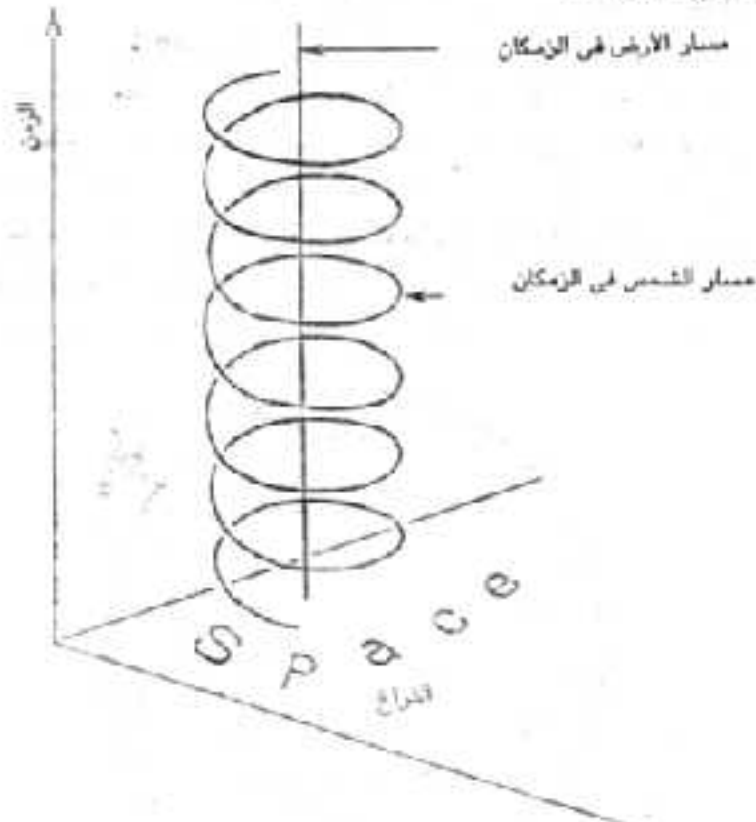
الشكل (١٦) : حلزونية الشمس ضمن الضوء ، ومن ثم يبدو نجم عند رؤيته في وجود الشمس (وهو ممكن فقط لأنه كسوف كلي) مزاياها فقط من مكانه الأصلي .

وقد أدرك أينشتاين أن قوى المد لا يمكن أن تتلانى بتغيير إطار الاستاد ، ليس تمثل تأثيراً حقيقياً للجاذبية في مساوئته لشعاعه . وقد ذهب إلى أنه إذا كان تأثير هذه القوى هو أن تمط أو تشوه من المسافات بين الأجسام الساقطة سقوطاً حراً ، فإن الوصف الأكثر اتساعاً لجاذبية المد هو أنها تشويه أو عط للزمكان ذاته . وبمعنى آخر ، بدلاً من النظر للجاذبية كقوة ، يدعو أينشتاين أن ننظر إليها كتقوس أو التواء في الزمكان .

ومن منظور معين ، يمكن النظر إلى الحساء شعاع النجوم عند مرورها بالقرب من الشمس على أنه مسبح مباشر لتقوس الفضاء حولها . ولكن من المهم إدراك أن التقوس حادث في الزمكان ، وليس في المكان فقط فالأرض تتبع مسارا اهليجيا مغفلا حول الشمس ، وفي أول لقاء بالنظرية النسبية العامة من الطبيعي أن نخش أن هذا يعني أن الكوكب يتبع مسارا خلال الفضاء المقوس الخاضع لجبال جاذبية الشمس . ولكن حيث أن مسار الأرض مغفل ، فإن هذا قد يبدو وكأن الفضاء مغلوط بصورة ما حول الشمس . يبتلع المجموعة الشمسية فيما يدعى الثقوب السوداء . ومن الواضح فساد هذا التصور ، والخطأ دقيق . ولكنه جوهرى . فمن وجهة نظر الزمكان ، فالمسار ليس مغفلا ، ولكنه يأخذ الشكل اللولبي المبين في الشكل (١٧) .

فبعد كل دورة حول الشمس ، تعود الأرض إلى موقعها السابق في المكان . ولكن في زمن مختلف ، متقدمة سنة بعد أخرى مع كل دورة .

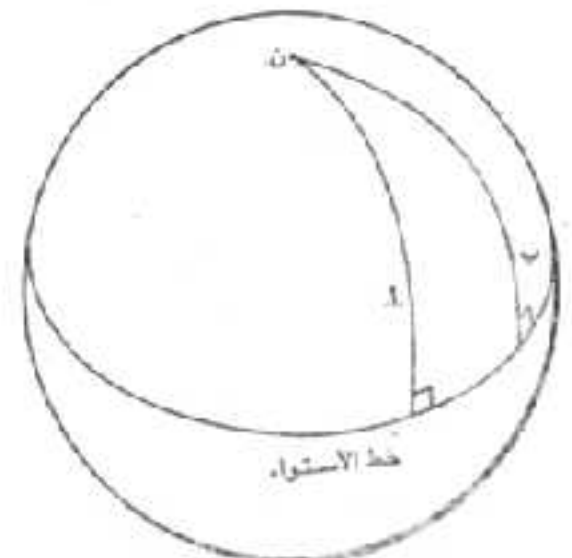
وهي كل مرة تأخذ الزمن في الاعتبار كجزء من الزمكان ، فالتأثير فيه في سرعة الضوء . وهي كمية كبيرة ، مما يعنى أن اللولب سيسقط في البعد الزمني بصورة هائلة . فالمسافة ، على طول المحور التي تقابل دورة واحدة هي ستة طولية ، أى حوالى ٩٥٠٠ مليون كيلو متر . وعلى ذلك فالصورة الصحيحة لمسار الأرض حول الشمس من منظور تقوس الزمكان أن التقوس غاية في الضخامة ، هذه الضخامة مرجعها إلى أن جاذبية الشمس مع كبرها بالمقياس الأرضي ، ضئيلة بالمقارنة على المقياس الفلكي ، وليسوى تساعد تأثيرات جوهرية مثل هذا التقوس مع الأجرام ذات الجاذبية الفائقة .



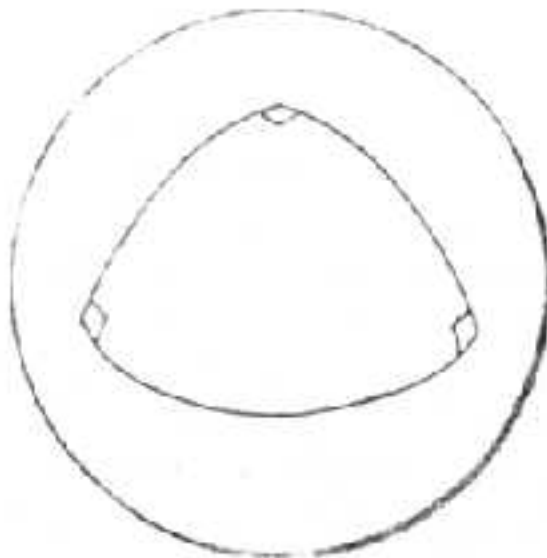
الشكل (١٧) : يبدو الأرض حين ننظر إليها عبر الزمان مغلفة مسارا لولبيا حول الشمس . ولأن كل لحظة يجب أن تضرب في سرعة الضوء (وهي مقدار ضخم) لكي يمكن مقارنة الزمن بالمسافة ، فإن اللولب يبدو مغفلا بدرجة كبيرة جدا في الاتجاه الواسع مما يبدو في الشكل .

وتتمثل جراث آينشتاين في تعرضه لمسألة الجاذبية والحركة غير المنتظمة في الغائه لفكرة الفضاء المسطح ، وإدخاله فكرة الزمكان المقوس . وبعد أن قدم نظرية نيوتن في نسبيته الخاصة ، ففي نسبيته العامة قدم الهندسة الإقليدية في وصفها للكون في نسبيته العامة .

ولكن ما الفضاء المقوس ، نأخذك عن الزمكان المقوس ؟ لنعد إلى النقطة الجوهرية في قصة إقليدس ، الخطوط المتوازية التي لا تلتقي مهما امتدت . في القرن التاسع عشر ابتكر كارل جاوس Karl Gauss وجورج ريمان Gorge Reimann ونيكولاي لوباشيفسكي Nikolay Lobachevsky الهندسة غير الإقليدية (أ) ، والتي لا وجود فيها لخطوط متوازية ، وهي هندسة تطبق في دراسة الأسطح المنحنية ، فمثل سطح الأرض مثلا . قد تبدو الخطوط متوازية في البداية ، ولكنها ستلتقي بالضرورة في النهاية (الشكل ١٨) ، والهندسة غير الإقليدية لها خواص تختلف عن الإقليدية ، فبمثلا مجموع زوايا المثلث في الهندسة الإقليدية هو زاويتان قائمتان ، فإن المثلث المبين في الشكل (١٩) ، والرسم على سطح كرة ، له ثلاث زوايا قائمة .



الشكل (١٨) : عند خط الاستواء ، يبدو خطوط الطول متوازية ، إلا أنها تلتقي عند القطبين بسبب انحناء سطح الأرض .



الشكل (١٩) : على السطح المنحني ، يمكن أن يكون المثلث محتويا على ثلاثة زوايا قائمة ، أي يكون مجموع زواياه ٢٧٠ درجة .

فحينما وصف الجاذبية على أنها تقوس في الزمكان ، كان آينشتاين ينص على تطبيق الهندسة غير الإقليدية عليه . ففكرة أن المكان والزمن يمكن أن يشوفا بما يجري فيهما من حركة ، فإن الفكرة قد اعتدت للجاذبية ، بحيث أن وجود المادة في الزمكان يمكن أن تسبب انحناء ، أو التقوس ، في المكان والزمن . ففي نظرية آينشتاين ، وعلى عكس الوضع في نظرية نيوتن ، يجب معاملة الزمكان كنظام رياضي له كيانه ، فهو ليس مجرد ساحة للعب فيها الطبيعة العابثة ، بل هو أحد الداخلين في اللعبة . ومعنى ذلك أنه توجد قوانين ميكانيكية للزمكان ذاته ، قوانين تحكم كيفية تغيره . وبينما الأجرام ذات الجاذبية تتحرك ، فإن المكان والزمن يتشكلان بحيث أن المزيج منهما يتغير . بل من الممكن أن يحدث اهتزازات في الزمكان على صورة موجات الجاذبية gravitational waves ، وهي الظاهرة التي سنتناولها في الفصل السادس .

تعدنا النسبية العامة بالوصف الدقيق لكيفية تحرك الأجسام في وجود المجال التجاذبي من خلال فكرة تقوس الزمكان . وقد غير جون ويلر John Wheeler أحد المستوليين عن تطوير النظرية النسبية العامة في عام

يسم للنظرية الا في كون مطلق ومحدود . وأبسط طريقة لشرح معنى ذلك هو تصور سطح الأرض . فتركيبنا محدود بكل تأكيد . منتف في شكل كروي الى حد ما ، ولكنه بغير حواف . ارحل في أي اتجاه وتستجد نفسك قد عدت الى نفس النقطة . وبهذا المفهوم فالسطح مغلق . ولكنه بدون حدود . فلو كان الكون بأكمله مغلقا ، فإن المرء يمكنه تصور فضاء ثلاثي الأبعاد ، منتف حول نفسه في شكل يتبع حضا محددا ، ولكن بلا حواف . وسوف يتحقق أنك لو تحركت في اتجاه واحد لمدة كافية . تكما يحدث على الأرض . ستعود الى نفس النقطة .

ولكن رغم ما يبدو من أن مبدأ ماخ لن يتجح الا في كون مغلق . فإن الكون المطلق لا يجب بالضرورة أن يتضمن المبدأ . وبشكل عام ، فالنسبة العامة ليست متوافقة مع ذلك المبدأ . وفي عام ١٩١٩ وجد الرياضي كورت جودل Kurt Godel من معهد الدراسات المتقدمة في برنستون حلا لمعادلة أينشتاين يمكن أن تصف كوناً دوّاراً . ولا يعني ذلك أننا نعلق كوناً دوّاراً بالفعل ، ولكنه يبين أن مبدأ ماخ ليس محتوي في النسبية العامة ، حيث أن دوران الكون ككل أمر لا معنى له طبقاً لمناطق ماخ . فالنسبية لاى شيء يدور الكون بأكمله ؟ ومن هذا المنطلق فإن النسبية العامة ، وبالرغم من اسمها ، أقرب لروح فضاء نيوتن المطلق منها الى حركة ماخ وباركل النسبية .

ومع ذلك ، فالنظرية تتلبأ ببعض التأثيرات المتعلقة بمبدأ ماخ . ومن ذلك ما اكتشفه أينشتاين نفسه ، وكتب عنه ماخ . فقد وصل بمنطقة الى أنه اذا كان دوران جسم سيغير أنه بالنسبة للكون المجرى بالأجسام المادية بأكمله ، فإن كل جسم في الكون يجب أن يمارس بعضاً من التأثير عليه . والجزء الأكبر من القوة الطاردة يجب أن تعزى الى أبعد الأجسام في الكون . وبعد ذلك بحث أينشتاين حالة جسم موجود داخل شريحة كروية مهيكة تدور حول محورها (بالنسبة للنجوم البعيدة) بسرعة فائقة . وبالقدر الذي تساهم فيه الشريحة في تأثير ماخ الكوني ، فإنها يجب أن تمارس قدراً ضئيلاً ولكن ملحوساً على الجسم الذي بداخلها . على شكل قوة تجره في اتجاه الدوران .

١٩٦٠ من هذه الرابطة بالقاعدة الأصولية التالية : « تخبر المادة الفضاء كيف يتحرك ، ويخبر الفضاء المادة كيف تتحرك » . ولكن النسبية العامة مع ذلك لا تمنح تماماً في إدخال مبدأ ماخ في الصورة . فالقوة الوحيدة التي تبرز تأثير المجرات البعيدة على معدتك وأنت في مركبة الملاهي على الجاذبية . ولكن الجاذبية تبدو للقوة الأولى أو من يمارح من أن تقوم بهذه المهمة . فقانون التربيع العكسي لنيوتن لا يزال مطبقاً في النسبية العامة . وبين كيف تضعف الجاذبية بمعدل سريع مع المسافة . وفي المقابل ، فتركيز المادة في الكون ثابت الى حد كبير على المستوى الضاسع . بما يجعل كمية المادة في شريحة كروية من الكون مركزها الأرض ويسمك معين يتناسب مع حجم تلك الشريحة ، وبالتالي متناسب مع مربع المسافة إليها . وعلى ذلك فرغم أن جاذبية كل كسرة من المادة لا تؤثر فيما الا تأثيراً واحداً ، فإنه يوجد قدر من المادة يكفي لمعادلة هذا الضعف .

وهذه مصادفة مثيرة . تشجعنا على أن نفترض أنه حين يبدأ جسم في الدوران فإنها تبت اضطرابات جاذبية في أوصاف الفضاء ، بما يجعل كل المجرات في الكون تتحرك وتتفاعل متأثرة لنتج القوة الطاردة التي نلاحظها . ولكن هذا التصور المبسط لن يتجح للأسف . فورد الفعل على الأجسام العوارة يجب أن يكون لحظياً . ولكن النظرية النسبية ترفض أي تأثير يتجاوز في سرعته سرعة الضوء ، وحتى عند سرعة الضوء . فإن ملايين أو بلايين من السنوات يجب أن تنقضي قبل أن يظهر أثر المجرات استجابة في الفضاء على الأرض . فأي ميكانيزم مبنى على التأثير المباشر يجب أن يتضمن فكرة وجود أفعال تعمل في زمن معكوس . ورغم محاولات وضع تصورات من هذا القبيل ، فلم يكن منها ما هو مقبول .

ويحاول أغلب أنصار مبدأ ماخ اليوم أن أن يضمنوه في عام الفلك ليس بنفسوم الآثورة ورد الفعل . ولكن كجزء من الشروط الحدودية الجاذبية للكون ، بمعنى أنه تعبير عن تنظيم المجال التجاذبي للكون بأكمله . وقد حاول أينشتاين ، وهو الذي كان شغوفاً بمبدأ ماخ كما قلنا ، أن يضعه بهذه الطريقة في نظريته . وبعد عقود من المحاولات ، وصل النسبيون (المهتمون بنظرية النسبية) الى نتيجة مفادها أن المبدأ لن

ومن الممكن قياس تأثيرات مشابهة في الوقت الحاضر . فقد اقترح ويليام فيربانك William Fairbank شذوذاً تجريبية تجرى في الفضاء على جبروسكوب يدور حول الأرض . وحساب مثل ذلك الجر الذي يسببه دوران كوكبنا . طبقاً لنيوتن ، فالجبروسكوب يجب أن يشير إلى موضع ثابت بالنسبة للنجوم البعيدة . ولكن طبقاً لأينشتاين فإن دوران الأرض يترك أثره المائل لانحناء في مجالها الجذبوي . وسوف يصل لأجواز الفضاء ويحبب الجبروسكوب معها في اتجاه الدوران . هذه التجربة قد تجرى على متن مكوك الفضاء ، شاتل Shuttle ، في عام ١٩٩٠ ، ولكن مهما كانت نتيجة تأثير النسبية التي ستتخض عنها ، فإنها لن تثبت صحة مبدأ ماك .

ويظل مبدأ ماك محيراً ، ومثيراً للتفكير ، ولكن آثاره في ترجيح الكون في وجهة واحدة ، وإعطائه لأجزاء من المادة لم يكن يحسب لها خطر دوراً جاسماً على المستوى الذري . ومن الصعب تصور كيف يمكن التحقق منه عن طريق الملاحظة . ولكن من جهة أخرى يمكن إثبات خطئه لو حدث واكتشف أن الكون يدور ككل واحد (أي بالنسبة لأطار الاستاد الذي تختفي فيه القوة الطاردة) . وسيظهر ذلك في المحلية الإشعاعية للكون . والتي تخلف عن الانفجار العظيم الذي تولد عنه الكون . هذا الإشعاع الذي يتخلل الكون يحل بصفة كافة الحركات الكبرى ، وسيظهر دوران الكون على صورة تغيرات بما في ذلك درجة حرارة هذا الإشعاع في مناطق السماء المختلفة . وتبين المشاهدات أن الإشعاع منتظم بدرجة تدعو للدهشة ، ومن الممكن أن تظع حداً أعلى شديداً الصرامة على ما يسمح له من دوران للكون . فقد اقترح أنه لو حدث وكان الكون دوّاراً ، فلن يكون قد دار سوى عدة درجات قليلة منذ نشأته .

وبالنسبة لراضى مبدأ ماك ، فإن هذه المشاهدات تمثل لهم لغزاً . فليس هناك من سبب واضح لماذا يكون معدل دوران الكون صفراً . وبعبارة أخرى ، لو كان الدوران مطلقاً ، فإنها تكون مجرد صدفة . صدفة غلظية ، أن إطار الاستاد الذي تختفي فيه القوى الطاردة هو بالضبط مساو لإطار الاستاد المحدد بالمجرات البعيدة . مثل هذه المصادفة قد تعرض لها العلماء ، كما تعرضوا لصدف أخرى في الملك ، فيما يسمى

بالنظرية التضخية inflationary theory المرتبطة بنشأة الكون من الانفجار العظيم .

وقبل أن تتناول موضوع التضخم الغلظي في حضارة الفيزياء الحديثة وعدى فهمنا للزمن والمكان ، فإنه يجب أولاً أخذ صورة عن الكون التقليدي كما ترسمه النسبية العامة . وحتى لا يشعر أحد القراء بأن فهمه لفاهيم النسبية لن يكون على المستوى الذي يؤمله لاستيعابها ، فسنعرض رواية لأحداثاً يبين فيها كيف تمكن من هذه المفاهيم .

اعتراف من نسبوي

هناك أمر مثير بالنسبة لسير آرثر اينشتون . والذي قاد فريق البحث في موضوع النسبية في العشرينيات والثلاثينيات . فقد مثل يوماً ما أن يعلق على الإشاعة الغائلة بأن ثلاثة فقط على مستوى العالم يفهمونها ، وكان ذلك يشعر غمياً له ولأينشتين . فقد قال بعد تدبر : « ترى من هو الثالث ؟ » .

إن الشهرة المزعمة للنسبية كثيراً ما تثير التعليقات . ومن الشائع أن نظرية يضعها عبقرى مثل أينشتين . يجب أن تكون خارج مقدرة الإنسان العادي في فهمها . على أن هذه النظرية تدرس بصورة روتينية اليوم في الجامعات ، كما تحتوي المكتبات على كتب على مستوى الطلاب عنها . فاما أن طلابنا أكثر ذكاءً مما نتوقع ، لو أن النظرية ليست مفرقة بالتقدير الشائع عنها . ومع ذلك ، فهناك أناس بالفعل يعملون صعبة في فهم أفكارها ، أو في تصديق أن الكون يتفق مع بعض ما تنبأ به .

وقد بدأ صراخى لفهم النظرية عام ١٩٦٠ ، حين كنت في الرابعة عشرة . كان العالم الرياضي الشهير سير هرمان بوندو Sir Herman Bondi قد دعى لالقاء محاضرة على الطلاب وأولياء أمورهم في مدرستي بلندن . وكان الموضوع هو « النظرية النسبية » . وكانت بلاغة عرض بوندو مثيرة للإلهام بشكل عجيب . ورغم ذلك فقد طمعت إلى درجة اليأس في التفاصيل الفنية . فالرسومات التوضيحية التي عرضها بوندو عن الزمن

والمكان والمليئة بالإشارات الضوئية المتحركة جيدة ودعانا تركننى في بيئة شديدة .

وبعد ذلك بفترة وجيزة اكتشفت كتابا كتبه أينشتين نفسه . عنوانه « معنى النسبية » . ويا للأسف . فصح عبقريته البالغة كان كتابا غير موفق . ووجدت الكتاب بلا جدوى . إلا أن الفكرة الجوهرية كانت قد غرست في نفسى . ذلك أن سرعة الضوء ثابتة بصرف النظر عن نفسها . أو كيفية تحرك مصدر الضوء . مثل هذه النتيجة الواضحة بشكل ملفف تنحدر القدوة على التخيل . ولكنى . بسبب عمى آنذاك . كنت شغولاً بالمفاهيم الغريبة . ومن ثم تقبلت الفكرة .

الاعتقاد في المستحيل :

وخلال دراستى أخلت في تعلم بعض ما تنبأت به النسبية الخاصة . تبدد الزمن والكماش الطول واستحالة تجاوز سرعة الضوء . وزيادة الكتلة مع زيادة السرعة . والمعادلة الشهيرة $E=mc^2$. والتي تربط بين الطاقة والكتلة . كل هذا أخذه قضايًا مسلما بها . ولكن مفزاعا ظل لغزا محيرا .

وفي الجامعة التحقت بحلقة دراسية خاصة للنسبية . وكان على أن أفكر في تمدد الزمن بالتفصيل .

لم يكن مجرد أمر مثير للتعجب أن يسافر شخص في رحلة فضائية ثم يعود ليجد توأمه أكبر منه عمرا بعشر سنوات . بل بدا ذلك هو السخف بعينه . كيف يمكن لنفس الأشياء أن تسير بمعدلات مختلفة ؟ كان ذلك هو تمازى لنفسى . وقد تمتثل الموقف على أن السرعة تشوه من عدل الساعات بصورة ما . وأن تمدد الزمن ما هو إلا صورة الخداع . تأثير ظاهرى أكثر منه حقيقيا . وظل التساؤل . أى من التوأمين هو الذى على حق . وأيهما ضحية ذلك الخداع ؟ (٩) .

وعند هذه النقطة اكتشفت العقبة فى تقدمى . كانت المشكلة كامنة في إصرارى على إرجاع كل شيء إلى الفطرة البدائية والمفاهيم المسبقة هي

الحقيقة . وهذا ليس بالأمر الحزى بالنجاح . في البداية بدا ذلك نوعا من الفصل المحيط . فاعترف أننى لم أستطع أن أتصور الزمن يحرق بمعدلات مختلفة . وكان ذلك بالنسبة لى بسبب عدم القدرة على فهم النظرية . وبالتأكيد لقد تعلمت كيف أتفاعل مع الصيغ الرياضية وأن أحسب الفرق بين الأزمنة . كان بإمكانى أن أحسب ما يحدث حقيقة . ولكن كان الباقى على أن أعرف لماذا يحدث .

وحنا أدركت سبب حيرتى . فطالما كنت مستظيما أن أتخيل تبدد الزمن وغير ذلك من التأثيرات . وأن أجرى الحسابات المتعلقة بها . فهذا كل ما هو مطلوب . فطالما كان بإمكانى أن أجمع كل شيء لمشاهد معين . وسأل ماذا يمكن له رؤيته وقياسه به بالفعل . فإن هذه تكون الحقيقة . هذا المنهج البراجماتى (النقص) الذى يهدف إلى مجرد رصد ما يشاهد . دون محاولة وضع تصور شامل للأمر في منظور مجرد . يسمى « الوضعبة » *positivism* (انظر الفصل الأول) . ولقد وجدت ذا عون كبير على استيعاب القدر الكبير من الفيزياء الحديثة .

وتدخلت عقبة الزمن . كانت الصعوبة التالية هي استيعاب مفهوم متصل الزمن والفضاء (الزمكان) رباعى الأبعاد . لقد قرأت كثيرا أن الزمن بعد رابع . ولكن هذه المقولة الحافة لم تكن تعنى بالنسبة لى شيئا . بل لقد بدت لى خطأ بينا . فأكتر أحاسيسى بالعالم فطرية تنبشنى أن المكان (الفضاء) هو المكان . وأن الزمن هو الزمن . فهما من الناحية الوصفية تمايزان بما لا يسمح لى تصور الزمن بعدا رابعا مع المكان . فمن البداية . المكان هو شيء . يمكننى أن أراه وأن ألمسه . بينما لا أحس باللمحة من الزمن إلا عندما يحين أوانها . والأكتر من ذلك . فانه بإمكانى التحول من المكان . وليس فى الزمن .

المشكلة تكمن في أننى أخلت عبارة البعد الرابع بفهوم حرفى . فالنظرية لا تقضى أن الزمن هو بالفعل بعد رابع مع المكان . فهى لا تنكر تمايزهما . ولكنها تقول أن الزمن والمكان مترابطان في خواصهما بدرجة تجعل من المنطقى أن تصفهما معا فى لغة من الأبعاد الأربعة . وما يسمح

عن تعالجهما ، وهو الزمكان . يتولد عنه الخواص المثيرة التي تعرضنا لها في مؤلفنا هذا . منها مثلا أن المسافة رباعية الأبعاد بين حادثتين على مسار نقطة عولية هي صفر ، مهما كان التباعد المكاني بينهما .

حينما وصلت لهذه النقطة فملكنتني حيرة لا توصف ، كيف يتصور الإنسان مكانين مختلفين واقعا والبعد بينهما صفرا ؟ وما إن أدركت أن الزمن ليس بعدا للزمان ، ثلاثت الحيرة . فكما بينا ، يطرح البعد الزمني من البعد المكاني في الصياغة الرياضية للزمكان ، ويكفي إذن أن يحدث التعادل بينهما بحيث يلاشي كل منهما الآخر . فالزمن متميز عن المكان في الصياغة الرياضية للزمكان بإشارته السالبة ، أما لو تكلمنا عن المكان مجردا فمن البديهي أن المسافة المكانية ستكون موجودة .

تصور ما لا يمكن رؤيته

جميل إل الآن ، فالغاز والمخبرات المتعلقة بالنسبية الخاصة بدأت في الشحوب . ثم أنت أعاجيب النسبية العامة . كنت أعلم أنها نظرية الجاذبية ، وأنها تعالج المجال التجاذبي في صياغة من نفوس الفضاء . وفشلت كافة محاولاتي في تصور فضاء مقوس . فليس من مشكلة في تصور كتلة مطاطية تنفوس ، فهي قبل كل شيء مكونة من مادة . ولكن الفضاء هو الخواء ، فكيف يتنفوس ؟ الشيء ٢ ، وبالتحديد ، أين يكون التنفوس ؟ إن الكتلة المطاطية توجد في الفضاء ، ولكن الفضاء ليس موجودا في شيء .

في هذه المرحلة كنت انطباعا أن التنفوس في الفضاء يظهر نفسه بجعل مسارات الكواكب منحنية حول الشمس . فالأرض تتبع مسارا اهليلجيا حول الشمس ليس بسبب قوة الجاذبية ، ولكن لأن الشمس تنفوس الفضاء حولها ، والأرض تتبع اقصر بعد في هذا الفضاء المقوس . ولم يكن ذلك مستغربا بالنسبة لي . وقد علمت أن الضوء ينحني بالفعل بفعل الشمس ، الأمر إذن غاية في البساطة ، الفضاء المقوس يعني فقط مسارات منحنية .

ولكن لغزا بدا في الأفق . فطبقا للتصور الذي وضعته ، فإن ذلك يعني أن الشمس قد طوت الفضاء حولها ، بما يعزلها مع المجموعة الشمسية عن بقية الكون . وعن البديهي أن هذا هراء .

وكانت الغلظة غاية في السفة . فالتنفوس المقول به ليس في المكان ، ولكن في الزمكان ، والفرق بين التعبيرين جوهري . فمن وجهة نظر الزمكان ، فمسار الأرض حول الشمس ليس متقلبا . بل هو لولبي (راجع الشكل ١٧) . وذلك حين نأخذ البعد الزمني في الاعتبار . وفي هذه الحالة ، يترجم البعد الزمني إلى مسافة زمكانية بالضرب في سرعة الضوء . وهو مقدار غاية في الكبر بالمقاييس الأرضية . مما يترتب عليه أن يعطى اللولب في البعد الزمني بصورة كبيرة . الأمر الذي يبين أن التنفوس في الزمكان بفعل الشمس ضحل للغاية . فنصوري الأولى للمسارات كان صحيحا . بشرط أن تدخل عنصر الزمن فيه .

وأخيرا بدا لي أنني أقدم في فهم النسبية . إلا أن المصاعب الجسيمة بدأت في الظهور حين بدأت دراسة علم التكنيات . وكان المشهور عن آينشتاين إطلاقه مفهوم « منحنى ولكن بلا حدود » *closed but unbound* . وهذا ينحدي أكبر قدرات التصور . ولم أكن قد تعودت فكرة تنفوس الزمكان في لا شيء . والآن يتوقع مني أن أقصور أن الفضاء بأكمله مقوس على نفسه بحيث يتقابل مرة أخرى في الناحية البعيدة منه . ولم تقعدني هذه الصورة كثيرا . فبينما أن سطوح الكرة متعلق على البعدين ولكن ليس لها حدود هو أمر سهل القبول . ولكن أن تمد الحدود للأبعاد الثلاثة ليست بالسهولة التي تصورناها شارب المثل . فالسطح ذو البعدين يمكن أن يتنفوس في الأبعاد الثلاثة . ولكن في أي شيء تنفوس الأبعاد الثلاثة ؟ وهكذا ووجهت بنفس المشكلة القديمة .

وأخيرا أفادني تذوقى للخيال العلمي على التغلب على هذه الصعاب . فقرأت لك للخيال العلمي تعودت على تصور نفسك في مكان الأبطال . تنظر للعالم من خلال أعينهم ، وتشاركهم مخاوفهم . حتى وانت تقرا عن المستحيل . فانت مستطيع تخيل ما يحدث . فلم يكن من الصعب على أن

أصبح نفس في رحلة الزمن التي تخيلها هـ.ج. ويلز ، حتى وإن كنت أعلم أن الفكرة لا معنى لها من منظور الفيزياء ، فإذا كان سهلا على أن تخيل السفر في الزمن ، فلماذا يستعصى على تصور الكون المنفلق ؟

وما زلت أتذكر نصيبي على ألا أحاول تصور الحقيقة المطلقة ، ولا أن أكافح من أجل نظرة الـهية علوية للكون . وبدلاً من ذلك ، أكتفى بنظرة متواضعة لمسافر مسكين في الفضاء ، يحاول بشق النفس استكشاف الفضاء المنفلق من حوله ، ماذا تكون خبراته ؟ حسناً ، فبمقدوره السفر في نفس الاتجاه ، والعودة في النهاية إلى نفس موضعه . هذه إحدى المواقف الغريبة للكون أينشتاين المنفلق على نفسه ، ولكنه غير محدود . فعلى الرغم من استمرار عدم قدرتي على تصور كيف يمكن للفضاء أن يكون على هذه الصورة ، فقد تقبلت هذه الخبرة للمسافر الفضائي - فهي مقولة - ليس هناك ما يحافى المنطق في حدوثها . وإذا كان للخبرات أن تندمج في تناسق معاً ، فهذا كانت غرايتها ، فمن الممكن اعتبار مجموعها معبراً عن الحقيقة

وطبقت نفس الفلسفة على المشكلة الدائمة ، الكون المتعدد ، فمثل أي شخص ، لم يمكنني استيعاب فكرة كيف يتمدد الكون ، حيث بدا لي أنه لا يوجد شيء يتمدد فيه . ولكن ما زال بقلوبى أن أتصور معنى مساعدتي لتمدده من الداخل . تخيلت مراقبين في مكان ما بالمجرات السحيقة (البعيد ، يتفحصون السماء ، وكل واحد يراقب بقية المجرات تتباعد عنه . ومرة أخرى ، ليس من بأس في حدوث ذلك ، حتى ولو لم يكن بالإمكان معرفة كيفية حدوثه .

أما أشد المشاكل إلغازاً فكانت فكرة الأفق . كنت أعلم أن المجرات البعيدة تزداد سرعة تباعدها بزيادة بعدها عنا ، وأن هناك حداً لا يمكن بعده رؤية أية مجرات . يسمى الأفق (سوف نتناول هذه الخصيصة الهامة في الفصل التالي) . فلسفة طويلة خلطت بين هذا المفهوم وفكرة حد الكون ، وكان تصوري أن عدم إمكان رؤية مجرات بعد الأفق لأنه

لا توجد هناك أية مجرات ، لا شيء سوى الخواء اللامتناهي . ولكن في النهاية أدركت أن الكون لا حد له ، وأن أية إشارة له هو ضرب من الهراء .

ولكن هذا الخطأ ثلاثي لكي أقع في آخر . فقد قرأت أن تلك المجرات يستحيل رؤيتها لكونها تتراجع بسرعة أكبر من سرعة الضوء . وما ذلك أتذكر وأنا جالس في مقصف بالكلية أنناقش في الأمر مع أحد زملاء ، وقد قلت معترضاً : « كيف يمكن لمجرة أن تتحرك بأسرع من الضوء ؟ » فرد قائلاً : « آه ، إن حد سرعة الضوء قالت به النسبية الخاصة ، ولكننا في الفلك نتعامل مع النسبية العامة » . ولم يكن ذلك ليجددني شيئاً ، حيث لم يكن أينما قد تمكن من النسبية العامة بعد .

حقيقة ، في الفلك نستخدم النسبية العامة ، ولكن ذلك لا يسمح بتجاوز سرعة الضوء . كان السبب في المفصلة هو أنه لم يكن بإمكانني إدراك ذلك إلا بالمفهوم الأرسطي ، فالمجرات بالنسبة لي تتحرك في الفضاء ، باعتبارها شيئاً ساكناً لا حراك به ، بالضغط كما تتحرك الأسماك في البحر الساكن . هذا التصور خاطئ تماماً ، وقد استغرق الأمر طويلاً إلى أن أدركت أن التمدد في الكون لا يحدث بواسطة المجرات المتباعدة ، بل أن الفضاء ذاته هو المتعدد ، مما يجعل المسافات بين المجرات تتسع .

ولا اعتقد أنني استوعبت فكرة الفضاء المتعدد تماماً حتى قرأت عن نموذج ويليام دي سياتر William de Sitter للكون ، والتي لا تحتوي على شيء خلاف كون متدد حال تماماً من أية مادة ؛ وبالطبع ظلت لدي صعوبة تخيل تمدد الفضاء ، ولكن بما أنه يمكن تخيل أن مراقبين سوف يريان بعضهما البعض في تباعد مستمر ، فلا بأس من تقبل الفكرة .

بمضي هذه الصورة ، أصبحت مشكلة تجاوز سرعة الضوء بغير ذات موضوع . فالمجرات لا تتحرك حقيقة بالمرة ، إن الأمر ببساطة أنها محتواة في كون متدد ، والانزياح الأحمر الشهير ليس كما قيل لنا مجرد ظاهرة دوبلر ، والتي تماثل تغير حدة الصغير لقطار مقبل قبل تجاوزه الرصيف وبعده . إنه في الواقع بسبب أن الموجات الضوئية تستطيل

مع تمدد الفضاء . وتدرجيا قد تبلغ الاستطالة الى القدر الذي يجعل التردد يقل عن مجال الأشعة المرئية . وهذا هو الأفق . فالكون وراءه لا يزال موجودا . ولكنه غير مرئي لنا .

بليلة الانهيار

ربما أعقد نقطة في الموضع بالنسبة الى هي الانفجار العظيم . الذي منه تولد الكون . كانت الصورة الأولية لدى هي عن كمية غاية في التركيز من مادة في مكان ما من الفضاء . لسبب ما . وفي لحظة ما . انفجرت . مرسلة شظاياها في كل مكان . لتكون في النهاية مجرات متباعدة . وأدرك الآن مدى خطأ هذا التصور . ولكن عثر في ذلك أن أول احتكاك في هذه النظرية كان قبل أن يتبلور مفهوم مفردة *singularity* الزمكان كما وضعها روجر بنروز Roger Penrose . وستيفن هوكينج Stephen Hawking في الستينات .

في ذلك الوقت . كان الفارسيون للموضوع يؤكدون أن الكون يجب أن أصله في مفردة في الزمكان . والتي هي نقطة يصل الزمكان فيها الى نفوس لانها . وتتوقف عندها فعالية قوانين الفيزياء . ولم يكن هي الممكن . بحسب قولهم . للزمان وللزمكان . أو أي تأثير فيزيائي . أن يستمر في المفردة . وعلى ذلك فمسألة ماذا كان قبل الانفجار العظيم لا محل لها . فليس هناك . قبل . للحظة الانفجار العظيم . حيث أن الزمن بدأ بها . كما أنه . والنفس السبب . من غير المحدد . أو حتى العقل . التساؤل عن سبب حدوثه .

وبعد ذلك . حاولت تصور المفردة بتخيل كل مادة متضغطة في نقطة واحدة . بالطبع هذه الفكرة في حد ذاتها تذهب بالعقل . ولكن استطعت تخيلها . ولكنني كنت حريصا على ألا أقع في خطأ تصور تلك المنطقة محاطة بالفضاء . فانا أعلم أن الفضاء يجب أن يكون قد انضغط الى تلك النقطة أيضا . هذه الصورة ناجحة بالنسبة لنموذج الكون المتناهي المغلق الذي وضعه أينشتاين . حيث لنا جميعا يمكن أن نتخيل

الشيء المتناهي ينكسر الى لا شيء . ولكن نظل هناك مشكلة ظاهرة . لو كان الكون لامتناهيا في المكان . فإذا كانت المفردة مجرد نقطة . فكيف تتحول الى ما هو لامتناه ؟

أعتقد أن فكرة الانهيار تسبب الكثيرين منا . ولم أتصن على الإطلاق من تكوين تصور بدوي لهذا المفهوم . والمشكلة مطردة هنا لأن هناك بالفعل شيئين لانهايين يتصارعان : لانهاية الحجم المكاني . ولانهاية الانكماش . فهما ضغطت الفضاء اللانهائي . فيمض للانهائيا . من جهة أخرى . فاية منطقة منتهية في نطاق الفضاء اللانهائي . مهما بلغ اتساعها . يمكن أن تضغط الى نقطة واحدة في لحظة الانفجار العظيم . ليس هناك تعارض بين اللانهايتين . طالما أنك تتحدث عن أي شيء . تتحدث .

حسنا . يمكنني أن أقول كل هذا بالألفاظ . وأن أصوغه في معادلات رياضية . ولكني أعترف أنني الى اليوم لا يمكنني تصوره .

والشيء الذي أثار انتباه العالم للنسبية العامة . وأسر خيالي . هو بلا شك الثقوب السوداء . هذه الأشياء الغريبة لها عدة خواص عجيبة تستنفذ قدرة المرء على التخيل لأقصى مداها . حين سمعت عن الثقوب السوداء لأول مرة . كان ذلك في أواخر الستينات . كان بإمكانني قبول فكرة انهيار نجم تحت تأثير جاذبيته . وأنه يمكن أن يجس الفضاء بداخله . فيبدو كثيف أسود . أما ما لم أكن أفهمه فهو ما الذي يجري لمادة النجم . أين تذهب ؟ لقد بحثت بعض النظريات أن مفردة تتكون بداخله . ولكنها لم تتطلب أن المادة يجب أن تقابل المفردة . فإذا ما تفادت المادة المفردة . فإنها لا تستطيع مغادرة الثقب . حيث أنه ما من شيء يمكن أن يفلت منه . وبهذا الموقف لي محتويا على تناقض .

الإجابة التي قدمت لي هي أن المادة تقادر الى كون آخر . وبهذا ذلك كثيرا ومهولا . ولكن ما معناه بالضبط ؟ أين يقع ذلك الكون الآخر ؟ لقد استوعبت أفكار الكون الممتد والكون المنغلق . ولكن فكرة تعدد الأكوان أدارت رأسي . أنها لمسوى مسألة عويصة . ولجأت مرة ثانية الى

استراتيجيتي ألا أحاول اكتساب نظرة الـهبة علوية ، وأتصور تجاوز مثل
حذين الكونين ، وتعاملت فقط مع ما يمكن من ناحية المبدأ أن يشاهده
من خلالها .

لقد قرأت ذات مرة قصة بعنوان « الباب الأخضر » ، فيها عبر شخص
باباً يؤدي به إلى حديقة لغناء هادئة ، تماثل فكرتنا عن الفردوس . وحين
عادوها لم يجد الباب مرة أخرى ، وظل بقية حياته يبحث عنه . وذات
يوم وجد باباً أخضر فعبه ، فلقى حظه . فالجنة التي في القصة لا توجد
في المكان الذي نالقه ، فالباب كان يؤدي لغناء آخر . واستخلصت أن
الثقب الأسود لابد أن يكون شيئاً من هذا القبيل . لقد استطعت تخيل
تجربة الرجل مع الباب ، فلماذا لا استطيعها مع الثقب الأسود ؟ فيمكن
لك أن تمر من خلاله ثم تجد نفسك في مكان خلاف أي مكان في فضائنا .
لم يكن مهماً لي أن أعرف أين هو ، كل ما يهمني أن تجربة المشاهد كانت
منطقية ومتراصة .

بعد أن قصصت هذه القصة ، على أن أحذر القاري ، وكما سنرى
في الفصل التاسع ، أنك لا يمكنك المرور خلال الثقب الأسود بهذا الشكل
حقيقة . فالوضع الأكثر احتمالاً أن المادة الساقطة فيه ستقابل المفردة .
ولو أن ذلك لم يثبت الآن بصفة قاطعة .

وأنا اليوم متعود تماماً على التعامل مع العالم العجيب للنسبية .
فأفكار نسبه الزمن والتواء الفضاء وتمدد الألوان هي من الأدوات اليومية
للتعامل مع الفيزياء النظرية . على أن تعودى عليها قد تولد نتيجة
التكرار . وليس لكوني قد حزت مقبرة غير عادية على الإدراك . فأنا اعتقد
أن الحقيقة التي تظهر لنا الفيزياء الحديثة غريبة على العقل البشري ،
وتتحدى أية مقبرة على التصور . فالصور الذهنية المتولدة عن ألفاظ مثل
« الفضاء المنحنى » و « المفردة » هي ساذج غير مناسبة ، قيمتها فقط في
تثبيت الفكرة في ذهنك ، وليس الخبارك كيف يكون العالم الواقعي
بالضبط .

وفي هذه تشابه مع عالم الاقتصاد الدول . فتحن نسج عن
ميراثية الولايات المتحدة ، وأن العجز فيها كذا بليوناً من الدولارات .
وتصور أننا نفهم ما يعنيه ذلك . ولكن ليس منا من يمكنه تصور تدرج
مهول من الأموال بهذه الدرجة في الحياة اليومية . فالألفاظ لها شيء من
أشياء المعاني . تعطينا شيئاً ما تتركز عليه بينما نمر إلى النقطة التالية
في المناقشة . ولكنها لا تنقل شيئاً ذا معنى واقعي بالمرّة . فيبدو أن
الفكرة إذا ما تكررت قدراً كافياً فإنها تثبت في ذهن الدرجة الاحساس
بأنها مفهومة . مهما كانت درجة غرابتها على المنطق البديهي .

إن مقدرة العقل البشرية على تقبل ما لا يتفق مع الواقع عن طريق
الخيال ليعطى حرية هائلة . فالنظرية النسبية ما زالت في بعض تفاصيلها
غريبة بالنسبة لي . كمعظم خواص الإشعاع الجذبى ، ومع ذلك فالتدريب
على التخلص من الحاجة للصور المسطحة أمكننى من التعامل مع هذه
الموضوعات دون وجل .

وباستخدام الرياضيات كمرشد يعول عليه ، يمكننى استكشاف
مناطق تتجاوز حدود الخيال للوصول إلى إجابات شافية عن أشياء يمكن
مشاهدتها .

إن الزعمو الضمني في كون أدجنون الشخص الوحيد بعد أينشتين
القادر على فهم النسبية العامة لا يعنى في رأي أنه وآينشتين وحدهما
القادران على تصور المفاهيم الثورية الجديدة مثل الزمكان المنحنى . ولكن
ربما يكونا بالفعل من أوائل الفيزيائيين الذين استوعبوا أنه في هذا
الموضوع لا يأتي الفهم الصحيح إلا بهجر الحاجة للتصور . هذا هو الأمر
الذى قد يكون مساعداً على فهم ما تخبرنا به الفلكيات النسبوية في شرحها
لما يشاهده من تصرفات في الكون .

هوامش الفصل الثالث

- (١) خلاف النظرية النسبية لأينشتاين . فالفضاء هو النسبية بين الممرات ، وليس النسبة لدرجة الضوء . (المترجم) .
- (٢) فكر النجوم وليس المرات . حيث لم تكن المرات خلاف درج التباينة قد عرفت بعد . (المترجم) .
- (٣) من الطريف أن نذكر أن ماخ لم رفض هذه النظرية عند نشرها عام ١٩١٥ ، وأنه قبل ذلك في العام التالي . (من ثمانية وسبعين عاما) كان يزعم تأليف كتاب لارد عليها . (المترجم) .
- (٤) يفترض أن يكون القطر طويلا بصورة خيالية حتى يظهر الفرق بين ما يراه راكب القطر والمُشاهد على الرصيف . فالتأثير النسبية لا تظهر إلا مع الأبعاد المحسوسة بالنسبة لدرجة الضوء . لهذا السبب لا نلاحظها في حياتنا العادية . (المترجم) .
- (٥) حرة أخرى نذكر أن هذا يتطلب أن يكون الطول محسوسا بالنسبة لدرجة الضوء . أي عدة آلاف من الكيلومترات على الأقل . (المترجم) .
- (٦) ومن ذلك قياس الأبعاد الفلكية بالسنة الضوئية . وهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة كاملة . (المترجم) .
- (٧) يطلق أينشتاين على هذا المبدأ « مبدأ التكافؤ » Principle of equivalence . (المترجم) .
- (٨) نسمى أيضا « الهندسة الريمانية » . (المترجم) .
- (٩) يشرب الفكتور مصطفى مشرفة - رحمه الله - مثلا طريقا لتقريب تعدد الزمن للألمان ، شغل ذلك نظر لساعة عند الثانية عشرة بعد الظهر . لو أنك انطلقت في هذه اللحظة بدرجة الضوء متباعدة عنها ، فانت لن ترى باستمرار سوى الشعاع القادم منها المير عن الساعة الثانية عشرة ، وسيبقى لك الأمر وكأن الزمن توقف عند هذه اللحظة . وبالمقابلة فالفيكتور مشرفة هو عالم مصري في الفيزياء . معاصر لأينشتاين وكان حجة في النظرية النسبية ، وقد توفي في أوائل الخمسينيات . (المترجم) .

الفصل الرابع

الكون على رحابته

إن واجب الفلكي astronomer هو أن يدرس الأشياء الموجودة في الكون . ويتضمن هذا الشمس والكواكب . والنجوم على مختلف أنواعها . والمجرات والمادة ما بين النجوم . وفي المقابل ، فالكوني cosmologist (عالم الكونيات) أقل اهتماما بالتأثير التفصيلي للكون . منه بالهيكلة العام له . فعلم الكونيات يتعامل مع كيفية نشأة الكون ككل . وكيفية نهايته . ويعني الكوني بكلمة « الكون » كل شيء ، الفضاء الفيزيقي بأكمله . الزمن والمادة . ويختلف علم الكونيات عن العلوم الأخرى في أن موضوعه أمر وحيد . وهو الكون . وإن كانوا أحيانا يشيرون إلى آكوان أخرى . لهم في الواقع يشيرون إلى تحريفات رياضية قد لا تحمل . مثل كون جوديل الدوار ، إلا القليل من العلاقة بالعالم الواقعي .

ويعتمد الكونيون على أعمال الفلكيين لرسم تصوره عن الكون . كما أنهم أيضا يستخدمون قوانين الفيزياء لنسجة التغيرات التي تحدث مع تطور الكون . وفي محاولة التنبؤ بالمصير النهائي له . ويميل الكونيون اليوم إلى تأمل الظروف الأولية لنشأة الكون . بالإضافة إلى القوانين ذاتها . وقد بدأ علم الكونيات في العشرينيات من هذا القرن . حين اكتشف إدوين هابل Edwin Hubble أن الكون يتسدد، وهو الاكتشاف الذي تماشى مع توقعات النسبية العامة . توقع أجهد أينشتاين ذاته . والذي كان يعتقد أن الكون في حالة سكون . في التحايل عليه في نظريته . وقد أدى المزيج

من اكتشاف هابل مع النسبية العامة إلى نتيجة عظيمة ، مفادها أن الكون غير مرمي النشأة ، بل لابد أن يكون قد خلق خلقاً قجاليا منذ عدة بلايين من السنين ، في انفجار مهول تسميه اليوم الانفجار العظيم . وأكثر جهود الأبحاث اليوم ، كما ذكرنا من قبل ، موجة تجاه فهم المراحل الأولى التي أعقبت الانفجار العظيم ، ومحاولة ربط الخصائص المشاهدة حالياً بالعمليات الفيزيائية التي تمت في هذه المراحل (١) .

التعدد دون مركز

لم يكن مع ذلك لعلم الكونيات أن يوجد كموضوع محدد لو لم يكن بإمكاننا الحديث عن الكون كوحدة واحدة . ويعتمد هذا بدوره على حقيقة عامة مبنية على المساعدة ، بقياس كبير ، تنوزع الطاقة والمادة بالانتظام متير للتمشقة خلال الكون . و القياس الكبير ، هنا يعني حجوما أكبر من حجم كوكبة من المجرات . أي ما يوازي تقريبا مائة مليون سنة ضوئية . هذا الانتظام يعني ضمناً أن الكون متشابه بالنسبة لأي مجرة خلق مجرتنا ، فليست هناك أية صورة للتمييز لموقعنا في الكون . والأكثر من ذلك ، فهذا الانتظام ثابت مع الزمن ، وبالتالي فمجرتنا تشارك بقية المجرات في مجرى حياتها .

ما علاقة هذا بمفهوم الكون المتعدد ؟ بل كيف في الواقع ندرك أن الكون متعدد ؟ الشاهد المباشر يأتي من تفحصنا للضوء الذي نستقبله من المجرات البعيدة ، فقد وجد هابل أن الضوء يسيل بانتظام إلى التزحزح تجاه اللون الأحمر من الطيف . ويعني هذا أن الموجات الضوئية تتمدد بما يشبه غليظ ما يحدث للذرات على الأرض . ف ، الانزياح الأحمر ، يعني للفيزيائي تحركها لمسار الضوء بعيداً عن المشاهد . هذا ما نعرفه به هابل الفلاسفة . فقد استخلص أن المجرات تفر بعيداً عنا بسرعة هائلة . وكما رأينا ، لقد توافق ذلك مع المتطلبات الأساسية لمعادلات النسبية العامة .

ويطلق على المجرات أحياناً اللبنة الأساسية للكون ، وتباعد ما عنا هو الذي يحدد التعدد الكوني . ففي داخل المجرة ، لا يوجد عدد . ومجرتنا ، درب اللبانة (أو السبابة) (٢) Milky way تتكون من مائة بلليون من النجوم موزعة على قرص مسطح ، يدور ببطء حول مركزها . هذه المجرة تنتمي إلى نوع يسمى المجرات الحلزونية ، أو القرصية ، بسبب شكلها . وهناك أشكال أخرى للمجرات ، ولكنها لا تعنى الكونيين كثيراً .

وهناك ميل للمجرات للتجمع في كوكبات clusters (بأعداد تتراوح بين عدد قليل إلى آلاف المجرات) ، متماسكة بفعل التجاذب فيما بينها . وهذه الظاهرة أكثر إثارة للكونيين . وحيث أن هذا التجمع يناقض التعدد الكوني ، فإنه من الأدق أن نعتبر الكوكبات المجوية هي اللبنة الأساسية للكون .

وقد لاحظ هابل أن المجرات الأكثر غلظاً في مرصده هي الأكثر احمراراً في طيف ضوئها . وحيث أن الخفوت دليل على زيادة البعد ، فإن ذلك يعني أنه كلما زاد بعد المجرة زادت سرعة تباعدها . وقد أكدت الدراسات التالية صحة ذلك . وأن السرعة تتناسب مع البعد . بمعنى أن المجرة التي يبلغ بعدها عنا ضعف أخرى ، تتباعد بسرعة ضعف سرعة الأخرى ، وهي علاقة تسمى (قانون هابل) . والرقم المحدد بالضبط لهذا سعة التباعد عنه مسافة معينة يعتبر من الأرقام الهامة في علم الكونيات ، يطلق عليه « ثابت هابل » . ورغم أن قيمته الدقيقة لا يمكن معرفتها من خلال رصدنا المحدود ، فإن أغلب الكونيين يقبلون رقماً ٥٠ كيلو متراً في الثانية لكل ميجا بارسك (فرسخ نجمي) . البارسك Parsec يساوي ٣.٢ سنة ضوئية ، وهذا يعني أن مجرة تبعد عنا بقدر ١٠ ميجا بارسك تتباعد بسرعة ٥٠٠ كيلو متر في الثانية .

في البعد

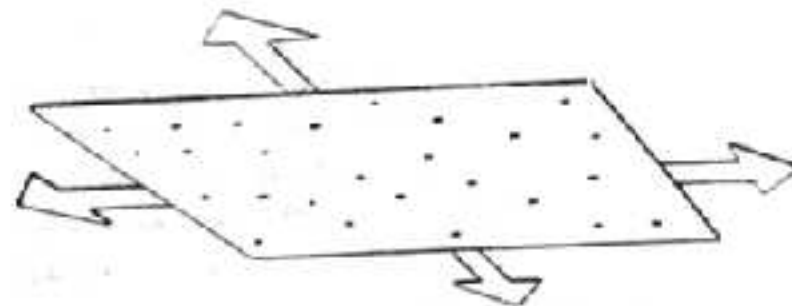
هذه العلاقة البسيطة بين البعد وسرعة التباعد هي المضمون العميق لطبيعة التعدد الكوني . أنها تعني أن الكون يتمدد بنفس المعدل في كل

وفي الكون الواقع - لا توجد أدنى إشارة لكون مجموعة من المجرات لها حافة في أي مكان - ومن ثم لا يوجد سبب للحديث عن مركز للكون - أو منطقة تتباعد عنها المجرات -

ومع ذلك - فلا يملك المرء نفسه من التساؤل عن وجود حافة للكون في مكان ما - ليس وراء قنوة مراقبنا - فبدية لا تعلم يقينا أن المجرات تسلا الكون إلى درجة اللانهاية - ولكن حتى لو كان الكون غير لانهائي - بل شاسع في امتداده فقط - فهناك تصور تكون فيه فكرة الحواف بدون معنى - فاعتبار أن سرعة التباعد تزداد مع المسافة - فإنه عند حد معين ستتجاوز السرعة سرعة الضوء - وكما بينا في الاعتراف الملحق بالفصل السابق - ليس في ذلك أي خرق للنسبية - وأيضا التمثيل بقطعة المطاط مفيد هنا - فملي الرغم من كون كل بقعة تتحرك مع مط القطعة - فإنها تفعل ذلك فقط لأن القطعة تمتد - فليست للبقعة أية حركة بالنسبة لمادة القطعة - وبنفس الطريقة - من الأفضل تصور المسافات بين المجرات تمتد - جاعلة المجرات تتباعد - عن تصور المجرات تتحرك في الفضاء - هذه الرؤية للفضاء - كخصيصة تنبع من النسبية العامة - تسمح بأن تتباعد المجرات واقعا بأسرع من سرعة الضوء - دون أن نر مجرة عبر الأخرى بهذه السرعة - وهو ما لا تسمح به النسبية - وعلى ذلك فالانزياح الأحمر يحدث بسبب تطلب زمن أكبر لوصول الضوء إلى الأرض - فالفضاء البيني قد تمدد مع بعض الشيء - وتمدت معه الموجة الضوئية -

ومن الواضح أننا لا يمكننا أن نتساءل عن تباعد المجرات المتباعدة بأسرع من سرعة الضوء - حيث أن إشعاعها يستحيل أن يصل إلينا - ومن ثم فنحن غير قادرين على الرؤية بعد حد معين - مهما بلغت قوة مراقبنا - والحد الذي لا يمكننا تجاوزه في الرؤية - ولو من ناحية البعد - يطلق عليه الأفق horizon - وكما الأفق على الأرض - فهو لا يعني أنه لا شيء وراءه - فقط عدم رؤية ما وراء من موضعك مهما كان - ومن المؤكد أنه لا توجد حافة للكون على بعد مثل أفقنا - وأية حافة بعده قد توجد من ناحية البعد خارج حدود رصدنا (على الأقل في هذه الحقبة) - يمكننا تجاهلها - فهي بعد ذات أهمية للكون المرئي -

مكان - فبالنظر إليه من أية مجرة سيكون وسط الحركة هو نفسه بقدر كبير - فمن الخطأ أن نتصور أننا - كما يتخيل كثير من الناس - في مركز التمدد - فرغم أن المجرات تتباعد عنا - فإنها أيضا تتباعد عن بعضها البعض - وحيث أن الحركات تخضع لقانون هابل فالمجرات المرئية لأية مجرات أخرى تتباعد عنها بنفس الطريقة التي تتباعد عنا - ليس من مجرة في وضع متميز لتكون مركز التمدد -



شكل (٢٠) يمكن تصوير الكون المتمدد بقطعة مطاطية مسطحة تمتد في كل الاتجاهات بقدر متساو - وهذا تمثل القطعة المطاطية الفراغ - والبقعة عليها تمثل المجرات - وبينما تمتد - الفراغ - تتباعد المسافات بين المجرات - ولكن المجرات ذاتها لا تتحرك في الفراغ - ولا تتباعد عن مركز مشترك -

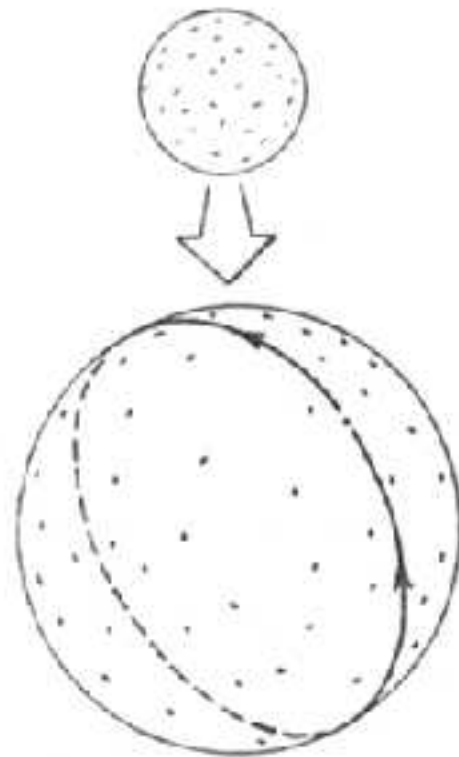
ولو كان صعبا عليك أن تتصور ذلك - فربما كان المفيد لك أن تتصور قطعة مسطحة مطاطية - مغطاة بالبقع التي تمثل المجرات - تخيل أنها تمتد في كل الاتجاهات (الشكل ٢٠) - تكون النتيجة أن كل بقعة تبعد عن البقع الأخرى - بالضبط كحالة المجرات في الكون المتمدد - والأكثر من ذلك فإن هذا النظام سيخضع لقانون هابل - كلما زادت المسافة بين بقعتين - زادت سرعة التباعد بينهما -

وسنذكر الاعتراض على ذلك بأن البقع تتباعد عن مركز معين - وهو مركز القطعة المطاطية - لكن لو كانت القطعة من الكبر في المساحة بحيث لا يمكنك أن ترى حوافها - فلن يكون لك وسيلة تعرف بها أي من البقع قريب من المركز وأيها بعيد عنه - من مجرد مراقبة التباعد - ولو كانت القطعة لامتناهية - ففلا لن يكون هناك معنى لفكرة الحواف أو المركز -

هل هناك أية دلالة تشير الى أن الكون مقنوح أو مغلق ؟ من ناحية
المبدأ يمكننا الحكم على ذلك بإجراء بعض التجارب الهندسية - فاعلمك
بذكر ما قلناه من أن الهندسة غير المستوية تختلف عن الهندسة الإقليدية
للاسطح المستوية - وحيث أنه بإمكاننا الحكم على كروية الأرض برسم
مثلث على سطحه ، فإن قياس زوايا مثلث يتخيل رسمه في منطقة مائلة
في الكون - يمكننا من الحكم على كيفية انحناء الكون من ناحية المبدأ -
مثل هذه الآثار قد بحث عنها (مثلا بعد المجرات في حجم كروية بأصناف
أنظار متزايدة) ولكن آثارا أخرى طغت عليها -

ومع ذلك ، فهناك طريقة واحدة بدرجة أكثر ، وإن كانت غير مباشرة ،
لتحديد إذا ما كان الكون مغلقا أو مفتوحا - فوجود المادة هو ما يحدد
تقوس الفضاء ، وكما زادت المادة في الكون زاد أثر جاذبيتها في تقوس
الفضاء بين المجرات - وهناك كثافة حرجية - تساوي تقريبا ذرة هيدروجين
في كل لتر من الفضاء (حوالي 10^{-26} جراما لكل سنتيمتر مكعب)
تمثل الحد بين الفلاقي الكون والانفجارية - فمادة بكثافة أكثر من هذا الحد -
طبقا للنسبية العامة هي صورتها المعتادة - تعني أن الكون مغلق -

وتشير المشاهدات - وليس بها عدد المجرات في حجم معين من
الكون - الى أن كثافة المادة أقل من الحد الحرج بدرجة ملحوظة - ولكننا
نعلم أيضا ، من طريقة تحرك المجرات في كوكبات ، وتحرك النجوم داخل
المجرات ، (في الحالات بصورة غير متأثرة بتمدد الكون) أنه توجد كمية
كبيرة من المادة في الكون في صور غير مرئية لنا - أساسا جديدا على تلك
المجرات - ولنا حاليا ، على أساس ما لدينا من مشاهدات - في وضع
يسمح لنا أن نحزم إذا كان الكون مغلقا أم مفتوحا ، ولكنه يقف حاليا
عند الخط الفاصل - ومع ذلك ، فمقارنات الظروف الأولية للكون توحي
بأن الكون يجب أن يكون مغلقا ، على أساس نظرية ، كما ستري في الفصل
الخامس ، ويعطى النموذج التوضيحي للانفجار العظيم إيحاء في نفس
الاتجاه أيضا -



شكل (٢١) من المبدأ أن يكون الفراغ مقلدا محصور الحجم -
ولكن بدون حواف - ويمثل ذلك سطح جالون مغطى بمثل الفراغ -
وتمثل النقاط عليه المجرات ، كما في شكل ٢٠ - ويمثل تمدد
الكون نفخ البالون - في الشكل التالي يمثل الخط العنق مسير
محيط بالكون -

ولكن هناك إمكانية ألا تكون هناك حواف من ناحية المبدأ - إن
العملية الطاطمية المضروبة كمثل تشبه فضاء علماء الهندسة الاغريق ، في
اعتمادها اللانهائي - ولكن لو تخيلناها قد تكونت على شكل بالون ،
فما زال بإمكاننا تخيل البقع التي تمثل المجرات (لو كوكباتها) ، وإن
البالون يشدد حاملا المجرات بعيدة عن بعضها البعض (الشكل ٢١) -
هنا لا توجد حواف ، بالضغط كما لا توجد حواف للأرض - هذا النموذج
للكون يوصف بأنه مغلق ، لأسباب واضحة ، والنموذج البديل هو
الكون المتدبلا نهاية ، ويوصف بأنه مفتوح ، -

علينا أولا أن نعطي مزيدا من الشرح حول ما يعنيه مفهوم الانفجار العظيم في علم الكونيات . من المفهوم أنه إذا كانت المجرات تتباعد عن بعضها البعض ، فمعنى ذلك أنها كانت متقاربة . وهذا لهذا المنطق إلى معناه . بلوح للمرء أنه لابد أن كان هناك زمن كانت مادة الكون فيه مضغوطة معا . ومن الأخطاء الشائعة في فهم الانفجار العظيم والكون المتعدد أن هذه المادة المضغوطة الأولية كانت موجودة في مكان ما من الخواء السابق على الكون . وأن شظايا هذه الـ « البيضة الأولية » . وقد تناثرت إثر الانفجار . لتطير الآن متباعدة عن مركز مشترك في الفضاء المحيط بها . فكما قدمنا . فالتمدد يستحسن فهمه على أنه في الفضاء ذاته . حاملا المجرات معه . وعلى ذلك فحين كانت كل مادة الكون متجمعة معا . كان ذلك لأن الفضاء بين المجرات كان متقلصا (أو بالأحرى لم يتمدد بعد) . فالفضاء نفسه . شأنه في ذلك شأن الزمن والمادة . خلق في لحظة الانفجار العظيم . فلم يكن هناك . خارج . حدث فيه الانفجار !

من قانون هابل يمكننا أن نستخلص معدل تمدد الكون . ونحسب إلى الخلف متى بدأ التمدد . الزمن الذي كانت المادة فيه مضغوطة في مكان واحد . ويخبرنا قانون هابل البسيط أن ذلك كان من عدة بلايين من السنوات . ومع ذلك . فهناك أمر دقيق يجب أخذه في الاعتبار . فالكون لا يتمدد على حريته . ولكنه خاضع للجاذبية . ويستنتج ذلك أن معدل التمدد ينخفض بالتدريج . وعلى ذلك . فقد كان الكون يتمدد بمعدل أسرع في البداية . وبأخذ ذلك في الحسبان يكون الانفجار العظيم قد حدث منذ عشرة بلايين من السنوات مضت .

ولانخفاض معدل تمدد الكون تأثير هام آخر . فالمجرات التي تكون متباعدة بأسرع من سرعة الضوء . ستتخلف سرعتها لتدخل دائرة الرؤية . بما يعنى أن الأفق الكوني يزداد اتساعا بمرور الوقت . وأن المجرات التي نراها تزداد عددا حتى وهي تتباعد عنا .

وإذا ما أخذنا صورة الكون المتعدد حرفيا . وأعدنا الشريط للوراء . بالمعدل الكافي . فإن حجم الفضاء الحاصل يكون قد انضغط للصفر في

البداية . بمعنى أن الكون كان في حالة انضغاط لانهاى . مع ضغط كل حافة الكون في نقطة واحدة . ويطلق الكوليدون على هذه النقطة « مفردة singularity » . وطبقا للنسبية العامة . فإن هذه المفردة تمثل حدا للزمن والفضاء . لا يمكن رد أي منهما لما ورائها . فهي بذلك حافة للكون . وإن كانت حافة زمنية وليست مكانية . ولهذا السبب يعتبر الانفجار العظيم مثلا لأصل العالم الفيزيقي بأكمله . وليس كأصل للمادة فقط .

ويصبح التساؤل : ماذا حدث قبل الانفجار العظيم ؟ سؤالا بلا معنى . حيث لم يكن هناك . قبل . . ومثله « أين حدث ؟ » . فلم يكن هناك مركز للكون أو حافة . كما نعرفها في حياتنا اليومية . فالانفجار لم يحدث في الفضاء . بل هو المنشأ الدوامي له .

وهذه نقطة غاية في الأهمية . نريد أن نزيدها إيضاحا . حيث أنها مصدر لبس كبير . بالرجوع لمثال البالون . تخيل أن قطر البالون واصل التقلص . وهو ما يشعل العودة للانفجار العظيم . ومادة البالون تمثل الفضاء ذاته . والبالون يزداد صغرا في الفضاء . ففى النهاية التي يصل فيها القطر للصفر . فإن مساحة سطح البالون تكون قد تلاشت . ويكون الكون . بفضائه وكل ما فيه . ببساطة قد تلاشى في هذه النقطة . لقد كان الانفجار خلقا فجائيا للكون من العدم بمعناه الجرمي . لا فضاء ولا زمن ولا مادة .

الزمن والكون

يا لها من نتيجة عجيبة تلك التي وصلنا إليها . الكون بازغ للوجود بهذه الصورة من اللاشيء ! . وهي نتيجة وصلنا إليها من خلال صورة مثالية . فيها يؤخذ قانون هابل على أنه يطبق بكل دقة على كون متماثل الأرجاء تماما . والواقع أن الكون ليس بهذا التماثل . فالمادة تتركز في مناطق دون الأخرى . كالمجرات . والأكثر من ذلك . فانه يبدو أن معدل التمدد ليس بنفس الدقة في كافة أجزاء الكون . وقد يبدو من الوهلة الأولى أن هذا الحيرد عن المثالية يفسد استنتاجنا عن وجود مفردة تشكل

حداً لماضى الكون ، إذ قد نتصور أنه مع عدم الشك في أن تصل كافة أجزاء الكون بالضرورة إلى نفس النقطة في نفس الوقت حتى تتكون تلك المفردة . ولكن الواقع أنه من السهل إثبات أن تكون المفردة شيئاً لا مندوحة عنه حتى في كون غير متساوي الأجزاء . طالما أن تأثير الجاذبية يمارس قوته في اتجاه التجاذب .

ذلك أن هذه المفردة قد شجعت بعض الكولبيين على افتراض صورة من الجاذبية المضادة يمكن أن تتكون في ظل الظروف الاستثنائية للانفجار العظيم تمنع تكونها . ومن التصورات المحتملة أنه قبل الانفجار العظيم كان الكون متكاملاً بصورة ما ، ومع زيادة التقلص تحولت الجاذبية إلى جاذبية مضادة جعلت الكون يتردد متسلسلاً ، وهي المرحلة التي نتابعها الآن .

ولكن هذا يزيل مشكلة في مقابل خلق أخرى ، فلو أن الكون لم يخلق في لحظة محددة من مفردة ، فإن ذلك يعني أنه سيمضي الوجود ، وهذا يستتبع أن العمليات الفيزيائية كانت نشطة منذ الأزل . ولكن المؤكد أن هذه العمليات محدودة الأثر وغير قابلة للاسترجاع . فالنجوم ، على سبيل المثال ، لا تضيء للأبد ، فمآلها إلى استنفاد وقودها من هارة على نفسها ، ربما إلى لقب أسود . وعلمون المادة لتكوين نجوم جديدة محدود ، ومن ثم فلا يمكن أن تكون هذه العمليات اللانهائية مستمرة الوجود منذ الأزل .

وقد يرد على ذلك بالقول أن مرحلة التحول إلى التمدد تبخر المادة تماماً ، ثم تعيد تشكيلها ، ماحية كل أثر للمرحلة السابقة . ولكن هذا يناقض مبدأ جوهرياً في الفيزياء ، يسمى القانون الثاني للديناميكا الحرارية (الترموديناميكا) ، والذي يضع قيداً صارماً على ما يمكن تحقيقه من عملية دورية ، وعلى وجه الخصوص ، فهو يمنع ، كما سنرى بعد قليل ، أية عملية تعيد الكون كما كان بالضبط في مرحلة سابقة . وهذه الأساليب تبطل أغلب الكولبيين إلى الاعتقاد بأن الكون ذو غير

محدود . وأن الانفجار العظيم يمثل بالفعل بداية خلقه من العدم . والنتيجة المترتبة على ذلك بالضرورة هي أنه بما أن للكون « ميلاً » ، فلا بد وأن له « وفاة » .

هل الكون يموت ؟

ترتبط إجابة هذا السؤال ارتباطاً وثيقاً بعلم الديناميكا الحرارية . وبفهمنا لطبيعة الزمن . ذلك أنه مهما كان اختلاف المساعدين طبيعته « الآن » ، فإنه إذا كان للكون ميلاد في لحظة ما ، وموت مرتقب في لحظة أخرى ، فإنه يكون لدينا مؤشر أساسي لسريان الزمن بين البدء والنهاية .

وقد بدأ مفهوم الموت المتسلسل للكون على يد عالم الفيزياء الألماني هيرمان فون هيلمهولتز Hermann von Helmholtz ، في عام ١٨٥٤ . فقد أعلن عن المصير المحتوم للكون ، على أساس من مبادئ علم وليد هو الديناميكا الحرارية ، وعلى وجه الخصوص القانون الثاني منه ، والذي ينادى بالنصر النهائي للفوضى والعشوائية على النظام . لقد تصور الكون وقد بدأ منضبطاً تماماً ، ثم أخذ في الانزلاق التدريجي نحو الموت الحراري ، حالة من الاضطراب الحراري بين كافة أرجاء الكون ، بعد أن استهلكت كافة صور الطاقة المفيدة ، وتحولت إلى طاقة عشوائية ، مما يستحيل معه إجراء أي نشاط حفيد . هذا الانزلاق وحيد الاتجاه من النظام إلى العشوائية يمثل الجأحاً وأحدها للزمن ، يميز بين الحاضر والمضى والمستقبل ، سهم مألوف لنا تماماً في حياتنا اليومية ، من حقيقة أن الأشياء يحسبها القدم ، المعادن تصفأ ، والناس تشيخ . وهكذا . فهذا السهم تأيت على المستوى الكوني ، ياداً من الانفجار العظيم جميعاً . إلا أن هيلمهولتز لم يكن يعلم شيئاً عن هذا النموذج لبدء الكون حين صاغ نظريته .

وكيف يمكن تبسيط لاستحالة التحرك التلقائي من الفوضى للنظام ، تصور أوراق اللعب وقد خلطت بعد ترتيب وتصود استحالة عودتها لأصلها بمجرد الاستمرار في عملية الخلط ، فزيادة الخلط تؤدي حتماً

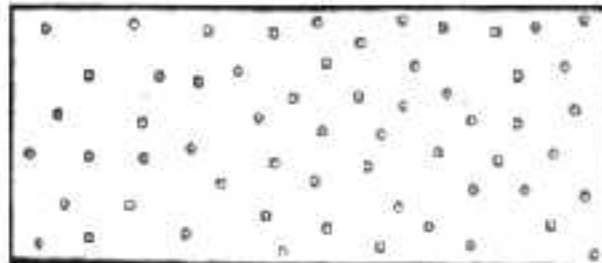
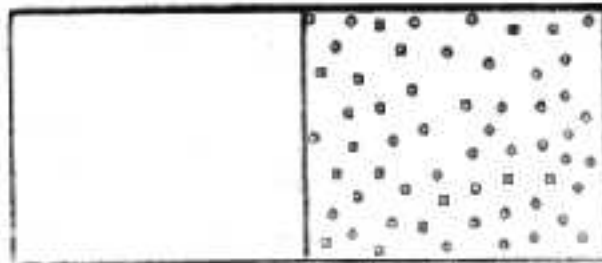
لزيادة العشوائية . ولن نعيد الترتيب مرة أخرى . ولو أننا اطلعنا على شريط سينمائي حبيث به لحظة الترتيب ، فسنعلم بالبديهة إذا كان سريانها صحيحا أو منكسا . بحسب ما إذا كانت لحظة الترتيب هي البداية أم النهاية .

لما اللقطات المتوالية للأوراق وهي غير مرتبة فلا تظهر لنا في أي اتجاه يتحرك الشريط . ونستخلص من ذلك أنه إذا كان بإمكاننا تحديد في أي اتجاه يتحرك الشريط ، فإن سهم الزمن يكون فعلا . أما لو نظر علينا ذلك ، وبعت العملية منطقية في أي من الاتجاهين ، فانه لن يكون للزمن معنى . أو بمفهوم معين ، يكون الزمن قد توقف .

ومن السهل أن تعطى وصفا كمييا لدرجة العشوائية في النظم الفيزيقية . وهو ما يطلق عليه « الانتروبيا » . وفي النظم المغلقة ، لا يمكن لها أن تقل . وشرط كون النظام مغلقا هام للغاية . ففي النظم المفتوحة ، يمكن للانتروبيا أن تقل . ولكن على حساب زيادتها (زيادة العشوائية) في نظام آخر . فمثلا تكون البلورات ، فعملية التبلور ينتج عنها فقد حراري تشتت في الكون ، مريدا من الانتروبيا فيه .

وكان أول بحث في سهم الزمن على يد لودفيج بولتزمان Ludwig Boltzmann ، والذي درس السلوك الاحصائي لأعداد الجزيئات الكثيرة . وتبين معادلته من أول نظرة أن الانتروبيا في صندوق مغلق بالغاز تزداد بإطراد لو تركت جزيئات الغاز تنتشر في عشوائية . بمعنى أن العشوائية تزداد مريدا من العشوائية بين جزيئات الغاز . ولكن هذا بشر تناقضا على الفور ، فقوانين الحركة المطبقة على الجزيئات (قوانين نيوتن) مثبتة على الانضباط ، فهي متماثلة بالنسبة للزمن ، فمن ناحية المبدأ يمكن عكس سهم الزمن (تخيل حركة كرات البلياردو) دون اختلال بها . ولكن انعكاس سهم الزمن بالنسبة للصندوق يؤدي لتقليل العشوائية ، وانخفاض الانتروبيا ، فكيف تحايل بولتزمان على تناقض الزمن في حالة النشاط الجماعي للجزيئات ؟

في الحقيقة أن صندوقا مثلنا بجزيئات الغاز ويتبع قوانين نيوتن تماما لا يشترط له أن يحتوي على سهم الزمن . فمن المحتمل ، بعد قدر مبالغ في طوله (أطول من زمن الانفجار العظيم بكثير) ، أن ننصو أن الحركة العشوائية الدائمة تمر بكل الحالات المتاحة ، بالمضبط كتحليلنا أن استمرار خلط الأوراق لفترة غاية في الطول يمكن أن يعيد ترتيبها . أن ما تبينه حسابات بولتزمان حقا هو أنه إذا كان الغاز في درجة من الانتظام المقابل لانتروبيا منخفضة في لحظة معينة ، فإن الاحتمال الأكبر هو أن تكون اللحظات التالية في اتجاه يصل بها إلى توازن من عشوائية كاملة . أو درجة قصوى من الانتروبيا . ولكن هذا ليس توازنا مطلقا ، فالانفجارات الاحصائية ستحدث بحيث يجد الغاز نفسه وقد عاد إلى حالته الأولى من الانضباط . ونماد الدورة . ولكن هذا يقتضي وقتا غاية في الطول .



شكل (١ ٢) غاز محتوي في نصف صندوق (ب) حين يزال الفاصل . وتعدم الغاز ليلا الصندوق بكامله . الحالة الأولى أكثر انتظاما عن الثانية ، وبالتالي فهي أقل من حيث الانتروبيا . والتحول غير المتعكس من حالة الانتروبيا المنخفضة إلى المرتفعة تمثل سهم الزمن الترموستاتيكي .

أذن ، ما مصير سهم الزمن الذي تلقاه في حياتنا اليومية ؟ تكمن الإجابة ليس في قوانين الحركة الجزيئية ، بل في الظروف الأولية

للغاز . فقد أثبت بولتزمان أنه إذا كان غاز ما في درجة الضبط نسبية . فإن الانتروبيا فيه سوف تكون زيادتها أكثر احتمالا . ولكن الموضوع الحقيقي هو كيف تحقق النظام في البداية . في الواقع لم يكن ذلك أبدا نتيجة انظار فترة غاية في الطول . ولكن بسبب أن الكون بأكمله يتقدم من مرحلة منخفضة الانتروبيا إلى أخرى مرتفعة فيها . ويمكننا هذا من أن نخلق وضعاً يكون فيه الغاز . مثلاً . محتوي في حيز من صندوق مزود بفصل محكم . كما هو مبين في الشكل (٢٢) . وفي هذا الصندوق توجد درجة من النظام تصبح غير موجودة لو أزلنا الفاصل . وملا الغاز الصندوق بأكمله . وتحقيق هذا القدر من النظام الأول لم يتم بلا تكلفة . بل نتيجة نشاط عملي . من صناعة الصندوق واحكام الفاصل فيه . هذه الأنظمة زادت من الانتروبيا للكون بأكمله . والانتروبيا المنخفضة المشتركة في جزء من الصندوق في وقتية . تزال عندما يحل باحكام الفاصل بين الجزئين ويصيرب الغاز ليملا الصندوق . مما يرفع الانتروبيا مرة أخرى .

كل ذلك ممكن لأن الأرض نظام مفتوح . تفرغ الطاقة التي يأتي القدر الغالب منها من الشمس . والتي هي مثال كلاسيكي للتوازن الديناميكي الحراري . كرة مدفوعة من غازات حارة تحت طاقتها الهائلة في اتجاه الانكاس في الفضاء البارد من حولها . وسهم الزمن الذي نقابله في حياته اليومية هو بسبب قربنا من هذا المصدر الهائل من الطاقة في السماء . والذي يمثل دلوا من الانتروبيا السالبة يسكننا الغرف منه لتعيد النظام على كوكبنا .

ولكن نتيج نشاء سهم الزمن إلى مشكله . علينا أن نعرف كيف وصلت الشمس لحالة من الانتروبيا أقل من الحالة القصوى . والتي تسمح لها . بل ونضطرها . إلى بث طاقتها في الفضاء . وحيث أن الشمس هي نعم مثل كثير غيرها . فالمادة كونية . كيف يوجد الكون حالياً في مرحلة عدم توازن . فيه طاقة مشتركة في أماكن دون الأخرى ؟

وليس هذا السؤال جديدا . فقد طرحه من قبل . وصيغة مختلفة قليلا . الفلكي السويسري في القرن الثامن عشر جين فيليب دي شامبو

Jean-Phillip de Cheseaux . ثم أساءه بعد قرن الأمامي جيرمان أولبور German Olbers . قيل أن يحل أجرا في القرن العشرين . والنظر الذي حير دي شامبو وأولبورز . من بين آخرين . هو أنه لو كانت النجوم تبث اشعاعها الحراري وحسبها منذ الأزل . لكثت المناطق بينها مسئلة بالاشعاع . ولبست السماء مضيئة على الدوام . ورغم أن المسألة لم تطرح بهذه الصيغة حتى القرن الحالي . فإن قدرا من النظر يكمن في كون الفضاء أبرد من النجوم . لماذا لم يتحقق التوازن الترموديناميكي للكون ؟

وتأتي الاجابة ليس من تطبيق قوانين الفيزياء على الكون اليوم . بل كما كان في ظروف نشأته الأول . ولم تكن الصياغة الأولى تتضمن طروفا أولية . حيث كان ينظر للكون على أنه سيمدى . هذه النظرة لم تعد سارية اليوم . وإن أحد الأدلة الدامغة على أن للكون طروفا أولية هو في الواقع ظلمة السماء في المساء . فالنجوم تولد طاقتها بحرق الوقود النووي . بتحويل العناصر الخفيفة (أساسا الهيدروجين) إلى عناصر أثقل . يبدأ من الهيليوم وانتهاء بالحديد الذي هو أكثر العناصر استقرارا نوويا (أقلها النووي) . وفي تحويل الهيدروجين إلى حديد يكون النجم قد تسبب في زيادة كبيرة في الانتروبيا . بإطلاقه كل هذه الطاقة التي كانت في الأصل محبوسة في النواة . على صورة اشعاع انتشر إلى أقصى اجوار الفضاء .

علينا إذن الرجوع إلى الوراء أكثر . لأصل الوقود الهيدروجيني الذي مكن من هذه العملية . ويرجعنا هذا اقاربة خمسة عشر بليوناً من السنوات في الماضي . إلى لحظة الانعصار العظيم . ويستشيط العلماء الفلكيون من دراسة معدل تمدد الكون والخلفية الاشعاعية الكونية . أنه بعد ثمانية واحدة من المفردة الأولية كانت درجة حرارة الكون عشرة بلايين من الدرجات . وهي درجة من الارتفاع تحول تون تكون أنوية العناصر . وكانت مادة الكون عبارة عن حساء من المكونات الأولية للذرات (بروتونات والكروونات ونيوترونات حرة) مع . جسيمات أولية . أخرى . وبهبوط درجة الحرارة . بدأت الجسيمات الذرية في التجمع في أنوية . بنسبة

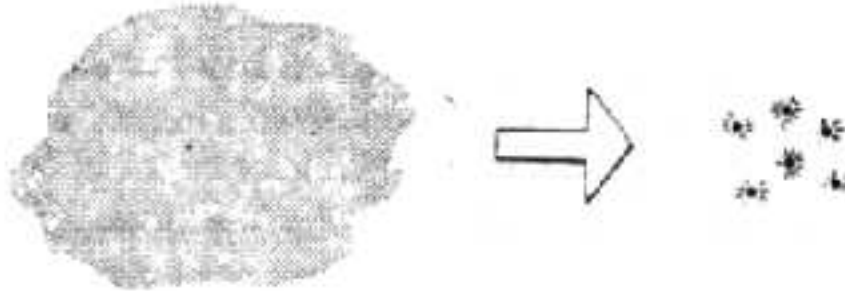
٢٥٪ من الهيليوم ، وأقل من ١٪ من العناصر الأثقل ، وحوالي ٧٥٪ من الهيدروجين .

هذه الفترة من الاندماج في أنوية استغرقت مجرد عدة دقائق ، وتوقفت لأن درجة الحرارة حبطت عما يسمح لها بالاستمرار . ولهذا السبب ، تجددت القدر الأكبر من المحصول الذي على صورة هيدروجين . وهي حالة الانثروبيا المنخفضة التي نعيشها اليوم . فقط في داخل النجوم ، حيث تولد الجاذبية ضغطا هائلا ، تبلغ درجة الحرارة ما يماثل الدقائق القليلة بعد المفردة الأولية ، بما يسمح بإطلاق عملية التمجج النووي مرة أخرى ، واستمرار الرقائ الكون إلى عصره المحتوم من الموت الحراري . إن هذا الرصيد المتبقى من الهيدروجين هو الذي يتيح إجراء الأنشطة النافعة ، وهي الأنشطة التي يشتمل فيها سهم الزمن .

ولكننا نواجه عندئذ بلغز آخر ، لو كان الكون قد بدأ بحالة منخفضة من الانثروبيا ، منها يقوى بالتدريج في عملية غير العكاسية ، فأننا نستنتج أن الكون في مراحله الأولى كان أبعد ما يكون عن حالة التوازن الترموديناميكي (أي حالة الانثروبيا القصوى) . ومع ذلك فإن لدينا شواهد أن الكون بعد ثانية كان في حالة قريبة من تلك الحالة ، بالخلفية الإشعاعية ذاتها ، وانتظام توزيع المادة على النطاق الواسع ، والتفسير المبسط لمعادلات النسبية ، كلها تؤدي لنفس النتيجة ، فكيف سار الكون من التوازن إلى عدم التوازن ، بينما تتطلب قوانين الفيزياء أن يكون العكس هو الصحيح ؟ وبعبارة أخرى ، لو كان الكون ساعة تسير بانتظام وببطء إلى التوقف ، فكيف مثلت في البداية ؟

تكمّن الإجابة في تمدد الكون . إن هذا التمدد هو الذي تسبب في أن تبرد المادة الكونية . لم يكن لنجم مثل الشمس أن يظل في مواجهة الحرارة الحادثة بعد المفردة الأولية إلا لعدة دقائق ، إنها لم تظل موجودة بسبب حرارتها ، بل بسبب برودة الكون التي هي بفضل تمدده . إن هذا التمدد هو الذي يسمح للنجوم أن تظل متوهجة على خلفية من برودة الفضاء . وفي هذا الخصوص لا يعتبر الكون نظاما مغلقا بصورة مثالية ،

حيث أنه في تمدد مستمر ، بالضغط كما لو كنا مشعرين في تحريك الفاصل في صندوق الغاز ، بحيث لا يسمح للغاز أن يستقر ، فالتمدد يعطينا عدم التوازن الترموديناميكي الأساسي الذي يعطى سهم الزمن اتجاهه .



شكل (٢٣) : تتطور سحابة غازية متجانسة - تحت تأثير جاذبيتها إلى حالة من التلاصق لتتجمع فيها المادة على شكل نجوم ، ويمثل هذا سهمها آخر للزمن .

ولكن هذه الإجابة مقنعة فقط إلى هذه النقطة ، نسهم الزمن المتولد عن الديناميكا الحرارية هو واحد من كثير ، فلدينا سهم متولد عن الجاذبية . ننظم الجاذبية لها ميل طبيعي للتقسيم من التشكيلات المنتظمة إلى غير المنتظمة ، كما تتشكل سحابة غازية في الفضاء في شكل نجم (الشكل ٢٣) - والنصر النهائي لهذا الطريق وحيد الاتجاه هو الثقوب السوداء ، حيث تتكثف المادة بشدة تجعلها تنهار لدرجة الاختفاء عن الأنظار . وحقيقة أن الأشياء يمكن أن تسقط داخل الثقوب السوداء ، ولكن لا يمكن أن تخرج منها هي مثال واضح للاتسالية الزمن ، فالشريط السينمائي لا يمكن أن يعكس (الشكل ٢٤) ، ويتقدم الكون تجاه الموت الحراري ، يتحول



شكل (٢٤) : يمثل الخطب الأسود أقصى صورة للتقسيم الجذبي ، للجسم الذي يسقط فيه لا يفلت منه أبدا ، ويمثل ذلك الشد شذو سهم الزمن الجاذبي الدارة .

فقد أكثر من المادة إلى تقوب سوداء . وقد بين دوجر بنزور من جامعة أوكسفورد أن الانثروبيا للكون المرئي هي مجرد ١٠-٩ من قيمتها التي يمكن أن تكون لو أن كل ما فيه من مادة قد تركزت في ثقب أسود وينير هذا السؤال التالي: لماذا كان الكون المبكر كوتا من سحب يكاد يكون منتظما في الغار . إذا كان الوضع الأكثر احتمالا (الأعلى من وجهة نظر الانثروبيا) هو تكثف المادة في تقوب سوداء ؟ لماذا لم ينتج الانفجار العظيم مباشرة إلى التفوت السوداء ؟ والدلالة على هذا التوزيع المنتظم للكون البدائي تأتي كما الحنا من التوزيع المنتظم للمخلقية الإشعاعية للكون . فهذه الخلفية كانت ستحمل بصمة من عدم الانتظام في مراحل الكون الأول . ولكنها كما سنذكر في الفصل الخامس منتظمة بنسبة واحد إلى ١٠٠٠٠٠ .

ولكن نوجز ما قصصناه إلى الآن . يبدو أن هناك على الأقل ثلاثة أسهم للزمن : ترموديناميكي وجاذبي وكوني . ويكاد يكون من المؤكدة وجود رابطة بينها . فحالة الانثروبيا المنخفضة يمكن تتبعها في التسدد الكوني . والتسدد الكوني ذاته هو مثال للنشاط التجاذبي في الكون . والبل العام للنظم التجاذبية للتطور من غلالة سحابية إلى تكثف نجمي . يعتبر مثلا لتسدد الكون في النظام وأطراد . وهكذا فإن تحليل سهم الزمن يبدو أنه مرتبط بتشغيل المسلاسة والانتظام التي كان عليها الكون البدائي . هل السبب يكمن في أن الكون « خلق بهذه الصورة » ، أو بمبادرة أخرى ، أنها بداية اعتباطية تخرج عن مجال العلم ؟ ، أم أنه من الممكن أن نجد تفسيراً لمسلاسة الكون عن طريق نظرية عن أصل الكون ؟ على أي من الاحتمالين ، لقد تتبعنا سهم الزمن إلى خلق الكون ذاته . والعمليات التي جرت في كسر الأنانية التي تلت .

فيل أن تترك المناقشة عن سهم الزمن لكي نتحدث عن الكون البدائي . علينا أن نقول شيئا علفرا آخر حول طبيعة الزمن . فمهما كان الفراغ بشأن لغز أصل سهم الزمن ، فما من شك في أن السهم موجود . وهو الذي يميز بين الماضي والمستقبل . ولكنها قد قدما أن النسبة ليس فيها مكان للماضي والحاضر والمستقبل ، فكيف نوفق بين هذه الحقائق ؟

الزمن والوعي

كما قدما في مناقشتنا للتوافق (الشكل ١٤) ، فإن « متصل » الزمكان الموحدة يعنى ضمنا أن الزمن « يمتد » في كليته . مثل المكان . فليس من معنى مطلق يمكن أن نلحقه بفهوم « ال » حاضر . والأكثر من ذلك ، فإن فكرة « سريان » الزمن أو أن اللحظة الحاضرة تسري من الماضي للمستقبل ليس لها مكان في وصف العالم . هذه المسائل أوجزها بلباقة الفيزيائي الألماني هيرمان ويل بقوله : « العالم لا يحدث . أنه ببساطة يكون » .

كثير من الناس يخلطون بين وجود سهم الزمن والانطباع السيكولوجي بأن الزمن يسري في اتجاه واحد . ويرجع ذلك جزئيا لعبوس الترميز الخاص بفكرة السهم . والذي قد يستخدم ليعبر عما عن الحركة في اتجاهه . وأما للتعبير عن اللاتسائل ، كما تعبّر اميرة البوصلة عن التمييز بين الشمال والجنوب . فحين تشير الإبرة للشمال ، فذلك لا يعنى أنك تتحرك في اتجاه الشمال . كما أن الخلط يحدث نتيجة لعدم الدقة لغويا في استخدام مصطلحي « الماضي » و « المستقبل » . فكل المصطلحين لهما مكان في الفيزياء . بشرط استخدامهما في صياغة صحيحة أجروميا . فالحديث عن « الماضي » و « المستقبل » غير مسوح به . ولكن بإمكانك القول أن لحظة ما هي ماضى للحظة التالية . فليس من شك في ترتيب الحوادث في الزمن . بالضغط كما تتوالى صفحات كتاب في الفراغ . في تنايع منضبط . والأكثر من ذلك . هذا الترتيب كما يجري ترتيب الكتاب . يحمل اتجاهها مصحوبا به . حتى وإن لم يكن هناك شيء حقيقي يسري . فأولا وأخيرا . تتطلب فكرة السببية نوعا من علاقة « قبل ف بعد » للحوادث . فكماثال بسيط . حين تطلق رصاصة على هدف . وتراه يتحطم . فلن يكون هناك شك في ترتيب الحوادث بالنسبة لأي مشاهد . فالتحطم حدث بعد الإطلاق . فالنتيجة تقع دائما كاستقبال بالنسبة للسبب .

ولكن حين نشير لسهم الزمن ، لا يجب أن نفكر في سهم يطر في

المزاج من الماضي للمستقبل . بل علينا ان نفكر في سهم مثل ابرة الدوحة . يشير لطريق للمستقبل . حتى ولو لم يكن هناك تحرك تجاهه .

ولقد تجادل الفلاسفة طويلا حول الموضوع الشائك : هل اللحظة الحاضرة حقيقية موضوعية . أم مجرد اختراع سيكولوجي ؟ فاولئك الذين هم من أعمال هانز ريتخباخ Hana Riechenbach روح وبيتر G. Whitrow والذين انجهسوا الى حقيقة الحاضر يعرفون باسم « المنطرون فئة (أ) » . يسا يطلق على معارضهم . من أمثال أير A. Ayer وحي Smart J. Smart وأدولف جرينباوم Adolph Grünbaum « المنطرون فئة (ب) » . ويمكس الصطلحان أوب وجود نموذجين متباينين للحديث . الأول يستخدم مفاهيم الماضي - الحاضر - المستقبل وما يتعلق بها من أزمنة قاعدية منتشرة في اللغة (٣) . أما النظام الثاني فيستخدم نظام التواريخ . فالأحداث تعنون بتاريخ حدوثها . بدأ كولومبوس في الأبحار ١٤٩٢ . أول هبوط الانسان على القمر ١٩٦٩ . وهكذا . ويغيد هذا في وضع الحوادث في ترتيب لا يثير غموضا . وهو النظام الذي يستخدمه الفيزيائيون . فالتواريخ هي ببساطة أحداثيات . بالخط كذا تستخدم خطوط الطول والعرض لتحديد موقع على سطح الكرة الأرضية . ومن وجهة نظر الفيزيائيين . فهذا هو كل ما هو مطلوب لوصف العالم .

وينسب الفريق (ب) الى أن هذين النظامين للحديث عن نفس الترتيب للأحداث لا يمكن أن يكونا متوافقين . فحيث ان اللحظة الحاضرة تتحرك باستمرار للأمام . فالحوادث التي تحدث مستقبلا سرعان ما تصبح حاضرا فاضحا . ولكن لا يمكن عنونة حادثة معينة بالعناوين الثلاثة . كباس وحاضر ومستقبل .

وتتعلق معضلة أخرى في رأيهم بمسألة مدى سرعة التحرك في الزمن . والإجابة يمكن فقط أن تكون ثائية كل ثانية . (أو أربعاً وعشرين ساعة كل أربع وعشرين ساعة) وهو ما لا يبيدنا بشئ . فهو مجرد لغو .

مفهوم التغير يعني قياسا متغيرة في النقطات المختلفة . ولكن أي شئ يعني تغير الزمن بالنسبة للزمن ؟

وقد تناول المشكلة في السنوات الأخيرة كاتب خيال يدعى جي . دن J. Dunn والذي اخترع شيئا أسماه الزمن المتسلسل . وقد قبل دن فكرة أن الحاضر يتحرك . ولكنه أدرك أن هذا له معنى فقط لو ادخلنا مقياسا آخر للزمن . يمكن بالنسبة اليه تحديد تقدم الزمن الأول . ثم عد الفكرة باقتراح زمن ثالث ورابع وهكذا . في نتائج غير منه . وحاول دن ربط هذه المستويات المختلفة من الزمن بطبقات وفيما . يقترح أنه أثناء الأحلام يمكن أن يكون الانسان في الزمن ١ . بما يمكنه من رؤية الحاضر والماضي والمستقبل . وليس من المستغرب الا تؤخذ فكرة دن بجدية لا من الفلاسفة ولا من العلماء . ولكنها تبين مدى الصعوبة الكامنة في أخذ مفهوم سريان الزمن بجدية .

وعند هذه النقطة سوف يعترض القارئ التشكك والجدل التقليدي يصير كالتالي : « مهما كان ما يقوله العلماء أو الفلاسفة . فما لا شك فيه أن الأمور تحدث . ان هناك تغيرا لا شك فيه . فانا نعيشه معايشة مباشرة . فمثلا . كسر مني قذح القهوة : ولقد حدثت الحادثة في الرابعة . وقد كان التغير للأمام . ان فنجان القهوة الآن مكسور . ولم يكن في انصباح » .

ولسوف ترد اللمة (ب) بأن ذلك ما هو الا خداع : « كل ما تقولونه هو أنه قبل الرابعة كان القذح سليما . وبعد الرابعة كان مكسورا . وعند الرابعة كان في حالة ييشية » هذه الطريقة من الوصف . وهي طريقة اللمة (ب) . تحيل نفس المعلومات عن الحوادث المتعلقة بالقذح . ولكنها لا تشير بأية حال لسير الزمن . ليس من داح للحديث عن كون القذح قد تغير الى حالة الكسر . أو أن هذا قد حبت في الرابعة . كل ما هناك تواريخ وحالات . وليس من داح لليزيد .

ويمكن في الواقع للفتة (ب) أن تمضي لأبعد من ذلك ، بالقول بأنه لا نقيس الزمن انطلاقا بصورة مباشرة ، ان ما نقيسه وانما هو شيء ملموس . كمكان عقرب الساعة على ميناها ، أو موضع الأرض بالنسبة للشمس . فعندما نقول ان شيئا ما قد كسر في الرابعة ، فإن ما نعبه في الواقع أن حالة سلامة الشيء تتفق مع وضع عقرب الساعة عند الرقم ٤ . وحالة الكسر عند موضع للعقرب بعد هذا الرقم ، وبهذا الطريقة تمحي تماما أية إشارة للزمن في وصف العالم .

وقد ترد الفتة (ا) بأن مفهوم تغيير وضع عقرب الساعات ذاته يتطلب إشارة للزمن ، ما لم يكن هو أيضا مرتبطا بشيء ما ، كحركة دوران الأرض . وعندئذ تنتقل المشكلة الى دوران الأرض ، وهكذا - فما نهاية هذا التسلسل ؟

مرة أخرى ، نجد أنفسنا مجبرين على التأمل في الظروف الأولية . فالساعة النهائية هي الكون نفسه ، والذي يتمده يحدد الزمن الكوني . ويبدو أن هذا يحمل مغزى هائلا ، كل من سهمي الزمن الترموديناميكي والفلسفي يبدو أنهما يحددان أصلهما في تمده . في سهم الزمن الكوني . ولكن حين نحاول دراسة أصول هذا التمدد بمعرفة أفضل وصف علمي في الميكانيكا ، ميكانيكا الكم ، نجد أمامنا مفاجأة مدعشة ، إذ يختفي الزمن الكوني من المعادلات تماما ! فمعادلات الجاذبية التي تحكم حركة الكون تفرض قيدها لثري في الغاء بعد الزمن . وعلى ذلك فكل التغيرات يجب أن تقاس عن طريق الترابط . وفي النهاية يرتبط كل شيء بحجم الكون . فأي تصور لحاضر يتحرك قد ذوي كلية ، بالضغط كما ادعى رجال الفتة (ب) دائما .

ولكن ماذا عن حقيقة احساسنا بأن الزمن يسرى ؟ تذكر ان آينشتاين قد تحدث عن خداع ، والخداع المتعلقة بالحركة تصادفها في مواضع أخرى ، والمألوف منها هو الدوار ، فعندما تركب مركبة تدور بسرعة تم تتوقف فجأة ، ينتابك احساس طاع بأن الكون يدور من حولك ؟ ولكنك

تعلم يقينا بأنك متوقف . ربما كان احساسنا القوي لسريان الزمن هو نوعا من هذا الخداع . وأنه مرتبط بالطريقة التي بها تعمل ذاكرتنا .

والنقاش أبعد من أن يكون كافيا . فعل الرغم من أن القدر الأكبر من الحجج هي في صف الفتة (ب) ، وضد حقيقة موضوعية عن حاضر يتحرك ، فيبدو أنه من المستحيل أن نرعى الموضوع وراء ظهورنا كلية . ألا يحتمل أن هناك وجها للزمن لم ندركه بعد ، هو الذي يفسر في الطريقة المبهة وغير الكاملة لأدراكنا لتحرك اللحظة الحاضرة ؟ لقد تكلمنا من قبل عن الهيولية ، والتي تدحو روح الحتمية النيوتونية من النظرة للعالم ، وبالنظر للمستقبل على أنه غير متوقع ، فهو لم يحدد بالحاضر بعد . ان أحد الفروع العلم التي سنتناولها بالتفصيل في الفصل السابع ، تتضمن النظرية الكمومية ، والتي تخبرنا أن هناك قدرا كامنا من عدم اليقين تصادفه في حوادث المستوى دون الذري . وفي ميكانيكا الكم ، يوجد العديد من أنماط الحوادث المستقبلية ، بفهوم ما ، الى أن يقوم المشاهد العديد من أنماط الحوادث المستقبلية التي يقر بوجودها جميعا ، رغم تعارض احتمالاتها . الى أن يقوم المشاهد بتحويل أحد الاحتمالات المفترضة الى واقع . هذا التحويل الجوهرى ربما يكون مرتبطا تماما بصور ما بالفهوم الهلامي لسريان الزمن .

ورغم ما في هذا القول من عدم الارضاء ، فعلينا أن نقر بأننا همزنا في محاولة تحديد ماهية الزمن ، وأن نبحث عن بديل مؤقت لتصوراتنا الحالية عن سريان الزمن في محاولة الأصل والنهاية المحتومة للكون . ومع ذلك ، فهذا الاعتراف بالهزيمة في حد ذاته يبين مدى الحاجة الى إطار فكري لما بعد النيوتونية . إشارة الى أنه يوجد المزيد من الكون بما لا يمكن لنظرياتنا العلمية استيعابه . والآن ، الى أي مدى يمكن لعلم القرن العشرين وصف أصل المكان والزمن ؟

حوامش الفصل الرابع

(١) يمكن للقارئ المهتم بهذا الموضوع مراجعة كتاب « الدقائق الأولى » ، ترجمة الدكتور معدوح المرصفي، منشلا الفيزياء بجامعة عين شمس ، من منشورات « الفن للنشر » ، ٨٦ شارع ٢٦ يوليو - القاهرة - (المترجم) .

(٢) تظهر هذه المجرة في السماء كخط باهت الضوء ، ومن ثم كانت التفسيرات الأولى ، وهي المتلفة مع النسبية الانطولوجية ، لتخيل رجلا يسلكه الذين من اناء معه ، والثانية يتداخل الذين من جملة يتلفها - (المترجم) .

(٣) ربما يستلزم واحد ، فقد اقلنا الفيزيائيون أن شعب الهوى Hogg في شمال أمريكا لا يميزون في لغتهم بين الأزمنة الثلاثة ، وليست لديهم أية وسيلة للتعبير عن سريان الزمن ، فالنسبة لهم تتعين الأحداث بكونها إما « ظاهرة » أو « مستورة » .

الفصل الخامس

الثانيسة الأولى

في عام ١٩٧٦ كتب الفيزيقي ستيفن فاينبرج Steven Weinberg كتابا أسماه « الدقائق الثلاث الأولى » (١) ، يصف فيه الراحل المبكرة من الكون ، الانفجار العظيم ذاته ، ولكن عنوان الكتاب يحتوي على خدعة بسيطة ، فالقصة التي حكها فاينبرج عن كيفية تحول الحالة متناهية الانضغاط للمادة الأولية الى كون متدد ، توزعت في المادة بالنسوى في أرجاء الفضاء على هيئة هيدروجين بنسبة ٧٥٪ وهليوم بنسبة ٢٥٪ تقريبا انتهت بالفعل بعد ثلاث دقائق من المفردة الأولية ، ولكنها أيضا بدأت بعد جزء من المائة من الثانية من تلك المفردة ، أي ليس في البداية بالضبط ، في ذلك الوقت كان الفيزيائيون أبعد من أن يستطيعوا الدفع بنظرياتهم الى الانفجار العظيم ، وما حدث خلال الجزء من المائة من الثانية الأولى كان بالنسبة لهم مبهما ، والآن ، بعد أقل من عشرين عاما ، يتحدث بعض المنظرين بثقة عن حوادث حدثت خلال هذه الفترة ، ولكنهم لا يزالون عاجزين عن الرجوع الى لحظة المفردة ذاتها ، ليس عن غير في نظرياتهم ، فقد صار متفقاً تماما على أن هناك جزءا من الزمن لا يمكن تجزئته ، يسمى « زمن بلانك Plank's time » ، إن هذه الصفة الكمية التي أعطيت للزمن كان تعني ضمنا أن الزمن « بدأ » بمعنى معين ، عنه عمر للزمن مقداره 10^{-43} من الثانية ، فالمفردة ذاتها لا يمكن سبر بحورها ، لها مومل من قبل على أنه المفردة ضاع في خضم التأثيرات الكمية .

وفهنا لتاريخ الكون في النوبة الأولى من عمره يقف على قدم المساواة مع فهمه في الفقائق الثلاث الأولى في منتصف السبعينيات ، وفي خلال النوبة الأولى حدثت العمليات التي استوى فيها الكون المرئي وجعلته يسير إلى حالة الانتروبيا المنخفضة لكي تظهر في تاريخ لاحق للكثير من الأشياء مثيرة ، بما فيها نحن .

ويعني الانفجار العظيم ضمننا ليس فقط ظهور المادة والطاقة ، بل أيضا الفضاء والزمن . وزاوجت روابط الجاذبية الزمكان بالمادة ، حينما يسر أحدهما يتبعه الآخر حتما . فالانفجار العظيم هو الماضي الأقصر للكون المادي بأكمله ، وهو الذي يمثل بداية الزمن ، فليس له « قبل » . هذا المفهوم المحير كان متوقفا منذ عهد بعيد من القديس لوجستين ، والذي كان يردد أن العالم قد خلق « من الزمن » وليس في الزمن .

ولقد جادل الفلاسفة ورجال الدين كثيرا حول المعنى الحقيقي للخلق « مع الزمن » . فواقعة كهذه يجب أن تكون بدون سبب مسبق ، لأن السببية ذاتها مفهوم مرتبط بالزمن . ويعتبر الفيزيائيون جزئية من الجدل اللانهائي وغير المحسوم حول علاقة الله بالوقت . ولكن الفيزيائيين المحدثين ، وبالتحديد في النظرية الكمية ، قد ألغوا ضوفا جديدا على العلاقة بين السبب والنتيجة ، في مسيرهم لغزو لغز سبب الانفجار العظيم الذي لم يكن له « قبل » .

وبالنسبة لغرضنا الحالي ، فالخاصية الجوهرية في النظرية الكمية هي الاحتمية . فالفيزياء القديمة ربطت كافة الوقائع في دباط ولبق من الأسباب والنتائج ، ولكن على المستوى الذري الضح أن هذا الرباط ليس محكما تماما . فالحوادث قد تقع دون سبب قاطع ، وتحولت الحركة والمادة إلى أشياء مبهمه . فالجسيمات لا تتبع مسارات محددة تماما والقوى لا تحدث الآثار المحترمة . لقد أفسحت الساعة المنضبطة لميكانيكا نيوتن المجال إلى خليط هلامي من أنصاف الحقائق (٢) . أنه من خلال ذلك أصبح على المستوى دون المرئي ينبع عدم اليقين . فما يحدث من لحظة

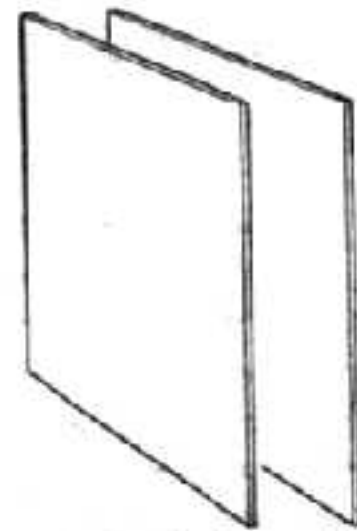
لاخرى ليس محددا تماما ، كل ما يمكن اعطاؤه هو فقط الحدس والعقل .
فالتنبؤات العشوائية في هيكل المادة ، بل والزمكان ، أمر محتوم .

شيء مقابل لا شيء :

من الصعب ما ينتج عدم اليقين الكمي هو أن المادة يمكن أن تظهر من دون مكان ما . ففي الفيزياء الكلاسيكية ينظر للطاقة على أنها شيء ثابت ، لا يخلق من العدم ، فهو فقط تتحول من صورة لأخرى . أما ميكانيكا الكم فتسمح بظهور طاقة من لا شيء ، طالما أنها تختفي في لمح البصر . وحيث أن المادة هي صورة من الطاقة ، فإن ذلك يعني : كما قدمنا في الفصل الأول ، احتمالا لظهور عرضي لجسيمات من لا شيء . هذه الظاهرة تعد جذريا ما نعينه بـ « الفضاء الفارغ » .

تحيل صندوقنا لخل من كل صور المادة . قد نظن أن هذا هو الفراغ بعينه ، أو الفضاء الفارغ . والواقع أن التنبؤات في الطاقة الكمية للفراغ تسب خلقا مؤقتا لكل أنواع الجسيمات . التقديرية ، وهي جسيمات ما ثبت أن تظهر حتى تختفي . فالفراغ الساكن ظاهريا ما هو إلا بحر مهتاج بالنشاط الذي لا يهدأ ، ممتلئ بالجسيمات الشبحية التي تظهر ، وتتفاعل ، ثم تلتشى . ولا يتم إذا كان الصندوق مفرقا من المادة « الدائمة » أم لا ، فهذا النشاط يدور في كل ما حولنا ، بما فيه الفراغ داخل الدرة . الأكثر من ذلك فإن هذا النشاط الفراغي الذي لا يمكن التخلص منه ليس فرضا نظريا ، بل هو ينتج آثاره على الذرات وما دون الذرات ، آثار ملموسة بالنجربة . وقد اقترح الفيزيائي الدانماركي هندريك كاسيمر Hendrik Casimir وضع لوحين معدنيين متقابلين على مسافة جد صغيرة (الشكل ٢٥) . هذان اللوحان لكونهما من المعدن صوب يكونان عاكسين للفوتونات بصورة عالية . بما في ذلك الفوتونات الافتديرية التي اقترعتها . ونتيجة لهذه الانعكاسات المستمرة ، فإن تغيرا ملحوظا يحدث في طبيعة الفراغ في الفجوة بين اللوحين .

وأفضل تصوير لـ يحدث هو المقارنة بوتر جيتار . فلأن الوتر مثبت من طرفيه ، فهو لا يهتز إلا بنفسات معينة ، وهذا يدهش لأي



الشكل (٢٥) : تأثير كاسيمير . يترتب على وضع اللوحين العاكسين انحناء الفراغ الكمي بينهما ، باجبار الفوتونات على اتخاذ أطوال موجية محددة ، ويبتلع عن ذلك قوة تجاذب بين اللوحين .

موسيقى . والذبذبات المنتقلة على طول الوتر تنعكس جيئة وذهاباً بين الطرفين الثابتين ، بحيث لا يلعب الوتر إلا نغمة محددة ، هي التي تسمح باستقرار نضاب موجة بالضغط على طول الوتر ، أو مضاعفاتها (تسمى المضاعفات بالتوافقيات harmonics كما في الشكل (٢٦) . أما غير ذلك من ترددات فبمنوعة . وبصورة مشابهة ، تسمح الفجوة بين اللوحين بذبذبة محددة من الموجات الكهرومغناطيسية أن تتردد بين اللوحين ، نغمة ، خالصة من هذه الموجات ، أو توافقاتها الأعلى . أما كافة الترددات غير المتوافقة في طولها مع مسافة الفجوة ، فلن يكون لها وجود بين اللوحين .

وحيث أن قدرنا من الطاقة محسوم تواجد بين اللوحين ، فإن قدر الفوتونات المتاحة بين اللوحين سيكون أقل من الخارجيهما ، وعليه يكون دفع الفوتونات على السطحين الداخليين للوحين أقل منه على السطحين الخارجيين ، مما يترتب عليه ميل اللوحين للتقارب ، ويظهر تأثير كاسيمير Casimir effect على صورة قوة تجاذب بين اللوحين .

أشياء نتجت عن تعظم البرونونات نتيجة للتصادم . بل خلقت من فرق الطاقة الحركية للجسيمين المتصادمين نتيجة تباطئهما بسبب التصادم . وحيث أن الفراغ لم يتكلف شيئاً من الطاقة في خلقها . فإنها تظل بالية لجسيمات حقيقية .

فالجسيمات التقديرية يمكن أن ترتفع لمستوى الحقيقية إذا ما دفع مقابل من الطاقة لقاء بقائها . والطريقة المباشرة لعمل ذلك في تجربة كاسيمير هي تحريك أحد اللوحين بعنف (وهو يقابل تفر الوتر) . وفي الواقع فإنه من ناحية المبدأ نكل ما هو مطلوب مجرد تحريك أحد اللوحين ، فبينما يتحرك السطح العاكس ، تنعكس منه الحالات الكمية ، ولو تسارعت هذه المرآة فإن ذلك يعطي طاقة للفوتونات تمكنها من الانبعاث . مما يجعل المرآة في الواقع مصدراً للضوء . وليس مجرد عاكس له . فإعطاء المرآة تسارعاً شديداً ، يمكن المرء من رؤية الجسيمات المختلفة في الفراغ الكمي رأى العين .

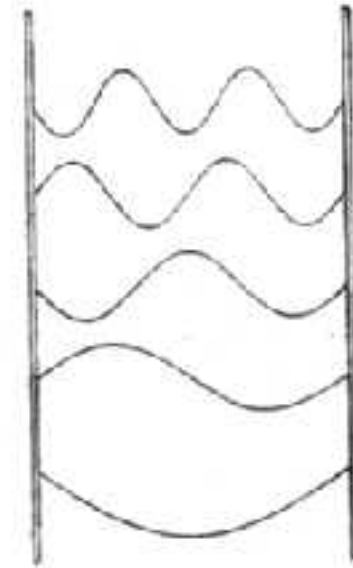
ولكن عقبة تنور في مواجهة ذلك ، غلو أن المرآة أعطيت تسارعاً يساوي تسارع السقوط الحر . فإن حرارة الإشعاع المنبعث لن تكون أعلى من 4×10^{-4} درجة كلفن . وتبين المعادلات أن العلاقة طردية بين التسارع ودرجة الحرارة ، بمعنى أن تضاعف التسارع تضاعف معه درجة الحرارة . ولما كانت درجة حرارة الضوء المرئي تساوي ٦٠٠٠ درجة كلفن (درجة حرارة سطح الشمس ، والتي منها يرد أغلب الضوء المرئي) ، فمن الواضح أنه ما من مادة تصنع منها المرآة المتحركة يمكنها أن تصمد لمثل هذه الحرارة .

ولكن لم يفقد كل شيء ، فالأبحاث في معامل بل تحاول الحصول على نفس النتيجة باستخدام الغازات المؤينة بضوء الليزر . وبالتحكم في الليزر بالصورة المناسبة ، فإن الغاز المتأين يمكن أن يشغل المرآة المذكورة ، وما زال تصميم جهاز مبني على هذه الفكرة جارياً حتى تأليف هذا الكتاب .

ومن الوسائل الأخرى لإنتاج طاقة تمد الفراغ الكمي من خلق مجال كهربي قوى بين اللوحين ، ولا يؤثر ذلك في الفوتونات التقديرية ، ولكن في الإلكترونات وغيرها من الجسيمات التقديرية المشحونة الموجودة بين اللوحين . فمع مجال كهربي بالقوة المناسبة ، ستظهر إلكترونات حقيقية من الفجوة بعد أن أمدنا المجال الكهربي بالطاقة اللازمة لبقائها .

لكن الطاقات الكهربية اللازمة أعلى بكثير مما يمكن لتجربة عملية أن تحققه ، إلا أنه يمكن خلق مجال عرضي بالقوة المناسبة من تصادم عتيف بين نواتي ذرتين ثقيلتين . وينتج هذا لحظيا كرة متناسكة مركزة من مشرات البروتونات ذات الشحنة الموجبة . والمجال الكلي الناتج من مثل هذه الكرة من البروتونات يقترب في قوته من المجال المطلوب لإنتاج أزواج من الإلكترون والبيوزيترون (تقيض الإلكترون) بالقرب من سطح الكرة . وقد أجريت تجارب من هذا القبيل ، ولا تزال نتائجها قيد التحليل .

ورغم أن المجال الكهربي هو السبب ومبيلة واضحة لانتارة الفراغ ، فإن المجال التجاذبي يمكنه أيضا أن ينفذ الفكرة . فاعلمب الثقوب السوداء هي ذات أقطار عدة كيلو مشرات على الأقل ، ولكن يتصور أنه خلال الانفجار العظيم تكونت ثقوب سوداء بحجم نواة الذرة . ويقدر صغر الثقب الأسود ، تكون شدة تشوه الزمكان بالقرب منه (الواقع أن الزمكان يجب أن ينقرض بعنف أشد حتى يستوعب الثقب الأسود الصغير بداخله) . وشدة تشوه الثقب الأسود تعني وجود مجال تجاذبي شديد ، وقد بين شيلن هوكينج أن المجال التجاذبي المهول بالقرب من الثقب الأسود يمكنه انتارة الفراغ الكمي لينتج جسيمات حقيقية بدفع مقابلها من الطاقة التجاذبية للثقب . وسوف تنبخر الجسيمات من منطقة الثقب إلى الفضاء خارجة ، بينما ينفذ الثقب كتلة تدريجيا إلى أن ينفجر إلى مخلفات من الجسيمات دون الذرية (٥) .



الشكل (٢٦) : الفوتونات التقديرية المحصورة بين اللوحين في الشكل (٢٥) تعمل مثل الجينار حين تهتز لوثره . الذبذبة الأولى هي التي يساوي نصف طولها الموجي المسافة بين اللوحين بالضبط . وتتلو ذلك الذبذبة التي طولها الموجي هو ثلث المسافة ثم مضاعفات هذه الذبذبات .

هذه القوة ضئيلة للغاية ، ولكن يمكن قياسها . فالفوتونات ذات الأطوال الموجية القصيرة لا تتأثر بهذه الظاهرة كثيرا ، بينما تتأثر بها ذات الأطوال الكبيرة بقدر أكبر . ولما كانت الترددات طويلة الموجة تقابل كما أقل من الطاقة (٣) ، فإن التغيير في الطاقة يكون ضئيلا . ولكنه رغم ذلك ممكن الإحساس به . كقوة التجاذب التي قام بحسابها كاسيمير . وأكثر التجارب اقناعا استخدم فيها ألواح مقوسة من الميكا ، ومثل هذه التجارب تبين بصورة مباشرة النشاط الفراغي الكمي .

والشئ الوحيد الذي يتبع الجسيمات التقديرية من البقاء هو انتقارها للطاقة . فعند اليقين الكامن في العالم الكمي يسمح لها بالظهور العابر ، دون أن يتكلف الكون شيئا مقابلها . أما إذا كان للجسيم أن يتحول لجسم حقيقي ، فلا بد من طاقة تدفع مقابل ذلك ، والمثال الواضح لهذه العملية نراه في المعجلات ، حين يتصادم زوج من البروتونات عالية السرعة ، لينتج عن التصادم جسيمات تسمى البيونات (٤) ، وهي ليست

ومثل آخر للجمال التعادلي الفائق هو الانفجار العظيم ذاته .
 والحسابات تبين أنه خلال ١٠ - ٢١ من الثانية الأولى كانت الظروف
 الكونية من التطرف لدرجة تفوق بخلق متواصل من الجسيمات . ويعني
 هذا خلق جسيمات حقيقية من الطاقة التجاذبية لتكون المتعدد ذاته .
 ويميل المرء إلى أن يعزى أصل المادة في الكون لهذا الخلق من فراغ
 الفضاء . إلا أن هناك ثغرة .

الأجسام المضادة

لحظة عام مضت . لم يكن أحد يسأل عن أصل المادة . والفلكيون
 كانوا يعتقدون أن الكون سرمدى . وإلى عشرين عاما كانت الاجابة أن
 الكون قد نشأ من انفجار عظيم . وأن المادة كانت موجودة منذ البداية .
 واليوم لدينا تفسير فيزيقي محتمل لأصل المادة . ولكن لنجاح هذا
 التفسير . يجب أن نعرف شيئا عن الأجسام المضادة . والرد على لغز
 اختفائها عن عالمنا المرئي .

وقد نبعث فكرة الأجسام المضادة من أهم تقدم علمي في القرن
 العشرين . النظرية النسبية والنظرية الكمية . فقبلهما كان من المفترض
 أن المادة لا تخلق من العدم ولا تفتى . بمعنى أن حيلة الكون من المادة
 مقدار ثابت . ولكن أينشتين في نسبيته الخاصة غير من هذا المفهوم
 تماما . فقد بين بمعادلته الشهيرة بين الطاقة والمادة : $E = mc^2$ أن
 الكتلة هي صورة من الطاقة . فجسيم كالالكترون يمكن النظر اليه كنتكتن
 مركز من الطاقة . ويمكنك الحصول على قدر كبير منها من كتلة صغيرة .
 لأن العامل (ج) في المعادلة هو سرعة الضوء . وقد مر عليك مقدار كبيره
 (٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية) .

ولأن الطاقة تظهر في صور متعددة . يمكن للمادة أن تتحول .
 مثلا إلى طاقة حرارية . وقد أيد هذا الرأي دراسة كتل الجسيمات
 النووية . فلو أن الاكسوجين مثلا تحتوي على ثمانية بروتونات ومثلها من
 النيوترونات . وحاصل جمع كتل هذه الجسيمات منفردة يقل عن كتلة

لو أن الاكسوجين . أي عن مجموع كتلتها وهي محتواة في النواة . بمقدار
 ١/٨ . فإين ذهب الفرق ؟ التعليل هو أنه تحول إلى طاقة تربط هذه
 الجسيمات معا . وتعلم اليوم أنها بالضبط الطاقة التي تمد الشمس
 والنجوم بالوقود اللازم لحياتها .

وعلى الرغم من أهمية أفكار أينشتين . فإنه لم يفترض مباشرة أن
 جسيمات بأكملها قد تختفي (أو تظهر) عن طريق تبدل الطاقة في صور
 مختلفة . فالبروتون قد تقل كتلته داخل النواة عنه وهو منفرد . ولكنه
 لن يتلاشى كلية . أن من افترض ذلك هو بول ديراك Paul Dirac
 عام ١٩٢٨ .

كان ديراك مهتما بالجمع بين الأفكار الكمية الحديثة والنسبية .
 فرغم أن النظرية الكمية كما طورها شرودنجر وهايزنبرج وآخرون في
 ١٩٢٠ قد تحمت بشكل منقطع النظر في تفسير سلوك الالكترونات في
 الذرة . كتقييدها في مستويات محددة من الطاقة . فإنها لم تتفق مع
 أفكار أينشتين . وعلى وجه الخصوص . فالتحول بين الطاقة والمادة طبقا
 لمعادلة أينشتين لم تتوافق مع النظرية الكمية .

وقد تم التوفيق بين هاتين النظريتين العظيمتين على يد ديراك .
 عام ١٩٢٩ . ومركز النقل في عمل ديراك هو معادلة بديلة لمعادلة شرودنجر
 في وصف حركة الالكترونات على أنها حركة موجية . وقد تضمنت معادلة
 ديراك المعادلة الموجية لشرودنجر والأفكار النسبية عن الحركة . وعلاقة
 الطاقة بالمادة . ولكن ظل هناك أمر دقيق لا يمكن تجاهله .

أن معادلة أينشتين في الواقع ليست بالنص المذكور تماما . بل هي
 على الصورة $E^2 = mc^2 + p^2$. وبأخذ الجذر التربيعي يعطينا معادلتين
 وليس واحدة . حيث أن الجذر التربيعي للعدد الموجب له في الواقع
 قيمتان . واحدة موجبة والأخرى سالبة . معنى ذلك أن هناك صورة أخرى
 للمعادلة هي $E = -mc^2 - p^2$.

قد امتص قدرًا من الطاقة (فوتون مثلا) يمكنه من الارتفاع الى الطاقة الموجبة . بحيث يصبح مرئيا ، انه سيختلف مكانه فجوة ، هذه الفجوة في الواقع تتمثل في جسيم له نفس كتلة الالكترون ، الا انه ذو شحنة موجبة (تعبر عن اختفاء الالكترون ذي الشحنة السالبة) . بمعنى انه سيكون جسيما يشل عبوة معكوسة للالكترون . ومن ثم فقد اعطاء اسم « بوزيترون » .

ولم يكن احد الى ذلك الوقت قد لاحظ وجود البوزيترون ، وكان الجسيم الوحيد ذو الشحنة الموجبة هو البروتون ، ولذا فقد تسأل ديراك ان كان هو الصورة المعكوسة للالكترون ، رغم الاختلاف في الكتلة بينهما . ولكن الفيزيائي الأمريكي كارل أندرسون Carl Anderson عثر عليه في ١٩٣٢ بينما هو يدرس الأشعة الكونية . هذه الأشعة (٧) التي تنظر بها الأرض هي في الواقع جسيمات ذات طاقات عالية تسبب عن كل أنواع الجسيمات الثانوية دون الذرية عند اصطدامها بجو الأرض . احد هذه الجسيمات كان له الحواف في الاتجاه المضاد لاتجاه الالكترون . وان كانت له نفس كتلته . ولم يعد في ذلك من شك في انه الكترون موجب الشحنة ، او البوزيترون .

وأدت التصحيحات التالية لأعمال ديراك الى إلغاء فكرة بحر الطاقة السالبة ، حيث اتضح أن قواعد ميكانيكا الكم تمنع الالكترونات من الهبوط الى طاقة سالبة . فالصورة التي استتبعت عنها ديراك وجود المادة المضادة كانت خاطئة . ولكن الحقيقة لم تكن في الصورة ، بل في المعادلات . والحل « المعكوس » للصورة الكمية لمعادلة آينشتاين كان يسمح (بل في الواقع يتطلب) وجود الجسيمات ذات الشحنات المضادة . بل انه يؤكد ان هذا صحيح لكافة الجسيمات ، فكل جسيم لابد وان له جسيما مضادا . أو نقيض الجسيم . وعلى ذلك فلا بد من وجود البروتون المضاد ، وتوترون مضاد . وهكذا . هذه الجسيمات في مجموعها تسمى « المادة المضادة antimatter » . واكتشف بعد الحرب الثانية البروتون المضاد وغيره من جسيمات مضادة في الأشعة الكونية . كما تنتج حاليا

وقد تجاهل ديراك في البداية الحل السالب ، حيث انه يتضمن طاقة سالبة للالكترون . وهو ما بدا أمرا لا معنى له . ولكن وجوده ظل محيرا له ، اذ لم يفهم بالرة لماذا يشع الكترون موجب الطاقة طاقة على هيئة فوتونات ، وبذلك ينحول الى حالة من طاقة سالبة (٦) . لو أتبع ذلك استمر الالكترون في بث الطاقة والفرز بمستوى طاقته بلا نهاية . ولو سمحت هذه الصورة لما كان لأية مادة مجال للاستقرار .

ثم لاح حل لديراك مبني على صورة خيالية تعلم الآن انها غير صحيحة ولكننا سنتقص القصة كما جرت من أواخر العشرينات الى أوائل الثلاثينات . لنبين أنه حتى النماذج غير الصحيحة تماما يمكن أن تساهم في بحثنا عن الحقيقة .

قبل عدة أعوام اقترح ولجانب بارلي Wolfgang Pauli سماء المعروف باسم « مبدأ الاستبعاد لباول Pauli exclusion principle » الذي يدعي ان تفسير بعض خواص الالكترونات يمكن أن يتم لو افترضنا انها ذات ميل للعرلة ، فلا يمكن لها ان تتقارب زيادة عن حد معين . وبهذا المبدأ يمكن تفسير احتشاد الالكترونات في مسارات مختلفة حول النواة دون ان تصادم وهي تعادل الوصول لمستوى الطاقة الأدنى (كما تفعل الطائرات حين تحتشد حول مطار مزدحم في انتظار الهبوط) . وقد طبق ديراك مبدأ الاستبعاد على مشكلة الطاقة السالبة ، متسائلا : هل يمكن أن تكون هذه الطاقة متعلقة بالفعل بالالكترونات ؟ فمبدأ باولي سيمنع الالكترونات ذات الطاقة الموجبة عندئذ من الهبوط في الطاقة السالبة . ولكن هذا التصور كان يضم اموجاجا قريبا ، فنحن لا نرى مثل هذه الالكترونات ذات الطاقة السالبة ، واستخلص ديراك من ذلك أنها يجب أن تكون مرئية .

وعلى الرغم من الخيال الجامع في تصور ذلك البحر غير المرئي من الطاقة السالبة الممل بالكترونات حقيقية (غير تقديرية) ، الا انه أدى ديراك انه توقع لا يقل جموحا . لنفترض ان أحد الالكترونات المقترضة

في كافة مختبرات الجسيمات في العالم . بل وتخرج باقتناصها في مجالات مغناطيسية .

وحصل كل من ديراك وأندرسون على جائزة نوبل (٨) . وفي خطاب الجائزة عام ١٩٣٣ قدم ديراك اقتراحا جسورا آخر ، قائلا انه من قبيل الصدفة البحتة أن كانت الأرض مصنوعة من تفوق الصورة المألوفة لنا من المادة على نقيضتها . وأنه يمكن تخيل أن نجما آخر لم مكان ما يكون مصنوعا من المادة المضادة . فيكون لدينا نجوم مضادة ، وكواكب مضادة . بل وأيضاً ، بشر مضادون .

ورغم أنه لم تلاحظ الجسيمات المضادة حتى الآن إلا في صورة منفردة . إلا أنه ليس من ناحية المبدأ ما يمنع من أن تتحد بصورة شبيهة للذرات المألوفة . مكونة لدرات مضادة ، مما يتصور معه عالم كامل من المادة المضادة . لن يختلف في فيزيائه عن العالم المألوف لنا . وليس من وسيلة مباشرة تمكننا من أن نعرف على البعد إلى أية صورة ينتمي نجم من النجوم .

وفي المقابل ، فانه ما أن تتلاقى المادة مع نقيضتها ، حتى تكشف عن هويتها . فتولد زوج من الإلكترون والبيزيترون نتيجة انصصاص الفوتونات على الوجه الذي توقعه ديراك أيضاً أن يعكس . إذ ينسب لتلاقيهما في فئتهما المشترك ، وتتحول طاقتهما إلى فوتونات ، تبلغ درجة طاقتها من الشدة لدرجة انتمائها لأشعة جاما . لهذا السبب فإن وجود الجسيمات المضادة على سطح الأرض . بما في ذلك ما يتولد عن الأشعة الكونية ، هو وجود مزقت طبيعته .

وحقيقة أمكالية تولد المادة ونقيضتها من الطاقة (ليس بالضرورة من الأشعة الكهرومغناطيسية) يفتح الباب أمام تفسير نشأة المادة التي صنع منها الكون . فكما رأينا ، لقد استقار الانفجار العظيم عمليات قادرة على إنتاج كميات مهولة من الطاقة . وأن قدرنا من هذه الطاقة قد استنفد في تكوين أزواج من الجسيمات ونفاظها . وعلى ذلك فليس من ضرورة أن نذهب إلى أن المادة كانت موجودة منذ البداية كمجرد رجم بالغيب .

وجودها يمكن أن يعزى لعمليات تمت في المراحل المبكرة للكون . ولكنه بما أن المادة ونقيضتها تتكونان معا ، فإن هذا يؤدي إلى تصور عوالم مضادة نشأت معا . وأن المادة ونقيضتها موجودتان بشكل متداخل في الكون .

ونظرية الكون غشائلا بهذه الصورة متيرة للخيال ، وقد أوحى عام ١٩٦٠ للفلكي الكوني السويدي حانز ألفين Hannes Alven بكتابه « المادة ونقيض المادة » . ولكن هذا التماثل المزعى تواجهه عقبة كلود ، فالجسم الافتراضي في الكون البدائي المكون من المادة ونقيضتها سوف تنور فيه عملية بناء جماعية نتيجة تلاقي كل جسم بنقيضه بحيث لن يتبقى شيء يذكر .

وقد حاول بعض الفلكيين البحث عن آلية مقبول يسمح بتجمع كل نوع من المادة مع بعضه بحيث تكون التجمعات منعزلة على أبعاد تحول دون فنائها المشترك . والأبعاد المتصورة هي الأبعاد المجرية ، حيث أن المجرات توصي بأنها تجمعات منعزلة يفصلها فضاء ساحق (٩) . لكن ميكانيكزم مقنعا لم يتم التوصل إليه على الإطلاق .

وفي نفس الوقت تلوح ظلال كثيفة من الشك في وجود تجمعات من نقيض المادة في أي مكان من الكون . والشواهد على ذلك استخلصت من نتائج قياس اشعاع جاما بواسطة الأقمار الصناعية ، فاشعة جاما لا تخترق الغلاف الهوائي للأرض . ولكن بواسطة أجهزة مركبة على الأقمار الصناعية يتم مسح هذا الاشعاع في أرجاء الكون ، وقد سجل الاشعاع بالفعل في مركز مجرتنا ، درب التبانة ، وفي أجزاء أخرى بالقدر الموحى بحدوث بناء نتيجة تلاقي الجسيمات المضادة . ولكنه من الصغر بحيث أن نسبة المادة المضادة المتبقية في مجرتنا لا تقدر بأكثر من واحد في المليون .

وحتى هذا التقدير قد يكون مبالغاً فيه ، حيث أن قدرنا لا يأمن به من اشعاع جاما يلوح بأنه نتيجة تلاقي الإلكترونات ببيزيترونات مخالفة

حديثاً عن طريق الخلق المزدوج الناتج عن الطاقة العالية في قلب المجرة .
وليس هناك أى دليل على وجود مادة مضادة متخلفة عن نشأة الكون .

وقد طبق نفس المنطق على مجرات أخرى . فالمجرات في عصرنا
يحدث أن تصادم . ومن الطبيعي أن يكون تصادمها في العصور المسحقة
أكثر ، نتيجة تزاوجها في الكون . ولو كان التصادم قد تم بمجرات ذات
مادة متضادة ، لكان الكون اليوم مضوراً بقد كبير جداً من اشعاع جاما .
وهو ما تكذيبه المشاهدات . وأصبحنا مواجهين بلفز . إذا كانت قوانين
الفيزياء محايدة بين المادة وتقيضتها ، فكيف انتهى بمادة من نوع معين؟

أين اختفت المادة المضادة ؟

أحد الحلول البكئة لحل هذا اللغز جاء من كشف الفيزيائيين
أمريكيين عام ١٩٦٤ ، صامسا فال فينش Val Fitch وجيمس كرونين
James Cronin (١٠) . فقد كانا يبحثان في تحلل جسيم يسمى ميزون كـ
K meson . وهو جسيم غير مستقر سرعان ما يتحلل إلى عدد من
الجسيمات والجسيمات المضادة . وقد وجد العالمان أن التحلل لا يكون
متمثلاً بالنسبة لنوعى الجسيمات . ورغم أن الفرق ضئيل إلا أن دلالة
عبيقة . فهو أول شاهد على أن قوانين الفيزياء ليست محايدة بالنسبة
لنوعى المادة .

ولهذا الكشف تداعيات مثيرة . فال عام ١٩٦٤ لم يكن يعرف من
الحصل وجود طريقة لكائنات عاقلة من نوعين متضادين من المادة ، يمكن
التعرف على هذه الحقيقة بالاتصال فيما بينها ، أو معرفة أيها ينتمي إلى
هذا النوع أو ذاك . ولكن الآن ، ومن خلال نتائج تحلل ميزون كـ في
معامليهما يمكنهما معرفة ذلك . ليست معلومة مهمة إذا كانا يخططان للقاء
بعضهما ؟

والأهم من ذلك أن هذا التحيز لنوع من المادة قد يمكن من تعليل
سبب عدم التساوى بين النوعين في مرحلة الانفجار العظيم . ويتم ذلك
على الوجه التالي : في البدء كانت الطاقة ، ومنها خلقت أزواج الجسيمات -

وبسبب عدم التماثل الذي تم كشفه ، فإنه مقابل كل بليون من جسيم
ينصهر بليون وواحد من الجسيم المضاد . ومع برودة الكون ، تنفاني
البلايين من الجسيمات والجسيمات المضادة ، تاركة هذا الفرق الضئيل
باقياً . هذه الجسيمات المتبقية كانت مضورة في اشعاع جاما . بليون
فوتون منها مقابل كل جسيم من المادة . هذا الاشعاع يبرد بدوره مع
برودة الكون خلال تسدده ، متحولاً إلى اشعاع حراري عادي . والواقع ، فإن
الخلفية الاشعاعية الكونية هي الأثر المتبقى من اشعاع جاما الذي غمر
الكون في بدايته .

ولو كان هذا التصور صحيحاً ، فإنه لن يفسر فقط كيفية تكون
مادة الكون ، بل أيضاً سيعمل درجة حرارة الخلفية الاشعاعية الكونية .
فهذه الدرجة تتحد بنسبة الفوتونات للفوتونات ، وإلى الآن ، فإن هذه النسبة
هي من أهم وأغرب القيم في علم الكونيات على الإطلاق . فقد وجدت أن
قيمتها العددية هي بليون لواحد ، بالضبط بالنسبة التي تشير إليها
الحسابات من التحيز الضئيل بين المادة وتقيضها .

ولو كانت النظرية سائرة في طريق صحيح ، فإن وجود المادة دون
تقيضتها في الكون الحالي ليس هو التوقع الوحيد ذا المغزى الفلكي ،
لأن ما بنى يمكن أيضاً أن يهدم . فنفس عدم التماثل الذي سمح للمادة
أن تخلق من الطاقة خالية من تقيضتها ، يسمح أيضاً باختلافها . فالنظرية
تتوقع أن هذا ممكن لأن البروتون ، والذي كان لعهد قريب يعتبر جسيماً
غير قابل للتحلل ، سوف يتحلل إلى البوزيترون بعد فترة من الوقت
بالغة الطول (٣٠١٠ من السنوات) . ولو صح التوقع ، فإن ذلك يعنى
أن مادة الكون جميعها مصيرها للتفكك ، وإن كان ذلك بعد وقت طويل .
فحيث أنه يوجد إلكترون لكل بروتون ، فإن هذه الإلكترونات مألها
التصادم مع البوزيترونات الناتجة عن التحلل المشار إليه ، والقضاء .

هذا التحلل في حد ذاته عملية احصائية ، شأنها شأن كافة
العمليات الكمية ، بمعنى أنه وإن كان متوسط عمر تحلل البروتون طويلاً
لهذه الدرجة ، فإنه مع العدد المهور منها فإن هناك احتمالاً لتحلل واحد أو

اثنين كل عام - وقد أجريت تجارب للبحث عن أية بادرة من هذا التحلل في خزانات مائية بنيت على عمق من سطح الأرض ، ولكنها لم تحقق نجاحا للآن .

ولو كانت التصورات السابقة صحيحة ، فإن المادة المضادة تكون ذات وجود من الدرجة الثانية . مجرد حاصل ثانوي ناتج عن تصادم الجسيمات عالية الطاقة . وحيث أنه لم تتأكد هذه التكهّنات بوسائل مباشرة ، فإن تبقى قدر من المادة المضادة عن بدء الكون يظل مفتوحا . والكلال الناتج للبحث عن ذلك هو الأشعة الكونية .

وقد تم قياس كمية كبيرة الجسيمات المضادة في الأجواء العليا من الغلاف الجوي عن طريق أجهزة مركبة في بالونات . هذه الجسيمات تمر في أغلبها للتصادم بين البروتونات في الأغوار السحيقة من الفضاء بين النجمي . ولكن لغزا آخر معبرا يلوح لنا . فعدد البروتونات المضادة أكبر بكثير من أن يعمل بذلك عند مستويات الطاقة المنخفضة . وأحد التفسيرات البديلة هو أنها نتجت عن الفناء الانفجاري لتقوب سوداء مجهرية تحت تأثير هوكينج الذي سنعرض له في الفصل التاسع . ولكن التعليل الآخر هو أنها أثر مما كان موجودا منها خلال بدء نشأة الكون . وليس لأحد أن يقطع بتعليل لأصلهما إلى الآن .

أما الكشف الذي لو تحقق يكون دليلا على وجود مادة مضادة باقية من منشأ الكون فهو نواة ذرة مضادة لمادة أثقل من الهيدروجين ، كان تكون نواة هليوم مضاد . والهليوم هو العنصر التالي للهيدروجين في الوفرة في الكون . ولذا فمن المعقول أن تكون نواته المضادة هي الأكثر احتمالا بعد نواة نقيض الهيدروجين (وهي مجرد بروتون مضاد) . وتكون من بروتونين مضادين ونيوترونين مضادين . وليس لمثل هذه النواة أن تتكون عشوائيا من تصادمات جسيمات عالية الطاقة في الفضاء . فالهليوم المعتاد يتم تخليقه في التفاعلات النووية داخل النجوم . وقد كان تخليقه بوفرة في عصر الانفجار العظيم . فلو أن نواة واحدة من الهيليوم المضاد تم اكتشافها لأعطت احتمالا بوجود نجوم مضادة .

ولسوف يبدأ البحث عن الهيليوم المضاد في أواخر التسعينات ، بواسطة جهاز يسمى « أرمسترونج » ، سوف يركب في إحدى محطات الفضاء الأمريكية . وسيزوّد هذا الجهاز بمغناطيسات قوية مبردة إلى قريب من الصفر المطلق . تسبب انحناء الجسيمات المشحونة عالية السرعة من المادة والمادة المضادة التي سيتمكن التمييز بينها بواسطة كاشفات قوية . حيث سيكون انحناء المادة في اتجاه مضاد لانحناء انحناء نقيضتها .

ولو أن النجوم النقيضة موجودة ، فسيستنتج ذلك وجود ما هو أقل من النجوم . كالنيازك والمذنبات والكويكبات ذرات من الغبار الكوني . مصنوعة من المادة المضادة . ويكون التساؤل المتبع هو ماذا يحدث لو أن شيئا من هذا القبيل دخل النظام الشمسي ؟

ليست الفكرة ممتعة بالمرّة ، فحجم حبة من الفاصوليا من المادة المضادة كفيل بإحداث انفجار يقاوم قنبلة نووية . وهو أمر لن يمر بلا انتباه . ولكن من الغريب أن انفجارا من هذا القبيل قد حدث في ١٣ يوليو عام ١٩٠٨ في منطقة تنجسكا Tunguska بسiberia ، كان قد جرى لسقوط نيزك . ولكن بعثة عام ١٩٢٨ فشلت في وجود أي أثر لمثل ذلك النيزك رغم الدمار الهائل الذي عم المنطقة بأشجارها ولغاباتها . وتعددت التكهّنات لتبرير الحادثة من اقتراح بسقوط نيزك للجي (محتمل تماما) ، إلى مرور ثقب أسود (غير محتمل بالمرّة) ، على الأقل لعدم وجود أثر لعبوره الأرض من الناحية المقابلة) . وقد اقترح ويلارد ليبى Willard Libby الحائز على جائزة نوبل لاختراع وسيلة الكربون المشع لتحديد الأعمار المادة المضادة كتعليل للحادثة . ولو كان قوله صحيحا لكان هذا مؤشرا بوجود المزيد منها . ولكن ليس لك أن تجزع ، فالدلائل ضد هذا الاقتراح كثيرة .

منشأ الزمن والمكان

إن حقيقة مقدرة الفيزياء الحديثة للجسيمات على تقديم تفسير مقنع لأصل المادة هو انجاز رائع . ولكنه يفشل في تقديم تفسير لأصل الكون

ككل ، حيث إن الكون يحتوي على ما هو أكثر من المادة . فهناك أيضا المكان والزمن . أو الزمكان . ولقد رأينا أن الطاقة اللازمة لخلق المادة يمكن إرجاعها إلى المجال التجاذبي للكون . ولكن لم نتوقف هناك ؟ بعض الناس يجادل بالقول بأن هذا ليس مثلا للخلق من العدم ولكنه مجرد الرجوع بالتعليل إلى الجاذبية . ويظل التساؤل عن المصدر قائما . ولكننا هنا سنواجه بمعضلة . فالجاذبية ليست مجالا موجودا في الزمكان . بل إنها هي الزمكان . فالنسبية العامة تعامل الجاذبية معاملة هندسية صرفة . أي على أنها تشكل للزمكان . وهكذا إذا كانت الجاذبية قد خلقت المادة . فيجب علينا القول بأن الزمكان هو الذي خلقها . ويرحل التساؤل إلى كيفية ظهور الزمكان .

ويلجأ كثير من الفيزيائيين إلى المعروف عن التفكير في هذا التساؤل . تاركين أيام لرجال الدين . ولكن آخرين يجادلون في الأمر . ذاهبين إلى أنه يجب علينا أن نتوقع أن تكون الجاذبية . وبالتالي الزمكان . أشياء خاضعة للظواهر الكمية كغيرها من الأشياء في الطبيعة . وفي هذه الحالة . إذا كان الظهور التلقائي للجسيمات أمرا لم يعد مستغربا . فلماذا لا نتقبل نفس الشيء للزمكان ؟

ويتطلب وضع وصف مرض لهذه العملية نظرية رياضية تضم الجاذبية والكم معا . وهو ما ليس متاحا حتى الآن . ولعل نظرية كهذه يمكن التوصل إليها في إطار توحيد قوة الجاذبية مع غيرها من قوى الطبيعة . ولكننا نعرف بالفعل ما يمكننا من لقاء الضوء على أهم خصائص نظرية من هذا القبيل . وليبيان لماذا يمثل تحقيق هذا التوحيد النهائي مشكلة رياضية عويصة .

احدى المصاعب متعلقة بسدى العمليات الكمية التجاذبية . فلأن الجاذبية هي أضعف القوى المعروفة في الطبيعة إلى الآن . فهي لا تلعب دورها على المستوى الذري أو حتى نواة الذرة . وهو ما يظهر فيه بوضوح كامل الخصائص الكمية للقوى الأخرى . بل على مستوى قد يصل إلى 10^{-16} من هذا المستوى . وعلى مسافة أقل من 10^{-16} من المليمتر .

وهو ما يعرف بمسألة بلانك $Plank's distance$. نسبة إلى ماكس بلانك واضع النظرية الكمية . والمقياس الزمني المقابل لهذه المسألة . وهو ما يعتبر الوحدة الكمية الأساسية للزمن . هو الزمن اللازم للضوء ليعبرها . وهو 10^{-43} من الثانية . والمسمى زمن بلانك $Plank's time$ ويعتقد بعض الفيزيائيين أنه عند هذه المسافة يفقد الزمكان صفته كتسلسل سلس . ويتحول إلى شيء رغوي . وعلى وجه الخصوص . فإن « فقايع » من الزمكان . التقديرى . يمكن أن تظهر وتختفى على نفس نمط ما تفعله الجسيمات التقديرية .

فعل مستوى بلانك . يمكن للزمكان نفسه أن يتحول إلى التلقائية والخروج عن روابط السببية . من خلال التذبذبات الكمية . ولا يزيد نطاق كل زمكان عن مسافة بلانك . ولا يدوم إلا لزمن بلانك . ويقول أكثر دقة . فإن مفهوم الزمن في سريانه يتلاشى عند هذه المسافة الزمنية . فالزمكان لا يكاد يظهر حتى يختفى . وقد كان الشغل الشاغل للفلكيين هو إمكانية أن (زمكان) على شكل الفقاعات التي تنشأ في الفراغ من لاشيء . أو كونا . تقديريا . بحجم مثناه في الصغر . يمكنه تغاды الغناء اللحظي المحتوم . ليتحول إلى الكون المستقر الذي نعيشه . ويوجد آلية مقبول لذلك فيما يسمى السيناريو التضخمي $inflationary scenario$ للكون .

ولكى تنجح مثل هذه الحيلة . فإن الكون الوليد يجب أن يرفع من حجمه من العدم تقريبا إلى مقياس ملموس . وعليه أن يفتح زناد هذه العملية بأسرع وقت . خلال جزء الثانية التي يسمح فيها للتذبذبات الكمية أن تكون موجودة . وعليه لتحقيق ذلك الهدف عبر العاды تغاды حاجز الجاذبية التي نحاول سحقه مرة أخرى إلى العدم . أن المطلوب هو قوة طاردة ذات حجم خرافي . يمكن بها الخروج من قبضة الجاذبية لياخذ الكون طريقه نحو التمدد .

ولكن تأخذ فكرة عن مدى عنف ذلك الدفع للخارج ، تصور أن الكون يتضاعف كل ١٠ - ٣٥ في هذه المرحلة التضخمية العنيفة ، ويستمر هذا التضاعف طالما كان الكون في قبضة ذلك الدفع الخارجى الهائل . هذا التضاعف يسمى الزيادة الأسية exponential ، وهي تؤدي الى معدل نمو كبير جدا (١١) . والعالم المرئى الذى نعيشه هو نتيجة لهذا المعدل الأسى للزيادة .

ولم تستمر هذه المرحلة التضخمية سوى فترة وجيزة . فحالة الفراغ المستثار بطبيعتها غير مستقرة ، وسرعان ما تتلاشى . ونتيجة لذلك فقد أطلقت الطاقة الهائلة المختزنة في الفراغ المستثار على صورة حرارة وجسيمات للمادة . وما أن يتلاشى الفراغ المستثار ، حتى تختفى معه قوة الدفع للخارج الكونية ، ولكن كمية الحركة لهذا التمدد تجعله يستمر باقيا ، مسببا العنف الانفجارى الذى نربطه بالانفجار العظيم . وباختفاء الضغط السالب تستعيد الجاذبية دورها المعتاد ، لاعبة دور فرملة للتمدد ، مسببة نقص معدله الى المعدل الذى نشاهده اليوم .

ولا تقتصر أهمية التمدد التضخمي المفاجيء على مجرد الزيادة الزمنية في الزمكان في فترة مثناهية الصغر ، بل انه أيضا سيسمح ما قد يكون عليه توزيع الطاقة من عدم تساو ، بحيث توزع توزيعا عادلا خلال هذا التمدد التضخمي العنيف . وعلى ذلك ، قلنا ان نتوقع ان يخرج الكون من المرحلة التضخمية بتوزيع متساو بقدر كبير في المادة وفي الحركة . فيما الذى ترحبه لنا المشاهدات ؟

كما قدمنا في الفصل الرابع ، فقد طلت الغلبة الكونية الاشعاعية منذ نشأة الكون كما هي لم تتغير تقريبا ، وهي على ذلك شاهد يحوى على بصمات لشكل الكون البدائي . والاشعاع متساو بشكل يثير الدهشة ، فلا نغير شدة الا في حدود جزء من مائة ألف جزء . ومن الواضح ان الكون الذى تبخض عن الانفجار العظيم كان منتظما بقدر كبير ، وهو في الواقع قد ظل منتظما على مستوى كبير للآن .

نعود الآن الى مفهوم الغيزيقيين للفراغ على انه ليس مرادفا للخواء النام . فقد اوضح ان الفراغ الكمي يمكن ان يستثار الى مستويات اعلى من الطاقة . والفراغ المستثار سيبقى كالفراغ الحقيقي (بمعنى انه ظاهريا مفرغ من الجسيمات الدائمة) بينما هو محتاج بتفجرات من الطاقة التي لا تدوم الا للحظات جد ضئيلة ، مطلقا طاقته في شكل جسيمات خفيفة . وخلال وجوده ، والفراغ المستثار ستكون له خاصية جد غريبة ، ضغط سالب هائل . وفكرة الضغط السالب يمكن تمثيلها بسط زنبوك (في مقابل ضغطه) ، فهو يجذب للداخل ، بدلا من ان يدفع للخارج . وقد يكون من المتصور ان كوننا محتويا على ضغط كهذا يتحطم تحت تأثيره . ولكن هذا القول ليس دقيقا . ذلك ان فرق الضغط هو المؤثر . فالأسماء التي تعيش في اعماق البحار تعيش في وسط من ضغط هائل ، ولكنها لا تنسحق لأن هذا الضغط متساو من كل الاتجاهات .

وعلى الرغم من عدم توافر أية قوة ناجمة عن الضغط السالب ، فانه تأثير تجاذبي ملحوظ . فطبقا للنسبية العامة ، فالضغط مصدر لجاذبية ، بالإضافة للجاذبية الناشئة عن المادة او الطاقة . وفي الأحوال العادية فإن مساهمة الضغط في المجال التجاذبي كم مهملة ، فالضغط داخل الشمس مثلا يساهم بجزء من مليون جزء في قوتها التجاذبية . أما في الفراغ الكمي المستثار ، فالجاذبية الناشئة عن هذا الضغط لها السيادة على تلك الناتجة عن الطاقة والمادة . وحيث ان هذا الضغط سالب ، فان تأثيره يكون سالبا أيضا ، او في الواقع جاذبية مضادة . وعلى ذلك ، فانه لو حدث احتمال ظهور كون واحد من بلايين البلايين من الأكوان التقديرية في حالة مستثناة ، فان الجاذبية المضادة ستسبب في القوة الطاردة المطلوبة بالضبط لتدفع بالفضاء للتمدد في شكل انفجارى عنيف .

يتناقص معدل تمدده عند ذلك ، فلو كان الانفجار أقل قليلا لتهاوى الكون على نفسه مرة أخرى بتأثير الجاذبية . ولو كان أكثر قليلا لتشتت المادة بما لا يسمح بتكون المجرات . والواقع أنه كان يقطن أن الانفجار من الدقة في شدته لدرجة التوازن الدقيق للجاذبية بين هذين البديلين . وتقدم النسبية داجلة بين معدل التمدد والانحناء المتوسط للكون ، وفي حالة التوازن الدقيق المتسارع اليه يكون الانحناء صفرا . ويكون مطلقا إلى حدى بعيد .

ومن المنير حسب درجة الدقة التي كان من الواجب تحفيها .
فبالرجوع إلى زمن بلانك (وهو أقل زمن يكون الحديث عنه ذا معنى) ،
نأن التوازن يكون في حدود جزء من ١٠^{-٦٠} . هذه الدقة الخرافية بلبت الكونيين طويلا .

وعنا تتدخل الصورة التضخمية للانفجار مرة أخرى . فمعها كانت شدة الانفجار ، فتأثيره سيمتص تماما مع الانفجار التضخمي . وعند نهاية المرحلة التضخمية سيكون الكون قد نسي تماما ما كان عليه قبل تلك المرحلة ، ولن تحمل الفترات التالية إلا بصمات المرحلة التضخمية . وقد حدث أن الزيادة الأسيية في التضخم قد تولد عنها توازن في تمدد الكون بالنسبة للجاذبية ، بدرجة أكبر من أن تستطيع قياسات البشر ملاحظتها . ولتقريب الصورة لسبب ذلك فتصور نملة عاقلة على سطح ثمرة عنب ، فهي قد تستطيع بسهولة إدراك أن الثمرة متحنية . ولكن إذا كانت الثمرة قد انتفخت بما يعادل تضاعفا ل ٦٤ مرة ، فلن يتمكن للنملة أبدا الإحساس بمدى ما أصبح عليه الانحناء .

وبالمثل . يمكن للتضخم أن يحل جزئيا مشكلة مبدأ حاخ ، وتعليل لماذا لا يكون الكون دوارا . فأي دوران في البداية سوف يبطأ مع التمدد الكبير ، بالضبط كما تهبط سرعة الزلاقي المتزحلقين على الجليد مع ما أدرعهم .

وفي ظل نموذج للانفجار العظيم لا يحتوي على مرحلة التضخم . يكون هذا الانظام أمرا مستغربا . فمن تراه كان المسئول عن ضبط الانفجار بتلك الطريقة التي تجعل كافة أجزاء الكون تتمدد بنفس المعدل في كافة الأرجاء ؟ وتزداد المعضلة عمقا حين نأخذ الأفق في الاعتبار . فكما قدمنا في الفصل السابق ، فأننا لا نستطيع رؤية أجزاء من الكون وراء حوالي ١٠ بلايين سنة ضوئية ، حيث أن الضوء لما يصلنا منها بعد . وفي الماضي ، كانت المناطق المحيطة في هذا الأفق أصغر نسبيا ، فبعد ثانية واحدة مثلا كان قطره ثانية ضوئية (٣٠٠ ألف كيلو متر) فقط .

ويدفع الأمور مزيدا للخلف ، فإنه عند فترة تقدر بزمن بلانك كان الأفق قطره مسافة بلانك . والآن ، طبقا للصورة التقليدية للانفجار العظيم ، والتي يتمدد فيها الكون بمعدل متناقص ، فإن حجم الكون الذي نراه الآن كان حجمه حوالي المليمتر بعد فترة زمن بلانك ، أي ١٠^{-٣٤} مرة قدر الأفق . ولما كان من المستحيل لأي تأثير أن ينتقل بأسرع من سرعة الضوء ، فإن هذا الكون كان ، وطبقا لتلك النظرية ، مقسما إلى مناطق منعزلة من حيث الرؤية بسبب الأفق ، كل منها بحجم مسافة بلانك ، أي إلى ١٠^{-٣٤} منطقة غير مرئية لبعضها البعض تماما . فكيف أمكن لهذه المناطق أن تتناغم في حركتها في لحية أي اتصال أو سببية تربطها ؟

ويحل التضخم هذه المعضلة ، بسبب التمدد الفجائي العنيف الذي وقع بين ١٠^{-٣٤} و ١٠^{-٣٢} من الثانية . ففي التصور التضخمي كان الكون المرئي حاليا يبلغ من الحجم ١٠^{-٣٢} مستقيرا بعد فترة زمن بلانك ، وهي مسافة في نطاق سرعة الضوء عند ذلك الوقت . وعلى ذلك فانتظام الكون ليس مستغربا بالمرء في التصور التضخمي .

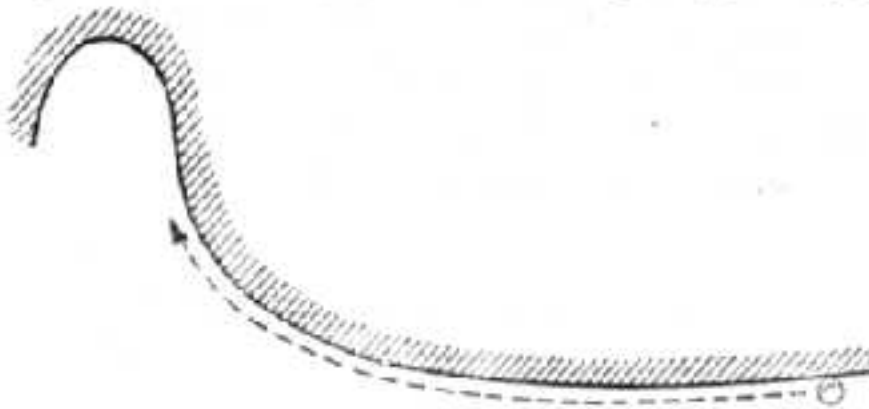
وليس حل معضلة الأفق هو المكسب الوحيد من النموذج التضخمي ، فهو يحل أيضا لغزا محيرا طال أمده ، متعلقا بمعدل تمدد الكون . فالتمدد الحالي هو أثر من التمدد الذي كان ، وفي النموذج التقليدي كان الكون

يعود للتعدد بالصورة التقليدية المتناقضة المعدل التي بدأها مع الانفجار العظيم ، متاثلا ، وقد تحرر من مشاكل الأفق ومعدل التمدد .

ورغم أن الخطوط العريضة لهذه الفكرة تبدو جذابة ، فإن المشاكل مخفية في تفاصيلها ، خاصة فيما يتعلق بالتصادم بين جدران الفقاعات . هذه الحوادث ستنتج عشوائية وبلا ضابط ، ويبدو للوهلة الأولى أنها ستنتج نفس عدم التماثل الذي قامت النظرية للتخلص منه ، ولم يحدث اتفاق الآن على حل هذه المشكلة التي أصبحت تعرف باسم « الخروج السلس graceful exit » ، ولكن عددا من الاقتراحات قدمت بهذا الشأن .

أحد هذه الاقتراحات هو أن الفقاعات تنضخم بدرجة كبيرة قبل التصادم ، بحيث أننا نعيش في منطقة من الكون وراء الأفق من مثل هذه الجدران ، وخارج نطاق أية اضطرابات تحدث بسبب هذه التصادمات . واقتراح آخر يذهب إلى أنه بدلا من اللجوء لفكرة التبريد الفائق ، فإن المرحلة البينية نفسها تأخذ شكل عملية بطيئة .

ولتقريب الصورة ، تخيل كرة مستقرة في توازن حرج على قمة تل مراحلة منحدر (الشكل ٢٧) ، عند أي اضطراب تبدأ الكرة في التدحرج



الشكل (٢٧) : تمثل الحالة المستقرة غير المستقرة الفراغ الكسبي للكون في بدايته كرة موضوعة على قمة منحدر بصورة غير مستقرة ، وإذا كان الانحدار شديدا ، فإن زمن الهبوط يكون طويلا ، مما يعطي التضخم فرصة للحدوث قبل أن تفلط الطاقة عن هيئة حرارة .

هذه السلسلة من النجاحات تجعل نموذج التضخم محببا للكثير من الكونيين . ولكن النموذج مع ذلك ليس بلا مشاكل ، أحدها على الإطلاق هي مشكلة انتهائه ، كيف عاد الكون سيرته الأولى ؟ فلكي ينتج التضخم آثاره يجب أن يستمر إلى أن يتضخم الكون 10^{26} على الأقل . وخلال هذه الفترة تهبط الحرارة تقريبا بنفس المعدل ، فتصل إلى ما يقترب من الصفر المطلق . ومعنى ذلك أن الكون يبرد لحظيا تقريبا من درجة حرارة 10^{27} كلفن إلى حوالي الصفر . بعد ذلك يفتح الباب أمام رجوع الكون إلى حالته المستقرة غير المستقرة . هذا التغيير ، الذي يشبه بحالة تغير الماء إلى بخار سائل ثم إلى ثلج ، يحدث في نهاية الفترة التضخمية بعد أن تفقد قوتها الدافعة . وحتى لا يحدث ذلك بسرعة أكثر من اللازم ، فإن النظرية في صورتها الأصلية ، كما وضعها آلان جوث Alan Guth من معهد ماساشوسيتس للتكنولوجيا Massachusetts Institute of Technology اقترحت نوعا من التبريد الفائق تعرضت له مادة الكون

والتبريد الفائق ظاهرة قد تحدث للماء حين يبرد ببطء شديد ، حيث يمكن أن يظل في حالة السيولة تحت الصفر المئوي بقدر قليل ، إلى أن يحدث أي اضطراب يؤدي به إلى التجمد . وبالمثل يمكن أن تكون الحالة المستقرة قد ظلت مستمرة مع هبوط الحرارة إلى لا شيء تقريبا بسبب التضخم ، وبالتالي تكون القوة الطاردة من الاستمرار في نشاطها إلى القدر اللازم من الانتفاخ ، ثم يحدث « التجمد الكلي » .

ولن تحدث هذه المرحلة البينية متاثلة في كافة أجزاء الكون ، فعبارة قضاضة يمكن القول بأنه تحدث نقاعات عشوائية من هذه الحالة ، وتنمو بسرعة الضوء ، ثم تتجمع مما إلى أن تملأ الفضاء . داخل الدفاعة يتوقف التضخم فجأة ، معطيا طاقته لجدران الفقاعة . وحين تصادم هذه الجدران عالية الطاقة ، تبت طاقتها على صورة حرارة ، معيدة الطاقة الحرارية الهائلة التي سبق أن أخذت من الكون أثناء التضخم . وعلى ذلك يعود الكون بصورة انفجارية عنيفة مرة أخرى إلى حالة السخونة ، ولكن بلا قوة طاردة هذه المرة . وبعد هذا التسخين المعاد يمكن للكون أن

خوامش الفصل الخامس

(٧) مترجم - بتصرف - بواسطة معدود الموصلين لستاذ الفيزياء بجامعة عين شمس - الناشر : القذافي للنشر والدعاية والإعلان ، ٩٦ شارع ٢٦ يوليو القاهرة - (المترجم)

(٨) رغم أنه ليس المقام لأعطاء تاريخ تفصيلي لتطور الفيزياء الكمية ، فلفظا مود أن نؤكد على كلفة هذه الأفكار - مثل التصادمات غير المتناهية مع الخلق الجديد في النظرية النسبية - قد تراكمت من خلال الفلتنة من الظواهر كدالة صحيحة في وصف الطبيعة التي يعمل بها الكون ، بل أن لخلق فيزياء نيوتن في تلك النتائج بعض التجارب من التي أدت لتطور الحاجة لنظريات جديدة ، فالنظرية الكمية تعالج بالفعل وحسب دقة كبيرة نشاط الأشياء على المستوى دون الذري .

(٩) طبقا لمعادلة بلانك للكلمة ، على كم الطاقة يزيد كلما زاد تردد الموجة - أي قدر طولها الموجي - (المترجم)

(١٠) تسمى اهتزازات جزيئات ماء - (المترجم)

(١١) تسمى هذه الظاهرة : إشعاع هاولكنج - (المترجم)

(١٢) من المبادئ المسلم بها أن النظم الفيزيائية تميل إلى التحول إلى مستويات الطاقة الأدنى -

(١٣) إطلاق اسم : الأشعة على الأشعة الكونية هو من قبيل التجاوز - فهي ليست أشعة على الإطلاق - ولكنها جسيمات كما ورد في المتن ، وهو النسب في أن الكلمة وردت في المتن بين علامتي تنصيص إشارة لعدم دقتها - (المترجم)

(١٤) حصل عليها فيزياء عام ١٩٢٢ (مع نيرودسجر) - وأندرسون عام ١٩٣٦ - (المترجم)

(١٥) ينسب الفلكيون في أن توجد - مادة سوداء - تعكس الفلكية بين المجرة -

(١٦) حصل معا على جائزة نوبل عام ١٩٦٠ - (المترجم)

(١٧) يصور أثر التضاعف - أو الزيادة الأسية - في النسخة الشهيرة لوسع حبة أرز في أول مربع في رقعة الشطرنج - ثم مضاعفتها كل مرة مع الاربعات التالية ، فيكون المطلوب في الربع الأخير ٢^{٦٤} حبة - أي حوالي ثمانية عشر بليون حبة ، وهو إنتاج العالم من القمح لمدة ثرون - (مترجم) - وبالتالي فانه بعد ٦٤ من الفترات الزمنية متناهية الصغر المذكورة في المتن - فإن كونا في الحجم الضخم يعمل إلى حجم نواة الذرة - ثم في الفترة التالية مباشرة (الخامسة والستين) يصل إلى كيلو متر كامل .

محافظة لقاح الوادي - حيث يصل حالة الاستقرار - وتقابل قاع الوادي حالة الفراغ المستقر - بينما يمثل قمة التل الحالة المستتارة - لو تصورنا أن الانحدار ليس حاداً عند القمة - فإن الكرة ستبدأ بالتدحرج ببطء ، وتقابل ذلك قولنا أن التغير في طبيعة الفراغ كان طفيفاً في البداية - رغم أن التضخم قد بدأ - ويحوم شك كبير في أن العمليات الكمية التي تحكمت في المرحلة البينية قد تصرفت بالعمل على هذه الصورة .

والتصور التضخمي للكون ما زال في مرحلة الطفولة ، وما تزال التمديلات جارية عليه . والكثير من التفاصيل معقدة وتعتمد على حسابية النماذج التي تضعها النظريات . ومن السابق لأوانه الإعلان عن نجاح النظرية ، إلا أنها تحتوي على خصائص تجعل بمواضع لم تكن لتعمل بدونها ، مما يجعل الانحدار قوياً بتصوير أن حالة من التضخم قد عاصرت الكون في نشأته .

وإذا قدر للنظرية التضخمية أن تحقق النجاح ، فإنها سوف تقدم لنا ميكانيكيزم مقننا لتحول الكون التقديري الكسبي إلى الكون المتعدد المألوف ، مما يتيح لنا التعامل في الرأي الديني في الخلق من العدم *ex nihilo* - ففجأة حقيقة من الزمكان تظهر فجأة وبشكل شبحي ليتمحقق لها الوجود الدائم نتيجة للاضطرابات الكمية ، بينما يقوم التضخم بالسيطرة عليها وهي تتسدد إلى حجم مرئي . بعد ذلك يحدث التجمد الذي يبدأ به انخفاض معدل التمدد وسط انقجار حراري ، ومن الحرارة الكونية والجاذبية تخلق المادة ، ويبرد الكل تدريجياً وينخفض معدل التمدد إلى الظروف التي نشأها حالياً .

يبدو أننا كسينا شيئاً من اللاشيء ، في تعارض مع المبدأ الذي نادى به الفيلسوف لوكريتيون بأنه ، لا شيء يمكن أن يأتي من اللاشيء ، وكما قال الآن جوت ذات يوم : « يقال عادة أنه لا يوجد شيء يسمى وجبة بلا مقابل ، ولكن يبدو أن الكون هو أكبر وجبة بلا مقابل يمكن تصورها » . أحقا هو كذلك ؟ إن كل الأشياء الجميلة مألوفة للفناء ، والكون ليس استثناء من ذلك ، فقد تجد مصيره النهائي مع الثانية الأولى من نشأته .

مطلق فقط يمكن لمبدأ ماخ أن يتحقق ، والأكثر من ذلك ، فقد اقترح هوكينج نموذجاً مقنعاً للأصل الكسّي للكون يكون فيه الكون منفلقاً .

وقد يكون التضخم قد أدى لانفجار الفقاعة إلى حجم كبير ، لكنه لا يمكن على الإطلاق أن يحول (زمكان) منفلقاً إلى آخر مفتوح . ففي هذه الحالة ستكسب الجاذبية ممراتها في النهاية لا محالة . وبذلك سيتوقف التمدد . ثم يبدأ الكون في الانكماش إلى حجم منناه في الصغر . إلى أن يفنى في مفردة . وقد يستغرق ذلك وقتاً طويلاً للغاية . ترليوناً بعد ترليوناً من الأعوام . ولكن صورة الثانية الأخيرة ستكون صورة منعكسة من الثانية الأولى . تتحول فيها المادة إلى طاقة . ونشوء الطاقة نسيج الزمكان إلى أن تحيله إلى نفوس مهول حول نفسه يتزايد إلى أن يؤدي لاختفائه كلية من الوجود . على أية حال ، فتواجه الكون كان على حساب فرض من الفراغ . وكل ما فعله التضخم هو تأخير ما لا مندوحة عنه . ففي فيزياء الكم يمكن لأي شيء أن يظهر من العدم لفترة ، ولكن الفرض سيستند في النهاية .

نهاية الزمن ؟

ويشار لنهاية الكون على الصورة المبينة بـ ، الانسحاق العظيم big crash ، أو أحياناً بـ « نقطة أوميغا omega point » وهو ما يشبه إعادة الانفجار العظيم بالعكس . فبدلاً من ظهور الكون فجأة من العدم ، قاله يندفع غالراً في العدم ، غير مخلف شيئاً وراءه . والعلم هنا يعني حرفياً - العدم ، فلا مكان ، ولا زمن ، ولا مادة . فالانسحاق العظيم هو النهاية الكافئة للكون الفيزيائي ، لنقطة أوميغا هي نهاية الزمن . ولا يوجد توقع علمي أخطر من ذلك التحذير من الكارثة النهائية ، والذي يحمل معه تمييزاً لا يقل عنه خطورة . وهو أن كل المادة التي نشاهدنا اليوم ، كافة المجرات مجتمعة ، لا تمثل سوى شيء يقارب واحداً في المائة من محتوى الكون من المادة .

وهذا التوقع مرتبط بما تتطلبه نظرية الجاذبية على الوجه المبين

الفصل السادس

...والأخيرة

ربما كانت أهم خصيصة تميز بها الساعة الكونية الموهولة ، هي أنها ما أن تبدأ في العمل حتى تستمر في عملها للأبد دون تدخل خارجي . فمستقبلها لا يتحدد إلا بماضيها . وفي الفصول السابقة عرضنا لتصور جديد للكون ، فيه المستقبل مفتوح لشتى الاحتمالات . حيث للعقوبة والجدد دور غير منكور . ولكن هناك وجهة نظر معينة يلتقي فيها كلا التصورين . وهو المتعلق بالمصير النهائي للكون بأكمله . ذلك أنه على الرغم من كون جزء معين منه غير محدد المستقبل قطعياً ، فإنه حين تأتي للكل فإن قوانين النسبية والكم ليست أقل من قوانين نيوتن حتمية . فإن الرؤية المتفحصة لتلك القوانين تبين أن فناء الكون متوقف على طبيعة نشأته .

وكما بينا في الفصل السابق . فالكون الآن في قبضة جاذبيته الذاتية . ولا يحول بينه وبين الانهيار على نفسه إلا القوة التي أدت به للتمدد ، والتي اكتسبها من الدفعة التضخمية بعد فترة وجيزة من ميلاده . إلا أن التمدد يتباطأ بالتدريج ، ويشور التنازل عما إذا كان في طريقة للتوقف . ثم التحول إلى الانكماش . ومن المستحيل بالملاحظة المباشرة أن تؤكد أن هذا هو ما سيحدث (١) . ولكن بعض الآراء ترى ذلك على أسس أشد عمقا . فعلى سبيل المثال ، من المحتمل أنه في فضاء

في الفصل الرابع ، من أن يكون الكون مفلتا ، وما تبينه المشاهدات من أن الفضاء مستو بقدر كبير . ويمكن من الحسابات المباشرة معرفة القدر من المادة في كل متر مكعب من الفضاء المطلوب لاحداث الجاذبية التي نشاهدنا اليوم ، والتي تبين المشاهدات أن ما يرى من مادة قد لا يمثل سوى جزء من عشرة أو حتى من مائة من ذلك القدر .

وإذا كان المنطرون يرجعون حاجتهم لافتراض وجود المادة السوداء الى أهميتها في تفسير شكل الكون ، فإن نفس الحاجة تلوح لدى الكونيين لتبرير حركة المجرات ، والتي تبين الدراسات أنها في قبضة جاذبية أقوى مما تنتجها المادة المرئية . ولا يعلم أحد كنه مثل هذه المادة ، وإن كان أفضل افتراض يخصصها أنها شيء متبق من الانفجار العظيم .

وتشير أعمال المنطرين الى أن الانفجار العظيم قد أفرز ، بالإضافة الى الجسيمات المكونة للمادة من الكترونات وبروتونات وغيرها ، أنواعا أخرى غريبة . من ذلك جسيم « النيوترينو neutrino » ، وهو الجسيم انراوغ الذي يمكنه أن يخترق جدارا من الرصاص بسك سنة ضوئية ، والذي يفوق البروتون عددا بنسبة بليون الى واحد . انها بقية باقية من الليل ثانية الأولى . كما يوجد أيضا ما يسمى الأكسيون axion والغوتينو photino ، والجرافيتينو gravitino ، والتي ترجع لعصر أسبق . هذه الجسيمات ضعيفة التفاعل مع المادة لدرجة أن شيئا منها لم يشاهد للآن . ولكن الأبحاث مخططة لاقتناص بعض منها في القريب . على أن الجاذبية المجمعة لهذه الجسيمات يمكن أن تكون المسيطرة على الكون ، والمحددة لصيرته النهائي . فالمسليات هائلة الطاقة التي تمت في الكسر من الثانية الأولى ، يمكن أن تكون قد أنتجت من جسيمات غريبة غير مرئية بالقدر الذي يمكن أن يبين المكان الحال لكتلة الطاقة المطلوبة لتحديد الصير النهائي للكون .

ونأى الشواهد على أن تأثيرا غير مرئي يمارس نشاطه في الكون من دراسة طريقة توزيع المجرات في الفضاء . ومع التأكيد على التوزيع المتساوي بقدر مدهش للكون على مدى اتساعه ، فإنا نشير بذلك الى

متوسط التوزيع على منساحات شاسعة ، معترفين بعدم تحقق ذلك على المستوى المحلي . وعلى الرغم من أن التساوي على المدى الواسع هو مطلب فهم الظروف الأولية ، فإن عدم التساوي على المستوى المحلي له نفس القدر من الأهمية ، لبيان كيفية بدء العيود عن ذلك التساوي في العصور السحيقة . وربما أيضا المصير النهائي للكون . وتشير الدراسات الى أن مثل هذا الخروج عن التساوي يعطى رؤية لكل من بدء ونهاية الزمكان ، أي الثابنتين الأولى والآخر .

ربط اتسلا الكون

من النظرة العابرة للسماء في الليل يتضح أن النجوم ليست موزعة بالتساوي في الفضاء ، ولكنها متكركة في مجموعات . وأوضح شاهد على ذلك درب التبانة . وكما ذكر في الفصل الرابع ، فإن ما يقرب من مائة بليون من النجوم ، بما فيها الشمس ، تكون درب التبانة ، والتي تأخذ شكل المعجلة ، ويغطي الجزء المرئي منها مسافة ١٠٠ ألف سنة ضوئية عبر السماء . ولنتذكر أن هذه المجرة ذاتها هي عضو في مجموعة تكون كوكبة cluster مجرية . وأن الكوكبة يدورها عضو في كوكبة فائقة supercluster ، تضم عدة آلاف من المجرات . وتظهر لنا المراتب القوية أن هذا التشكيل الهرمي سائد على مدى اتساع الكون .

وأصل هذا التشكيل الكوني هو عن العز المواضيع في العلم الحديث . لماذا لم تنوزع المادة بالتساوي عبر الكون ؟ ما الذي دفع بالمادة الى التجمع في مناطق معينة من الفضاء ؟

ومن المفري أن نعيد أصل هذا التكوين الى الظروف الأولية ، لنسمى أن الكون ببساطة قد خلق هكذا . وإن هذا التكوّن قد فرط عليه منذ الميلاد . ولكن هذا الرأي قد عارضته دراسة الخلية الإشعاعية الكونية ، وهو الاشعاع الحراري المتخلف عن الانفجار العظيم . لدراسات الاختلافات الدقيقة في حرارة الاشعاع التي من المناطق المختلفة في السماء كانت شين عدم الانتظام الذي ساد في الغازات الساخنة التي ملأت الكون في

فترة مبكرة تعود الى مليون عام بعد الانفجار العظيم . في تلك الحقبة ،
والتي تمتد عنا بعشر بلايين من الأعوام ، تسبق عصر تكون المجرات ،
وتبين نتائج ذلك المسح أن الكون كان منتظما بصورة مذهلة ، دون أية
إشارة الى هيكلية واسعة المدى . كما أن التجاذب الذي حققته النظرية
النضجوية في تبرير ذلك يزيد من غموض لغز وجود عدم انتظام على
مستوى مجرات وكوكبات مجرية تمت بالكون بعد المليون الأول من
الأعوام .

وعلى الرغم من الانتظام في توزيع مادة الكون في الحقبة الأولى ،
فإن قوة الجاذبية كان من شأنها أحداث تشوهات تنمو باستمرار بمجرد
انتهاء التضخم . وما أن يبدأ تجمع من المادة في منطقة ما حتى تعزز
الجاذبية من المزيد من التجمع ، مع ازدياد في معدل العملية . وبهذه
الطريقة يكبر أية زيادة في الكثافة . ولكن زيادة معدل تجمع المادة يعارضه
تفقد الكون ، وبالتالي فإن معدل التجمع للمادة يكون أبطأ من أن يبرر
تكون المجرات من مجرد سوء توزيع عشوائي لكثافة المادة لكون بدأ
منتظما بصورة تامة .

لا بد إذن من عامل لسبب في بدء العملية . بإيجاد « بذرة » مجرية
تتجمع حولها المادة بصورة فعالة . وقد اتجه الفلكيون لفترة طويلة الى
القول بأن الكون « هكذا كان » ، ولكن ذلك بالطبع لا يمثل تعليلا ، فهو
لا يزيد عن القول بأن الأمور على ما هي الآن لأنها هكذا كانت . وفي
الأونة الأخيرة ظهر احتمال لايجاد تبرير لعدم التساوي في كثافة المادة ،
مبني على عمليات تمت في كسر التناظر . تذكر أن التضخم دام فقط
للمدة التي استمرت فيها حالة الفراغ المستثار ، وانتهت بمجرد استعادة
الفراغ لحالته المستقرة . ولكن عملية التلاشي ، شأنها في ذلك شأن كافة
العمليات الكمية ، معرضة للتغيرات ، بما يوافق مبدأ عدم اليقين لهيزنبرج .
وعلى ذلك فالتضخم لم يتوقف في كافة المناطق في نفس اللحظة ، وأهم
سبب لذلك هو عدم التساوي في الكثافة في الكون عما كان أثناء فترة
الانتظام . وعلى ذلك فالتضخم كان له أثره المزدوج في محو التغيرات

السابقة عليه وخلق تغيرات خاصة به . والأكثر من ذلك ، فهذه التغيرات
قد اتضح أن لها نفس التوزيع الذي يتطابق مع الشكل العام الذي نراه
اليوم . ولو كانت هذه النظرية تمثل وصفا حقيقيا للكون ، فإنها تعلم
أن التغيرات الكمية للجهرية ، والتي تولدت مع عدم يقين كمي ، يمكن أن
تري عبر السماء ، أي أن المجرات ما هي الا بقايا تغيرات «منجذبة» لعصر
لا يتجاوز 10^{-32} من الثانية .

وعلى الرغم مما لنظرية التغيرات الكمية من وجاهة ، الا أنها ليست
بلا مشاكل . فقد بينت حسابات عديدة مثلا أن التغيرات في الكثافة
ستكون من الكير بدرجة لا تتوافق مع ما يشاهد من عدم انتظام الكون
اليوم . كما أن هناك مصاعب فنية تجعل الفكرة أقل جاذبية . على أنه
توجد نظرية منافسة تحاول أيضا أن تفسر دفع المجرات للتكون ، وهي
أيضا تلجأ للمرحلة التي فيها تتلاشى المرحلة المستثارة من الفراغ . عدم
النظرية تشابه بين تلك المرحلة وبين ظاهرة مألوفة هي ابتداء مغنطة
الحديد . فعند تسخين الحديد المغنط الى درجة أعلى من درجة معينة ،
تسمى «نقطة كوري Curie point» فإنه يفقد مغنطته . وعندما يبرد الحديد
فإنه يستعيد حالة المغنطة بصورة فجائية . على أن المغنطة لا تكون بنفس
النسبة التي كانت عليها ، بل ينحز المجال المغناطيسي الى مناطق ، لكل
منطقة اتجاهها الخاص لجبالها . وبناء على ذلك اقترح أن تبريد الكون قد
تولد عنه أن كانت قوى الطبيعة مشتتة الاتجاهات بنفس الصورة .

ولمناطق التجاور بين تلك المناطق أهمية خاصة ، لأنها بصفة عامة
مناطق من عدم التوافق بين الاتجاهات على جانبي الحدود الفاصلة .
وينتج عن ذلك نوع من تشويه الموضع ، مسببا شيئا نسميه بالعقد .
وقد عرضنا لهذا النوع من التشويه الطبولوجي في الفصل الثاني ، والذي
من خصائصه تكوين سلسلة من الأنابيب الرقيقة ، خارج كل أسونة
النضج الكمي المعتاد الذي نشاهده اليوم ، ولكن بداخلها سيحبس الفضاء
على حالة الاستثارة السابقة . ويتولد عن ذلك ما يسمى بالوتر الكوني
cosmic string ، وهو شيء ليس مصنوعا من مادة ما ، بل هي أنابيب من

الطاقة المجالية . فإذا كان شيء من ذلك موجودا خفيفة . فانها تكون أشبه
بكبسولة تجمد فيها الزمن عند النقطة ١٠ - 3° من بدء نشأة الكون .

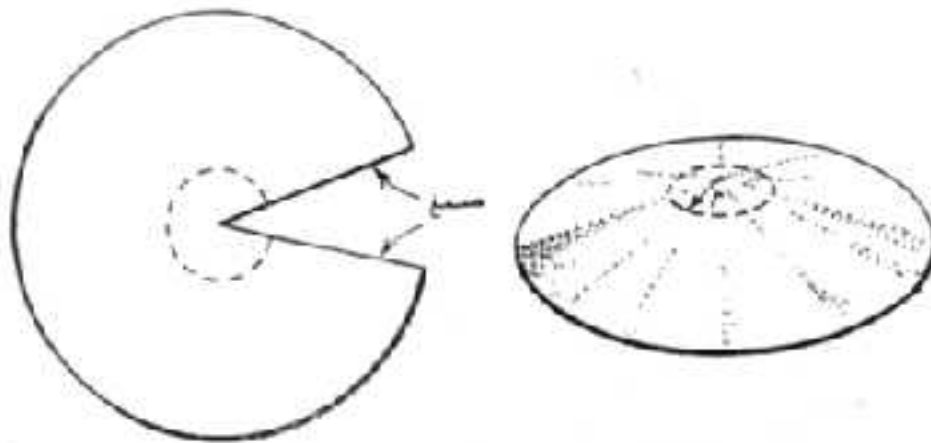
ويفترض أن للأوتار الكونية خواص حرارية . وفي أكثر صور
النظرية اتفاقا عليها فهي لا يجب أن تكون ذات نهايات . بمعنى أنها
لا نهاية الطول عبر الكون . أو ذات حلقات مغلقة . ويبلغ من درجة تركيز
المجال بداخل الوتر أن كيلومترا من طولها قد يبلغ وزن الأرض تقريبا .
ولكن مغزى ذلك يظهر حين تتكامل ما تحمله تلك الأوتار من طاقة . جزء
من النيوترون - نوترون - نوترون من التثبيت . ولنستور ذلك فإن وثرا
طوله عبر الكون كله . لا يسغل من الفراغ إذا تكور الا اقل من حجم
الدرة . وأن وزن هذه الكرة دون الذرية يكون 10^{-14} غراما . أي ما يساوي
وزن كوكبة فائقة من عدة كوكبات مجرية .

والخاصية الفيزيائية الأخرى هي أن الأوتار رغم هذه الكتلة الهائلة
لكل وحدة طولية منها . لا تعارض أية قوة جاذبية على الأشياء المجاورة .
فحين رغم أن لها قوة جاذبية هائلة . لها في نفس الوقت قوة ضغط
معادلة . للكرة ذات جاذبية مضادة . على نفس الصورة التي أوجدت
التضخم .

وليس معنى ذلك أن الأوتار لا تسبب أي تأثير تجاذبي على الإطلاق.
بل العكس هو الصحيح . فعلى الرغم أن الوتر لا يسبب تقوس الفراغ
حوله . فإنه يسبب تشوها من نوع آخر . يمكن تصويره على الوجه التالي :
تصور شخصا دار حول وتر منها دورة كاملة . فيحسب المؤلف لنا لنوقع
أن يكون قد استدار 360° . إلا أنه في الواقع سيكون قد دار بأقل من
ذلك من الدرجات .

ويمكن أن نوضح ذلك بتصوير قطع جزء مثلث من قطعة ورق على
شكل دائرة . ثم إعادة لصق الورقة الأصلية . لتتخذ شكلا مخروطيا .
بالصورة المبينة في (الشكل ٢٨) . ورغم أن المحيط لم يزل دائريا .

إلا أنه قد أصبح انصر . وبفأيل سطح الورقة في مثالنا جزء من الفراغ
متعامد على الوتر . ورأس المخروط نقطة تلاقي الوتر مع ذلك الجزء .
ويكون تأثير الوتر هو افتتاح جزء من الفراغ بنفس الصورة . واعطاه
شكلا مخروطيا .



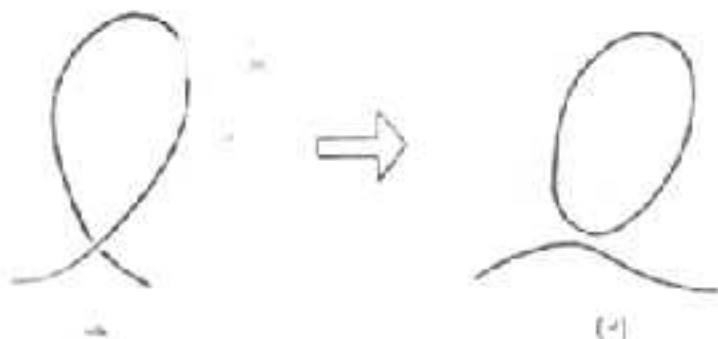
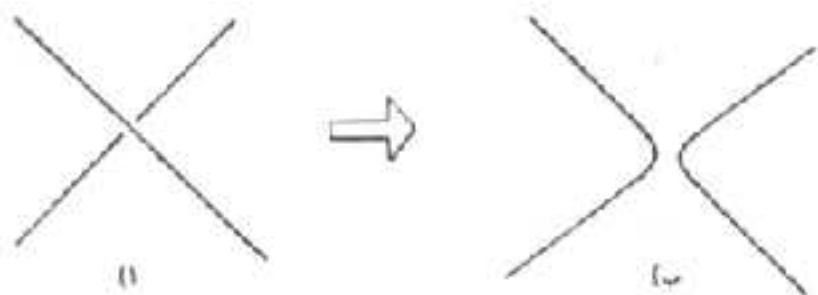
الشكل (٢٨) : حين يقطع جزء من أرض سطح . ثم يعاد لصق الطرفين . فيتكون
الشكل المخروطي المبين . وهذا الشكل خاصية أن النقطة المرسومة على سطحه ومركزها
قمة المخروط تكون أقل من 2π . ويكون الفضاء في اتجاه متعامد مع وتر كوني مسددا
لهذا الشكل المخروطي .

ولهذه الزاوية المفقودة تأثيرات هامة . من ذلك أن شعاعين متوازيين
من الضوء عند مرورهما على جانبيين من الوتر سيوف ينحرفان إيتلاقيا .
ويكون تأثيره أشبه بالعدسة الضوئية . فإذا وقع الوتر بين مجرة ومساعد
على الأرض . فانه يرى صورتين متطابقتين لتلك المجرة (الشكل ٢٩) .
وقد شوهدت بالفعل أزواج عديدة من صور متطابقة لكوازارات . الأمر
الذي يوحى أن كل زوج هو لكوازار واحد .

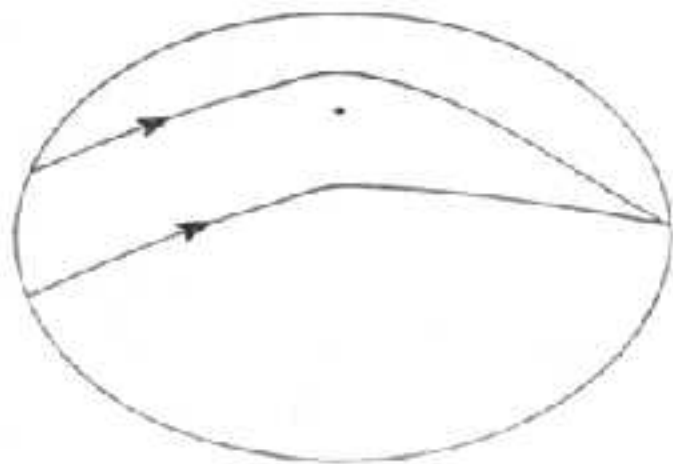
ولكن للأسف ! فإن تأثير العدسة قد يندرج أيضا من سحرة أو تذب
أسود . وبذلك لا يمثل دليلا على وجود الأوتار الكونية . على أن الدراسة
الدقيقة لأزواج الصور قد يميز بين ما يحدث منها بسبب الأوتار وما يحدث
بسبب الأجرام الفلكية . كان تكون الصورة المتكونة بتأثير الوتر ذات
حواف حادة .

ورغم أن التوتر في الشكل المستقيم ليس له تأثير تحاذي ، فإن حركات الأوتار تنصرف كما لو كانت جسما ماديا عاديا - وإن الحلقات هذه هي ما يلجأ اليه الفلكيون بحثا عن ، بقدره ، تكون المجرات وغيرها من تجمعات المادة الهائلة ، ولكن على يتوقع المرء كثيرا من مثل هذه الحلقات في الكون المبكر ؟ طبقا للتحليل الرياضي ، فإن عددا كبيرا من هذه الحلقات قد تكون ، هائلا بسرعة قريبة من سرعة الضوء .

ومن الطبيعي أن يحدث نتيجة لذلك تشابك بين الأوتار حين تتلاقى فحين يلتقي وتوان فإن المجالين بداخل هذين الأنبوبين سوف يتفاعلان بحيث تنحني الأطراف لهما بشكل أو بآخر (الشكل ٣٠) . ويعني هذا تكرار التوصليل بين الأوتار ، وخاصة حين تتلوى الأوتار على نفسها . ومن المحتمل أنه خلال الثانية الأولى كان الكون مستلثا بالفعل من مثل هذه الحلقات .



الشكل (٣٠) : حينما تتشابك الأوتار القبلية ، تميل للأشعاع لتتبع بعض



الشكل (٣١) : الإشعة المتوازنة حين تنتقل في الفضاء مغروطة الشكل لتتلاقى في النهاية ، كما لو كانت حركات عمدة ، ويرى المراقب صورتين لمصدر الضوء ، وليس واحدة .

ومن التأثيرات الممكنة ملاحظتها عوفا يحدث خلال حركة الأوتار معرشة خط النظر - فالضوء القادم من أجسام بعيدة له خاصية الانزياح تجاه اللون الأحمر ، وهذا الانزياح يعتبر مقياسا لسرعة تباعد الجسم عنا - فلو أن كوننا اعترض مسار الأشعة بيننا وبين الجسم المرئي - فإن تغيرا مفاجئا في الانزياح الأحمر سوف يمكن ملاحظته - وليس البتة سوف يلاحظ على الخلفية الإشعاعية الكونية ، حيث سيحدث تغير طفيف في درجة حرارتها على جانبي التوتر .

الأخرى انفعاراً أو انسحاق الأجرام . ودوران الأزواج النجوم حول بعضها البعض . واهتزاز الأوتار الفلكية . والاشعاع الذي ينتج في مثل هذه العمليات ينتقل بسرعة الضوء . ويمكن أن يصل لنا من حيث المبدأ من أطراف الكون المرئي .

كيف إذن يمكن استشعار موجات الجاذبية ؟ موجات الراديو يحس بها عن طريق ما تفعله بالشحنات الكهربائية من اهتزازات (الإلكترونات الموجودة في مادة الهوائي) . ولكن لما كانت الجاذبية تعمل على أي شيء . وليس فقط الشحنات الكهربائية . فإن جهاز الاستشعار بها يمكن من حيث المبدأ أن يصنع من أي شيء على الإطلاق . ولكن للأسف بسبب الضعف المتنامي للجاذبية . فإن المواد منفذة تماماً لموجاتها . ويتطلب الأمر أجهزة غير مسبوقة في درجة دقتها إذا كان لنا أن نحس بها .

ويجرى حالياً تصميم وبناء مثل هذه الأجهزة . وقد كان الجهاز الأول . والذي صممه جوزيف ويبر Joseph Weber من جامعة ماريلاند ١٩٦٠ . مكوناً من أسطوانة من الألومنيوم بقطر ١٨٥ متر معلقة بسلك رفيع في غرفة مفرغة . والصفت بالأسطوانة كشاشات حساسة لاستشعار أية حركة طفيفة تسببها موجات الجاذبية . وتبلغ درجة الحساسية قدرها لا يتصوره عقل . قريباً من قياس المسافة بين الأرض والشمس لأقرب مسافة تساوي قطر الكرة - ناهيك عن الشوشرات الحادثة من أية اهتزازات دخيلة . كاهتزازات الأرضية . أو حتى ما يتسبب عن الإشعاع الحراري - كل هذه الاهتزازات يجب إخمادها .

وقد طفر العالم الفيزيائي حين أعلن ويبر عام ١٩٧٠ عن تسجيل اهتزازات متكررة عزاها لموجات الجاذبية . وتعاظمت الجهود لإنتاج كشاشات مشابهة . دون تحقيق أي نجاح . وما زالت المحاولات تجري للتبريد إلى قرابة الصفر المطلق لإخماد الشوشرة الحرارية . وتحسين الحساسية بطرق أخرى . ولكن لم يبدؤوا في الأفق لأن تحقيق تسجيل قمتع لتلك الموجات . وقد استخلص من تجارب عديدة أن الذبذبات التي أعلن عنها ويبر منذ عشرين عاماً لم تكن بسببها .

وعلى مر الدهور . تعدد الكون تعدداً هائلاً . وتباينت الحلقات . كما تباينت سرعتها حتى وصلت تقريباً للسكون بالنسبة للمادة المحيطة بها . ومن وضعها الهادئ . بدأت في تجميع المادة لتكوين المجرات . والكثير من الكونيين مقتنعون بأن الأوتار الكونية قد لعبت دوراً رئيسياً في هيكلة الكون على نطاق واسع . وأن منها ما لا يزال موجوداً إلى وقتنا هذا . وإذا كان هذا صحيحاً . فكيف نستشعرها ؟ من الاحتمالات ما ذكرناه سابقاً . تأثير العدسة . ولكن أين نوجه أبصارنا ؟

بداية يجب أن ينصب بحثنا على قلب المجرات . كمجرتنا دوبي الثبانية . ولكن ليس الكثير من الحلقات الكونية سيكون باقياً . ويعتمد عصر الوتر على ديمتاميكتته . فالشد في الوتر سيحاول أن يكتمشه على نفسه . ولكن يعارض ذلك الحركة الطريفة التي يمكن لأجزاء الوتر أن تكون عليها . تتنبأ المائلات الحاسوبية بأن الوتر سوف يتلوى بعنف . الكون المحيط . هذه التموجات تسمى (موجات الجاذبية) .

تموجات في الفضاء

يتسبب جرم كبير كالشمس في التواء الزمكان بالقرب منه . وحين تتحرك الشمس فإن التواء الفضاء والزمن يتحركان معها . وفي عمق الكون . تحلل أجرام أخرى . منها ما هو أكثر جرماً من الشمس . التواءاتها معها . وحين يتلاقى جرمان . فإن الالتواءات تصادم . مطلقاً تموجات في الكون المحيط . هذه التموجات تسمى (موجات الجاذبية) .

وكان أينشتاين أول من نسباً لموجات الجاذبية في النسبية العامة . عام ١٩١٦ . ولكن عقوداً مرت دون إمكانية استشعارها رغم الجهود الاستكشافية . ومع ذلك فالعلميون مقتنعون تماماً بوجودها . وما عديم الإحساس بها إلا للضعف المتنامي للجاذبية .

ليس تصادم الأجرام هو فقط ما ينتج موجات الجاذبية . فمن الوجهة النظرية يشع أي جرم متحرك مثل هذه الموجات . ومن المصادر

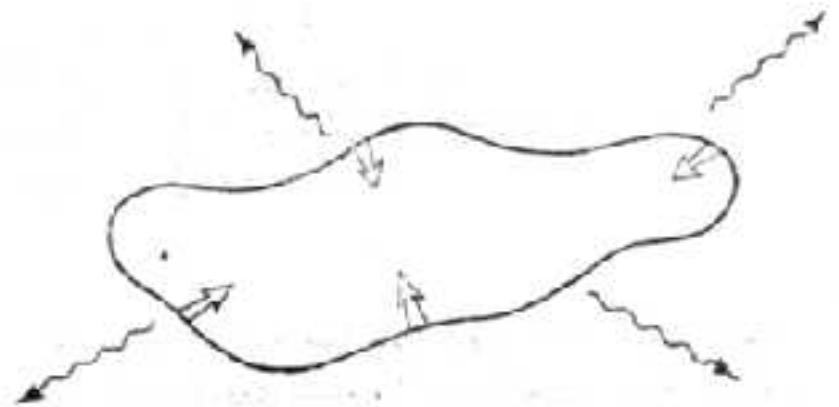
وفي أثناء ذلك لجأت فرق من الباحثين لتصميمات أخرى . ومن التصميمات الواحدة تصميم يعتمد على قياس شعاع من الليزر المنعكس من عدة مرايا معلقة بدقة بالغة في غرفة مفرغة . ويتصور أن أية اهتزازات دقيقة يمكن الاحساس بها من مقايضة اتجاهات أشعة الليزر . ورغم التطور المتواصل في هذه الأجهزة فائقة الحساسية ، فإنه لا يتوقع قبل فترة الإعلان عن كشف حاسم لتلك الموجات التي طال انتظارها . ولكن ثقة المختبرين بأن مجهوداتهم لن تذهب هباء قد عززت بما توصل إليه فريق من الباحثين في جامعة ماساشوسيتس عن تأثير موجات الجاذبية . فيستخدم تلسكوب لاسلكي ضخم في أريكيبو في بورنريكو . كان الباحثون لمدة سنوات يدرسون نظاما فلكيا يسمى PSR 1913 + 16 . هذا النظام عبارة عن نظام نجمي ثنائي . أي نجمين يدوران حول بعضهما البعض . ولكنه نظام ثنائي له تميزه ، فكلما النجمين قد اكتشفا إلى حجم مدينة . ورغم أن كتلة كل منهما لا تقل عن كتلة الشمس . وعلى ذلك فقد ارتفعت كثافة المادة فيها إلى قيمة هائلة ، فكل ملعقة من مادة يصل وزنها إلى مليون طن ! في مثل هذا الانضغاط تنحطم حتى الذرات . فيكون النجم مكونا من النيوترونات بصفة أساسية .

ويعتقد أن النجوم النيوترونية تتكون خلال انفجارات المستعرات العظمى (السوبرنوا supernova) ، حين يتهاوى نجم ذو كتلة جاثلة على نفسه تحت تأثير ثقله . وفي يده تكونها يعتقد أنها تكون على سرعة دوران رهيبية ، عدة مئات من الدورات في الثانية الواحدة . وغلب منه النجوم لها مجال مغناطيسي ، وحين يتهاوى النجم يتكثف المجال فتزداد شدته . فالنجم النيوتروني الثقيل يكون مجاله أشد من مجال الأرض بتربليون مرة . وحين يدور النجم يدور معه مجاله المغناطيسي ، فيتحول بذلك إلى مولد كهربائي رهيب ، يقتصد الجسيمات المشحونة التي بجواره ، كالإلكترونات ، فتدور معه بما يقارب سرعة الضوء . ويدوران النجم تدور معه الإشعاعات مثل ضوء الفئار . ويظهر التأثير من الأرض على هيئة نبضات قوية من الإشعاعات .

وقد كان أول اكتشاف لهذه النبضات الراديوية عام ١٩٦٠ . والكثير منها معروف اليوم ، وتعرف باسم « النابضات » أو البلسارات pulsars . ولكن النظام المذكور هو نوع خاص منها . ومن ثم نسو « النبضات الثنائية » .

ويقدم هذا النظام مثالا نادرا لرؤية موجات الجاذبية لممارس ساطعا . فالزمن الدوري للنظام ، أي الزمن الذي يستغرقه نجم للدوران حول رفيقه ، هو ثمانى ساعات لا غير . بمعنى أن النجمين يتحركان بسرعة هائلة في مجال تجاذبي شديد . وعلى ذلك يكون كل نجم مصدرا لانبعاث موجات الجاذبية ، والتي تقوم أثناء انشعاعها باستنفاد طاقة النظام . ونسبة لذلك يتسائل المدار تدريجيا ، ويتلوي النجمان في اتجاه بعضهما البعض ، إلى أن تصادما . هذا التقارب يمثل على الأرض كتعبير في سرعة النبضات القادمة من النظام ، وحين أحسن العلماء بذلك انتابهم إثارة طافية ، فقد تحقق أخيرا تنبؤ آينشتاين بأن نظاما كهذا يجب أن يشع موجات الجاذبية . قبل أن يعرف الإنسان بوجود النجوم النيوترونية . وقد بينت القياسات أن تضامول المدار يتوافق تماما مع حسابات النسبية العامة في ذلك . وقد بدا أنه إذا كان لم يكن بعد استكشاف موجات الجاذبية على الأرض ، فإننا على الأقل نساعد أثرها (٢) .

وبالضبط كما تشع الأجرام الدوارة موجات الجاذبية ، فكذا تلمل الأوتار الفلكية (الشكل ٢١) . وفي حالة حلقة ديارية من الأوتار الفلكية ، فإنه سيكون لها تأثيران ، أحدهما درامي لحد ما - فاليت للموجات لن يكون متصلا من محيط الحلقة ، بل له تروح أشد لاتجاهات معينة . ويعتمد ذلك على شكل الحلقة . ونتيجة لذلك تتعرض الحلقة لدفع في الاتجاه الأشد ، مما يجعلها تنطلق كالصاروخ بسرعة قد تصل لعشر سرعة الضوء . وعلى ذلك فلو كانت تلك الحلقات هي بقور المجرات ، فلا بد أنها قد غادرتها من وقت طويل .



الشكل (٢١) : حلقة متشعة من وتر كوكبي من مصدر وانحر لوجات الجاذبية - ومع انتشار الموجات ، تستهلك طاقة الحلقة ، فتكفى .

والأثر الثاني هو أن بث موجات الجاذبية يستنفد طاقة الحلقة ، فتزداد انكماشاً على نفسها ، وتنتهي في نهاية الأمر إلى التلاشي ، ربما على صورة ثقب أسود . ومعنى ذلك على أي من الاحتمالين ، أنه ليس من المحتمل أن نجد منها ما هو باقٍ للآن .

والأثر التراكمي لموجات الجاذبية المشعة من آلاف من حلقات الأوتار الفلكية في العصور السحيقة ، سيكون قد ملأ الفضاء بكم متلاطم من التموجات ، بالضغط كسطح بركة تعرضت لرياح شديدة ، بعض من هذه التموجات يمكن أن تكون لها أطوال ، أي مسافات بين القيم المتتالية ، تبلغ عدة سنوات ضوئية ، عاكسة حجم الحلقات آنذاك . ومن بين آثار أخرى ، ستعمل هذه التموجات على التأثير على سرعة نبضات النجوم النابضة ، ليس في هذه المرة بسبب إشعاع النجوم ذاتها ، بل بسبب التموجات في الفضاء بينها وبين الأرض .

وكلما ازدادت سرعة النجم النابض ، زادت حساسيته لهذا التأثير . وبعض النابضات تبث نبضات بسرعة عدة آلاف من النبضات في الثانية الواحدة ، فتتوالى النبضات بمعدل يصل إلى ثانية ، هذه الـ « نابضات » الثانية ، هي الآن محل دراسة مستفيضة ، للبحث عن أي أثر لموجات جاذبية نتجت عن حلقات أوتار فلكية من العصور السحيقة .

لكون الوتر الفلكي متنوعاً أن تقسم عمراً ، فإن السؤال ينور حول ما يحدث لو قابل وتر فلكي ثقباً أسود . نأى عن جعل الثقب الأسود لا يمكن أن يخرج مرة أخرى ، بما في ذلك جبره الوتر الفلكي ، ومن جهة أخرى ، فإن الثقب لا يملك أن يعظم الوتر دون أن يعظم عمراً ، والحل الأوضح هو أن يظل الوتر عالماً بالثقب ، عندئذ يبدأ الثقب في ابتلاع الوتر كزوج من محسوات الأسياجنى . وفي حالة الوتر المستقيم فمن يكون على الوتر علامات تدل على سرعة هذا الانتهام ، وبالنسبة للمراقب فلن يرى أي شيء يحدث . وفي الواقع يظل الموقف ساكناً ، بالثقب لن يزداد حجماً بسبب ابتلاعه للوتر ، لنفس السبب الذي به لا يظهر للوتر قوة جاذبية ، إلا وهو الجاذبية المضادة التي تعادل جاذبيته . وبالتالي لن تزداد جاذبية الثقب مهما كان طول الوتر المتبع .

أما في الحالة الواقعية ، فاصطدام ثقب أسود لوتر فلكي من عملية أكثر تعقيداً ، فالوتر لن يكون مستقيماً بصورة مثالية . وقد بينت المسائل الحاسوبية التي أجريت بواسطة إيان موس Ian Moss من جامعة نيو كاسل أن الوتر باقترابه من الثقب سيظهر له طرف مستقيم يشير للثقب . هذا الطرف يتحول إلى حلقة ، كحلقة وحيدة في لولب ، قد تتبعها حلقة أخرى ، ثم يتبع ذلك لولب لولب ، بحيث حين يصل الوتر للثقب لا يكون أشبه بعصوات الأسياجنى ، بل كطبق من الأسياجنى المختلط بلا نظام . فإذا ما كان الثقب دوّاراً (كما هي الحالة الغالبة) ، فإن هذا الخليط من الأسياجنى سيغور معه ، محدثاً مزيداً من تعقد الموقف .

ويتجاوز الاهتمام بقاء الثقب الأسود لوتر فلكي هذه التصورات الفلكية ، ليمس أساس علم الفيزياء ، فطبقاً لما بينه ستيفن هاوكنج ، فإن الثقب الأسود لا يمكن أن ينقص حجماً . ويقول أكثر دقة ، فسطح الثقب الأسود إما أن يزداد أو يظل ثابتاً . والاستثناء الوحيد لهذا المبدأ هو التقرب السوداء المجهرية ، والتي تقوم العمليات الكمية بتحويل طاقتها الجاذبية إلى جسيمات حقيقية ، مما يؤدي لتبخرها واختفائها في انفجار عنيف للطاقة .

وقانون سطح الثقب هو قانون أساسي في الفيزياء ، حيث أنه يمكن من تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية على الثقوب السوداء . فسطح الثقب

الاسود يعتبر مقياسا للانروبيا ، وتغليب سطحه يقابل لتدقيق الانروبيا .
 مما يخرق قانونا من أهم القوانين الأساسية للفيزياء .

ولنرجعه الاول يبدو ان سطح الثقب الاسود سوف يقل . بسبب
 عليه فعل السطح السابق شرحها (راجع الشكل ٢٨) . وقد بذل كثير
 من العلماء جهدا للتوفيق بين ذلك وقانون عدم نقص الانروبيا . وذلك
 بتصور ان الورق سيئة الثقب بطاقة تزيد من حجمه . وبالتالي من سطحه .
 بما يعادل النقص الحادث على الأقل .

وهيل ان نترك موضوع الأوتار العنكبونية ، يجب ان نشير الى ان
 كونها تتضمن عمليات فيزيائية حدثت في حقود عصر التضخم .
 والسؤال الجوهرى هو هل قبل او بعد ذلك . فلو كانت متابقة .
 لامتد بها التضخم الى ايضا . ولتلاشت بعد التضخم . كتمان كافة التغيرات
 فيه . ولتضائل الأمل الى حد كبير في ان تلاقى شيئا منها . ولهذا
 السبب . فان النظرية الشخصية والنظرية الفائلة بالأوتار الكونية ينظر
 اليهما كبديلين . ولم ينتج هذا بطبيعة الحال بعضا من المتطرفين من
 محاولة الجمع بينهما .

وكذلك من الأفكار التي عرضنا لها في هذا الفصل . فان هذه
 المحاولات من المتطرفين في كفاهم لكسب قوتهم . تتطلب التعامل مع
 الفيزياء الكمية . وقد حاولنا الى الآن تعاضد هذا الموضوع بالتفصيل .
 حيث ان له شهرة في التقيد والصعوبة . كما ان بعض تنبؤاتها غاية في
 الغرابة . ومع ذلك . فلكي نواصل حديثنا ينبغي علينا التحول شيئا ما
 في هذه التفاصيل . وهو موضوعنا في الفصل المقبل .

هوامش الفصل السادس

- (١) مستعمل من الوجهة العقلية . ذلك انه يرسم مثلث على سطح الارض وقياس
 مسوره زواياه . يتبين لنا ان كانت مضطربة او منحنية . وهو ما يتصور نظريا مع الكون .
- (٢) كلمة تحذير : يتعلق مصطلح . موجات الصائفة . أيضا على موجات السرائل .
 سطح المحيطات . حيث تتحرك تحت تأثير الجاذبية . ويجب الانتهاء لعدم الخلط بين
 المصطلحين .

الفصل السابع

اعاجيب الكم

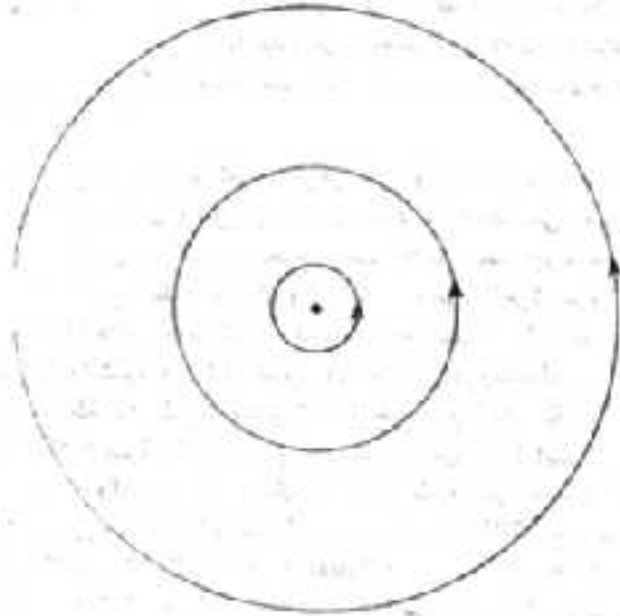
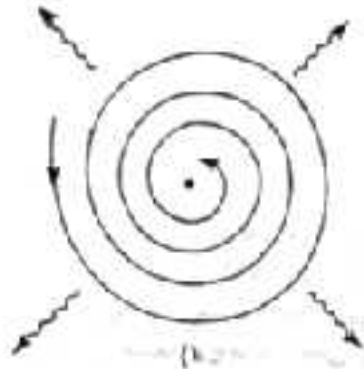
في كل مرة ننظر فيها الى ساعة شمعة . فانت تشاهد احدى اعجب
 العمليات في الطبيعة . فالبرعم الحادث ينتج عن صورة من النشاط
 الاشعاعى يعرف بالتحلل alpha decay . ومنذ اكتشافه في نهاية القرن
 التاسع عشر . كان من الواضح ان التحلل الفا هو أحد الظواهر العجيبة .

ولى نيوزيلندا كان ايرنست رذرفورد Ernest Rutherford من اوائل
 من أجروا تجارب على اشعاع الفا . كما كان ينسى . واعطاء هذا
 الاسم عام ١٩٢٨ . وبحلول ١٩٠٧ . كان رذرفورد قد استنتج ان جسيمات
 الفا هي في الواقع ذرة الهيليوم وقد لزعت عنها الالكترونات الكونية
 لغلافها . هذه الذرة المنزوع عنها الكتروناتها سميت فيما بعد بالنواة .
 ونحن نعلم الآن ان جسيمات الفا مكونة من بروتونين ونيوترونين . ولكن
 تركيب الذرة لم يعرف آنذاك الا بعد عدة أعوام . حين استعمل رذرفورد
 جسيمات الفا كمقذوفات .

في هذه التجارب سلط رذرفورد وابلا من جسيمات الفا على خلايا
 رقيقة من الذهب . وقد اخترقت الغالبية من هذه الجسيمات الغلالة مثل
 « طلقة نارية تخترق قطعة من القماش » على حد تشبيهه . بينما اخرى
 عتدت قليل للفاة عن مساره . وبزاوية كبيرة . كما لو كانت الطلقة قد
 ارتطمت بشيء صلب . وحلل رذرفورد ذلك بأن كتلة الذرة مركزة في
 نواة لها . واقترح ان تكون الذرة عبارة عن الكترونات خفيفة للغاية تطوف
 حول تلك النواة على شكل سحابة مغلخلة . وتتساوت الذرة
 بذلك من عدة نواح مع النظام الشمسى . والذي فيه تطوف اجرام شمعة
 نسا حول جرم مركز به أكثر كتلة النظام . الا وهو الشمس .

التلف الكلى

حي وضع رادوارد تصور « الكوكبي » من النواة ، لم يكن يعلم كيف تستقر الإلكترونات في مداراتها حول الأنوية . فمما كان أمر غريب مرتبط باستقرار هذا النظام ، حيث أن قوانين الميكانيكا الكلاسيكية تنص على



الشكل (٢٢ - ١) : طبقا لفيزياء التقليدية ، يجب على الإلكترون الدوار حول النواة أن يشع موجات كهرومغناطيسية على الدوام ، فتقل طاقته لينتقل مسارا لولبيا فيسقط في النواة .

(ب) : الأثر يوضح أن الإلكترون يظل في مسارات محددة (مقادير كمية) ، ويمكن للإلكترون أن يظل من مسار لآخر عند امتصاص أو بث موجات كهرومغناطيسية بالقدرة اللازمة من الطاقة .

وأطلق على نموذج رادفورد لذلك « النموذج الكوكبي » . وبهذا من العادية ، فإن جسيمات الذرة مترابطة بفعل القوى الكهربائية . فكل الكترون يحمل شحنة سالبة مقدارها الوحدة ، بينما تحمل النواة الشحنة الموجبة الكاملة ، والتي تساوي مجموع ما تحمله الإلكترونات . فإذا كان هذا التصور صحيحا ، فإن جسيمات ألفا التي تصطدم بالنواة هي فقط التي تعاني من الانحراف المذكور .

ولكن رادفورد ووجه يقى ، مستغربا ، فإذا كانت جسيمات ألفا هي شظايا البعث من نواة يورانيوم مثلا ، فلا بد من وجود آلية تدفعها لمغادرة النواة الأم ، وبمجرد أن تغادر النواة موجبة الشحنة ، فإنها ، وهي أيضا موجبة الشحنة ، ستتناثر معها . فكيف ترابطت الشحنات الموجبة داخل النواة ، ولماذا لا تستطيع جسيمات ألفا الدخول مرة أخرى للنواة ، طالما أنها كانت موجودة بها ، واستطاعت الخروج منها ؟

وحتى الفيزيائيين قام الفيزيائيون بتطوير الفكرة بأن الشحنات الموجبة في النواة مترابطة بقوة أطلق عليها « القوة النووية القوية strong nuclear force » . تغلب ، عندما تعمل على مسافات ضئيلة ، على قوة التنافر الكهربائية ، والتي سميت « القوة النووية الضعيفة weak nuclear force » . هاتان القوتان : التي تعمل على المسافات الكبيرة ، ولكنها الأضعف ، مع القوة ، تخلق شيئا أشبه بالحاجز غير المرئي حول النواة . لجسيمات ألفا بداخل النواة تكون محبوسة بداخلها بواسطة الحاجز ، بينما لا تستطيع جسيمات ألفا في الخارج اختراق الحاجز . والمسألة أشبه بكرة في الصندوق ليركان خامد ، يمكن لها أن تفلت منه للخارج إذا أوقعت طاقة كافية ، وما أن تفعل حتى تخرج بعيدا ، ولكن كرة بالولدي بتحت عليها أن تصعد الجبل قبل أن تسقط في الصندوق . ولكن هذا لم يحل لزم عودة الجسيمات المنبعثة من النواة من العودة لها ثانيا . ولم تفعل الحسابات المتعلقة بهذا الحاجز المقترض إلا تعميق الغرابة ، فقد اتضح أن الجسيمات المنبعثة ليست لديها الطاقة التي تمكنها من عبوره . كما بينت التجارب أن جسيمات بضعف تلك الطاقة غير قادرة على عبوره من الخارج . لقد بدأ الأمر كما لو كانت جسيمات ألفا قد حفرت بطريقة ما ، نفقا ، في الحاجز .

نعم ، إن شيئا غريبا يجري ! . هذا الشيء الغريب - التأثير النفقي tunnel effect - قد قام بشرحه الفيزيقي الروسي المولد جورج جاموف George Gamow عام ١٩٢٨ ، معتمدا في ذلك على نظرية ميكانيكا الكم الحديثة ، والتي قامت أساسا لتفسير الغرائب المتعلقة بالعالم الذري .

عام ١٩٢٤ . والذي واثقه فكرة جريته . لو كانت موجات الضوء تتصرف
أحيانا كالجسيمات ، فربما كان الإلكترون . والذي ينظر اليه كجسيم
كجسيم من جسيمات المادة . يصرف أحيانا كالوجات . وتطويرا لفكره
صاغ دي برولي معادلة بسيطة بين فيها علاقة الطول الموجي لشيء
الجسيمات بكمية حركتها . وكمية الحركة هي حاصل ضرب الكتلة في
السرعة . وبين دي برولي أن علاقة كمية الحركة بالطول الموجي ينطبق
بغوره . ثابت بلانك .

وعلى الرغم من أن دي برولي لم يضع نظرية متكاملة عن الموجات
المادية (إذ يرجع الفضل في ذلك للفيزيائي النمساوي شرودينجر) .
فإن فكرته قدمت التصور المثالي لشغل الإلكترون مستويات طاقة محددة
حول النواة . فإذا ما تصرف بصورة ما الإلكترون كجوجة . فإنه لكي
تنتقل الموجة مع المدار فإن قطر المدار يجب أن يكون عددا صحيحا من
الطول الموجي . بحيث أنه حين تنتقل الموجة حول المدار تغلق تماما .
وعلى ذلك فلن يتاح ذلك إلا لمدارات محددة . والتي تمثل مستويات الطاقة
المسجوعة بها .

ولقد قدم شرودينجر تفاصيل هذا التوافق في معادلة تصف تصرف
الإلكترون بالقرب من النواة . وبحل معادلة شرودينجر . ظهرت مرة
أخرى معادلة بوهلر الخاصة بمستويات الطاقة لذرة الهيدروجين . وكان
هذا من النصر المؤزر للفيزياء . وفي السنوات التالية . طبقت النظرية
الجديدة . المسماة بالميكانيكا الكمية . لتجتاح على عدة مسائل تطرح
الإلكترونات . وتشمل معادلة شرودينجر الآن أساسا للفيزياء المتعلقة
بالذرات والجزيئات والجوامد . والكيمياء الفيزيائية . ولكن هذا النجاح
الساحق لم يكن بلا ثمن . فكما كان شرودينجر نفسه واعيا . كان ذلك
على حساب التضحية عن قوانين نيوتن التي حازت التسجيل على مدى قرون .
وابدائها بالمعادلة الجديدة لوجات المادة .

وإذا كان الإلكترون يتصرف كالوجات . فمن المعقول أن نتوقع أن
تتصرف بنفس الطريقة كافة الجسيمات الأخرى . وهو ما أكدته التجارب
بالفعل . وما أن استقرت الصفة الموجية للجسيمات دون الذرية . حتى
أصبح من الواضح أن أشياء كثيرة يمكن أن تحدث على مستوى الذرات
والألوية . افترض مثلا أن شعاعا من الإلكترونات قابل قوة مجال تمنا
حاجزا كهربيا . فإذا كانت قوة تناظر فمن الطبيعي أن نتوقع أن تنحرف
الإلكترونات بعيدا . وإذا كانت القوة تجاذبيا . نتوقع انحرافها تجاه القوة .
أما بالنظر للصفة الموجية . فهذا التوقع الساذج معرض للاستثناء . فكما

أنه يجب على الإلكترون في حاله دورانه أن يصدر انبعاثات
كهرومغناطيسية . مما يفقد طاقته . فيسور في مسار حلزوني تجاه النواة
إلى أن يسقط فيها . بمعنى آخر . فإنه طبقا للفيزياء الكلاسيكية فإن مآل
الدورة للانهار . أما ما يحدث بالفعل فامر مخالف تماما . فالإلكترونات
تحتل مستويات محددة من الطاقة . تقابل مسارات على مسافات محددة
من النواة (الشكل ٣٦) . ويمكن بالطبع أن تنبع موجات كهرومغناطيسية
من الذرة . ولكن ذلك يحدث في دفعات فجائية . وحين يتم ذلك يظهر
الإلكترون من مدار لآخر أدنى منه .

وكان وجود مستويات معينة لطاقة لغزا محيرا . من أين أتت ؟
وما الذي يعطي الإلكترونات بها ؟ وفي ١٩١٢ تولى هذه القضية نيلز بوهلر
بعد زيارته لروذرفورد . الذي كان يعمل وقتها في جامعة مانشستر .
وببصيرة نافذة وضع بوهلر صيغة رياضية تعطي بدقة بالغة مستويات
الطاقة لأسط الذرات . الهيدروجين . رغم الطاقة المنصبة للإلكترون لو
المنبعثة منه عند التنقل بينها علوا أو انخفاضا . ولأنت الصيغة ترجيا
حارا . ولكن لم يكن أحد يعلم ماذا تكون هذه المعادلة على هذه
الصورة بالذات .

والخصيصة المميزة لمعادلة بوهلر هي وجود ثابت بلانك . والذي
قدمه في مطلع القرن الفيزيائي الألماني ماكس بلانك لكي يفسر طبيعة
الاشعاع الحراري . كما استخدم ثابت بلانك أيضا بواسطة آينشتين
عام ١٩٠٥ لشرح الظاهرة الكهروضوئية . وهي ظاهرة سريان الكهرباء
في بعض المواد عند سقوط الضوء عليها . وقد بينت أعمال بلانك وآينشتين
أن الحرارة والضوء (وكافة صور الاشعاع الكهرومغناطيسي) لا يمكن
وصفها ببساطة عن طريق صورتها الموجية . ولكنها يمكن . في بعض
المواقف . أن تتصرف كجسيمات أطلق عليها اسم « الفوتونات »
photons . وقد حدد ثابت بلانك قيمة الطاقة التي يحملها كل فوتون
في طول موجي معين . فالفوتون أشبه بحزمة من الطاقة . سميت « الكم »
(الجمع : كمات . أو الكوانتا) quanta . وبيان احتياجه لثابت بلانك .
أقام بوهلر رابطة بين كمات الاشعاع الحراري والتركيب الذري .
فمستويات الطاقة المسجوعة للإلكترونات أن تحتلها تعتمد . مثل طاقة
الفوتونات . على ثابت بلانك .

ولكن ظل اللغز حول سبب اتخاذ مستويات طاقة الإلكترونات هذه
الصفة الكمية . وكانت بداية الحل على يد طالب فرنسي يدعى لويس
دي برولي (يسمي في كثير من الكتابات دي بروجل Louis de Broglie)

أن لوح الزجاج يعكس بعضاً من الأشعة ويسرد البعض الآخر (وهو ما يسبب صورة شاحبة لك على اللوح) ، فإن المجال المتجاذب سيعكس دائماً قدرة من الإلكترونات . ومعنى ذلك أن بعض الإلكترونات ، قلة من الكثرة الغالبة ، سوف ترتد عن منطقة الجذب ، بالضبط كما لو أن كرة الجولف اندفعت تجاه الحفرة ، وعند حاجتها غيرت رأيها ، فارتدت متباعدة عنها .

ويتقبل هذا النصف المضاد . ليس من الصعب تبرير كيفية حدوث ظاهرة النفق المذكورة سابقاً لجسيمات ألفا . فكما أن الإلكترون له خواص موجية ، فنفس الشيء لتلك الجسيمات . وعليهنا أن تتصور هذه الجسيمات محتواة داخل النواة بقوة الحجر ، كما تحجز موجات الضوء داخل صندوق مبطن بالمرايا .

وحين يعكس الضوء بمرآة ، فإن جزءاً منه يخترق مادتها ، فيمتص داخله . أما إذا كانت المرآة مصنوعة من مادة رفيعة السمك ، فإن قدرًا من الموجات يمكن أن يخترقها ويغير للجانب الخلفي منها . من تلك القوة . وما أن يعبر المرآة حتى يستعيد خواصه كضوء طبيعي . ونفس هذه الظاهرة النفقية ظاهرة بالرفق مع كافة الموجات ، فهي تحدث مثلاً مع الموجات الصوتية . وفي حالة جسيمات ألفا فهي تسبب تسرباً ضئيلاً من موجاتها عبر حاجز النواة إلى الخارج . وكما سنرى ، يتضمن ذلك أن هناك احتمالاً ضئيلاً ، ولكنه ليس منعدماً ، لجسيمات ألفا أن تنفق نفقاً عبر الحاجز وتفر من النواة ، فإذا ما أعطيت وقتاً كافياً ، فإن هذا سيحدث وقتاً ما .

ولكن ماذا عن ثغر عدم عودتها مرة أخرى للنواة ؟ يكن الرد في عبارة : « إذا ما أعطيت وقتاً كافياً » . فدرجة اختراق جسيمات ألفا للنواة ضئيلة للغاية . وقد يستغرق الأمر بلايين السنين لحدوث حالة من ذلك . ولما لاحظنا لذلك بالنسبة لليورانيوم فلأن جسراً ضئيلاً منه مكتظ بالأنوية (لكونه من العناصر الثقيلة - المترجم) ، تنصارع فيها جسيمات ألفا من أجل الفراغ . والطريقة التي تعمل بها الاحتمالات هي أنه إذا كان الاحتمال هو بليون إلى واحد ، فإن الأمر يستغرق لجسيم واحد بليون سنة ، وستة واحدة لجسيم من بليون جسيم . فإذا راقت ألف بليون من أنوية اليورانيوم لمدة سنة ، فإن لك أن تتوقع ألف حالة من اشعاع ألفا خلالها . وهكذا . فإذا ما أردنا رؤية العملية العكسية لما أن نطرق النواة ببلايين من تلك الجسيمات ثم نأمل ملاحظة حالة اختراق واحدة ، أو لقبه جسيماً خارجياً وننتظر بليون سنة .

عالم من عدم التاكيد

وعلى غرابة التأثير النفقي ، فإن الاغرب منه أن نعلم أن له تطبيقات عملية . مثلاً فيما يسمى ، الثاني النفقي tunnel diode . ولعل أهم تطبيق للخاصية الموجية للإلكترونات هو ما يعرف باسم ، التوصيل الغالي superconductivity . نحن نمر التيار الكهربى في موصل ، فإن سبل الإلكترونات يواجه عقبات عشوائية تسبب ما يعرف بالمقاومة الكهربائية . ولكن بعض المواد لها خاصية فقد هذه المقاومة تماماً عند درجة حرارة تقرب من الصفر المطلق . ومن ثم فإن التيار يمكن أن يمر بها للأبد ، دون أى فقد في طاقته .

والخصيصة الرئيسية في موضوع التوصيل الغالي هي الخاصية الموجية للإلكترونات . فالإلكترون له مجاله الكهرومغناطيس الخاص به ، والذي يتسبب في تشويه الهيكل الشبكي lattice للمادة المنطوى بها قليلاً . وتشويه الهيكل الشبكي لجسيمات مشحونة يسبب بدوره في تشويه مجالها الكهرومغناطيسى ، فيؤثر بذلك على الإلكترونات الأخرى . ونتيجة لذلك ، يوجد تفاعل ضعيف بين الإلكترونات الحاملة للتيار والهيكل الشبكي للبلورة . وعند درجات الحرارة العادية تغطي الاهتزازات الحادثة في البلورة نتيجة الحرارة على هذا التأثير الواضح ، ولكن عند درجات الحرارة المنخفضة تخمد تلك الاهتزازات ، ويظهر التبادل بين الإلكترونات على المسرح . هذا التبادل يمكن الإلكترونات من أن تتزاوج . ويتسبب هذا التزاوج في تغير جذرى في خصائصها . أحد هذه التأثيرات هو السماح لأعداد كبيرة من أزواج الإلكترونات بالتوافق الموجى ، منتجة موجات فائقة من الإلكترونات . هذه الموجة الفائقة ، تحت الظروف المثالية ، يمكن أن تنتقل حرة عبر حلقة من موصل فائق . في موجة مستمرة في مستوى من الطاقة معين لا تتأرجح عنه (١) ، بالضبط كما تحتل الإلكترونات مستويات معينة من الطاقة حول النواة . وبمثل الموصل الفائق في ذلك ، من وجهة نظر معينة ، نواة ذرة ، ولكن على المستوى المرنى . وكأغلب النواتج الكمية ، فقد استغلت هذه الظاهرة عملياً بالأخص في عمل مغناطيسات قوية شمس الأجسام البشرية وغير ذلك من أجهزة .

وقد تم التعبير عن الخواص الموجية للإلكترونات بأكثر من طريقة عملية . فالميكروسكوب الإلكتروني مثلاً ، يستخدم الإلكترونات بدلاً من الضوء ، ومن ثم يمكن أن يرى تفاصيل أدق . وتستخدم الموجات الإلكترونية والنيوترونية في فحص المعادن بحثاً عن أية عيوب بشكورها المعدنى .

كما يسلط شعاع من موجات النيوترونات على هدف ما . بحيث يسكن صبط ترددها بدقة لتتوافق مع تردد أنوية الهدف . وبهذه الحيلة يمكن مثلا قياس درجة حرارة ريشة توربين نفاث بينما هو يعمل .

وأعجب ما في ظاهرة ازدواجية بين الخواص الجسيمية والموجية أنها ليست مقصورة على العالم الذري وفوق الذري . فالأجسام المرئية من أسر ذواكب لها ر من حيث المبدأ . موجاتها الكمية الخاصة بها ، لعدد ما معادلة دي برولي للموجة . والسبب في أننا لا نحس بها (كان يحرص شخص مثلا لتأثير الفلق في كرسي يجلس عليه . ليجد نفسه واقفا على الأرض) موجود في صياغة المعادلة نفسها . فالطول الموجي للموجات يتضاهل مع كمية الحركة . ومعنى ذلك أنه كلما زادت الكتلة للجسم قل الطول الموجي . وعلى ذلك فطول لموجة للإلكترون في جهاز منزلي يبلغ جزءا من مليون من السنيمتر . بينما يبلغ ليكترونيا طولا أقل من قطر ذرة . وكرة ١٠ - ٣٢ من السنيمتر . كل جسم من هذه الأجسام يمكن أن يشق لنفسه حاجز ذي سمك متناسب مع طول موجته . مما يجعل فكرة استقلال ذلك للأجسام المرئية ضروريا من الفكرة

على أن الفكرة في حد ذاتها . من وجود موجات مادية حتى على المستوى المرنى . مما كان قصر طولها . تثير جدلا خطيرا الخوط فيه العلماء لعدة عقود . ويرجع ذلك للسؤال المبدئي . ما كنه الموجات الكمية بالضبط ؟

ذلك أنه في الصعب تصور شيء في الطبيعة له خواص مادية وخواص موجية في نفس الوقت . وقد كان اكتشاف ازدواجية طية الضوء والإلكترونات مبعث حيرة بالغة في البداية . وحين بدأ العلماء يتحدثون عن ازدواجية الجسم - الموجة لم يقصدوا أن الشيء له الخاصيتان معا . بل أنه يمكن أن يظهر هذه الخاصية أو تلك . بحسب الظروف .

وقد مد يوهن فكرة ازدواجية الجسم - الموجة لمبدأ عرف باسم التكاملية complementarity . ويقصد به أن الظواهر التي تبدو متعارضة في الطبيعة هي في الواقع متكاملة . وعلى ذلك فيمكن النظر للخاصيتين الموجية والجسيمية للإلكترون على أنها متكاملتان . كوجهي العملة . فالإلكترون يمكن أن يتصرف كجسيم . أو كموجة . ولكن ليس أبدا بالصورتين . كما أنه لا يمكن الحصول على وجهي العملة معا .

ومن المهم للغاية مقاومة اغراء النظر لموجة الإلكترون كاهتزاز في وسط مادي . كالأمواج الصوتية مثلا . والتفسير الصحيح . وهو الذي

أدركه يوهن في العشرينيات . هو أن هذه الموجات هي مقياس للاحتضانات . نحن نتحدث عن موجة الإلكترون بالضبط . كما نتكلم عن موجة الحرارة . فقولك أن صاحبة من مدينة أصيبت بموجة جراثيم . يعني أن احتمال التعرض للحرارة في تلك الضاحية أكبر منه في بقية المدينة . وبالمثل . فإن الله موضع لموجة الإلكترون يعني أكثر الأماكن احتمالا لتواجده . دون استبعاد احتمال وجوده في مكان آخر .

وحقيقة أن موجات الإلكترون هي موجات احتمالية تمثل عنصره حيويا في ميكانيكا الكم وفي الطبيعة الكمية للحقيقة . ويعني ذلك أننا ليس بإمكاننا الجزم بما يمكن للإلكترون أن يفعل . فقط حساب الاحتمالات الممكنة هو كل ما بمقدورنا . هذا القصور الجوهرى يمثل نهاية الحصة في الطبيعة . فهي تعني أن الكترين في موقفين متعاطلين يمكن أن يتصرفا بطريقتين مختلفتين . وهذا يعني وجود عدم يقين كامل في العالم الكمي . هذا الواقع معبر عنه في مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج . والذي يعني أن الكميات زمن الملاحظة تتعرض لغير من التغيرات العشوائية في قيمها . فمقدارها محدد بتأثير بلانك . وقد وجد أينشتين في خاصية الاحتمالية في العالم الكمي حلقة أدت به للوقوف في وجه الفكرة بصرامة . فقرأ الفاتنين بها بقولته الشهيرة : « ان الله لا يلغى بالتردد » . وقضى أغلب البقية من عمره يحاول عبثا البحث عن الساعة المقسطة التي تصورها مغلفة تحت المظهر العشوائي للميكانيكا الكمية .

ويروى يوهن في السؤال عن ماهية الإلكترون من حيث كونه جسما أم موجة ساؤلا بلا معنى . فلكني يلاحظ المرء الإلكترون . عليه أن يقوم ببعض القياسات . وذلك عن طريق إجراء تجربة ما (قلد العملة) . والتجارب المصممة للكشف عن الموجات تقيس دائما الخواص للموجة للإلكترون . بينما تلك المصممة للكشف عن الجسيمات تقيس الخواص المادية . فليس من تجربة على الإطلاق تقيس المزيج بين نوعي الخواص .

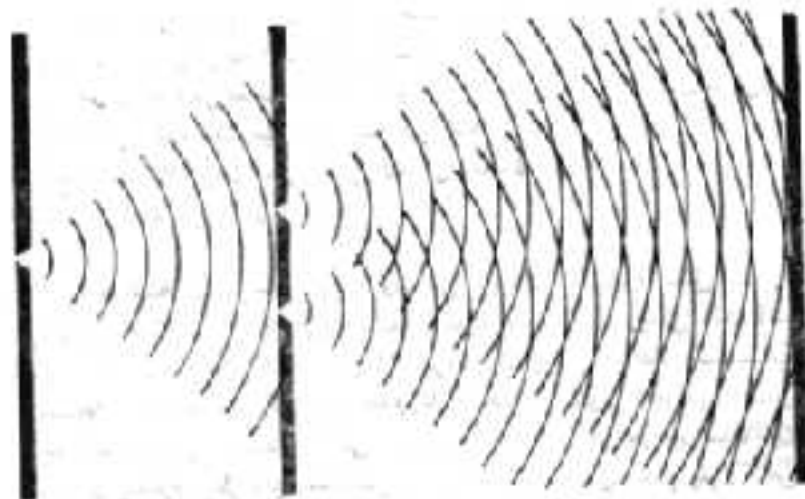
وتقدم التجربة الشهيرة التي أجراها في إنجلترا لأول مرة توماس يونج Thomas Young في مطلع القرن الثامن عشر مثالا كلاسيكيا . فهو قد أجرى تجارب على الضوء . ولكن تجربة مقابلة لها أجريت بعد ذلك على الإلكترونات (٣) . وفي التجربة الأصلية أثناء مصدر ضوئي حائل ذا تفتق ضيق . تم استقبلت الصور المتولدة على شاشة خلفية (الشكل ٣٣) . وقد توقع أن الصورة المستقلة هي بقمعان متداخلتان من الضوء . ولكنها في الواقع متكونة من شرائط متعالية تتراوح بين الظلمة والاضاءة . تعرف باسم حزوز التداخل interference fringes .

والأكبر من ذلك - فهذا النمط هو نفسه سلسلة الأنظمة الخاصة من تسليط الشعاع القوي دفعة واحدة - واللغز هو أن كل جسيم على حدة ، فوجوا كان أو الكترونا ، لن يعبر إلا من ثقب واحد ، وينصرف لجسيم حين يصل موضعه ، مصططاً بالشاشة في مكان واحد - فكيف نعرف الجسيمات في مجموعها بوجود التشق الآخر ، فكيف أفرادها نفسها لا تحدث نمط التداخل ؟ هل يمكن القول بأن شيئاً ما قد عبر الثقبين معاً كدوجة - ثم استعاد الخاصية الجسيمية عند تحديد موضعه على الشاشة ؟ يا له من أمر ملفت للنظر - حيث أن هذا الشيء يجب أن يكون عالمًا بمصداقنا - وكيف يعلم كل فرد من هذه الجسيمات بما سيتصرفه وملازمه حتى يصنع نفسه في الوضع الملائم له من الشكل النهائي ؟ إن هذا لدليل قاطع على الطبيعة الهولوية للظنم الكمية - والتي فيها تتشكل تصرفات الأشياء في أعماق ليس لها تبرير طبقاً لمنطق الحتمي لنيوتن -

وقد عبر بوهر عن هذا الموقف بوضوح - تخيل أننا أردنا الكشف عن الخاصية الجسيمية للفوتونات عن طريق حصر أماكنها بحيث يمكننا تحديد أي من الثقبين قد عبره كل فوتون - عندئذ - فإنه من نتيجة هذا التدقيق نرى الفحص أن يشوش على النمط التداخلي الذي يميز الخاصية الموجية - وعلى ذلك - فلو أننا أجلسنا مراقباً عند كل ثقب يسجل مرور كل فوتون خلاله - فإن أثر هذه الملاحظات هو إدخال قدر إضافي من عدم اليقين (تطبيقاً لمبدأ عدم اليقين) في تصرف الجسيمات - وإن القدر من عدم اليقين هو بالضبط ما يكفي لتطيط النمط الداخلي - تاركا بقعتين من الضوء كما نتوقع للجسيمات أن تفعل وهي تعبر الثقبين - حيث لا تداخل - وعلى ذلك - فإنه لاظهار الخاصية الجسيمية تشوه الخاصية الموجية - علينا إذن أن نتعامل مع نوعين متباينين من المشاهدات - مشاهدات متعلقة بالخواص الجسيمية والأخرى متعلقة بالخواص الموجية - إن نتائج التجربة إذن تعتمد على مستوى العملية التجريبية بأكملها - الأجهزة مع الفوتونات (أو الإلكترونات) - وليس فقط طبيعة الضوء ذاتها - وإذا كان ذلك يشد عن منطقنا الفطري - فلنتذكر أن منطقنا الفطري مؤسس على التعامل مع أشياء أكبر كثيراً من الفوتونات والإلكترونات - وليس من سبب وجيه يجعله مرشدنا للعالم الذري -

خلق الحقيقة :

وإذا كان ما عرضناه لأن ليس مدعاة للبلبل بقدر كاف ، فإليك المزيد مما توصل إليه جون هويلر John Wheeler من جامعة تكساس في أوستن - فقد بين أن الطبيعة الهولوية تمتد ليس فقط خلال المكان بل



(الشكل ٣٣) : تجربة يونج - الضوء القادم من مصدر (ثقب الشاشة الأولى) يعبر خلال ثقبين متجاورين (الشاشة الثانية) - ويستقبلان على الشاشة الثالثة ، وتبين الصورة استقلالية تراكب من الضوء والظلام متعاقبة - تسمى « حزم الداخل » -

وتظهر حزم التداخل في تجربة يونج هو دليل داسع على الخاصية الموجية للضوء - حيث أن الموجات إذ تتداخل فإنها تقوى بعضها البعض في مناطق (مناطق الاضامه) - وفي مناطق أخرى تتلاشى فيما بينها (مناطق الاظلام) - ومن البديهي أنه بتغطية أحد الثقبين فإن ظاهرة التداخل تختفي -

والأمر المستغرب هو حين نتصور الضوء مكوناً من جسيمات - هي الفوتونات - فحين اضعاف الشعاع الضوئي لدرجة مرور فوتون بعد الآخر من المجموعة - والتسجيل الأثر التراكمي لوصول أحاد الفوتونات واحد وراء الآخر لمدة طويلة - وفي التجربة القابلة لتقذف أحاد الإلكترونات خلال النظام ذي الثقبين - ونستقبل الإلكترونات على شاشة وامضة كشاشة التلفاز - ويتكون الشكل النهائي من الوضعات المتتالية المعبرة عن وصول الإلكترونات واحداً وراء الآخر -

نذكر أننا بسبب عدم اليقين لا نستطيع أن نتكهن بمكان سقوط الفوتون أو الإلكترون بالضبط - ولكن متوسطات التأثير التراكمي من القذف المتتالي للفرد الكمي - سيحمل النمط النهائي يتخذ شكلاً معيناً -

على أنه يجب الانبياء إلى أنه لا يمكن استغلال مبدأ الاختيار المؤجل لأرسال معلومات إلى الماضي - وليس لك مثلا أن تستخدم التجربة لكي تبت إشارة لمشاهد آخر عند مصدر الضوء - أي عند عدة بلايين من السنوات في الماضي - أن أية محاولة لتكثيف المشاهد الآخر من الرؤية في المستقبل - من شأنها أن تسوء الحالة الكلية وتدمر ذات الإشارة التي يحاول المشاهد الأرضي بثها - ومع ذلك - فتجربة الاختيار المؤجل تبين بصورة توضيحية أن العالم الكمي يملك طبيعة مبدئية تخزن الزمن والقضاء - فيبدو الأمر وكأن الموجات المادية تعلم مسبقا أي من القرارات سوف يختاره مجرى التجربة -

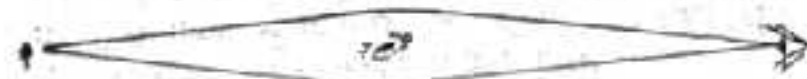
ولعل أكثر ما في هذه المؤسسات من الثروة لفقدان هو أنه يبدو أن للمشاهد دورا جوهريا في بيان وجه الحقيقة على المستوى الكمي - ولقد أزعج هذا كلا من العلماء والفلاسفة لوقت طويل - ففي عصر ما قبل الكم الفيزياء - كان كل امرئ يفترض أن العالم الخارجي له خصائص ثابتة ومحددة - لا تختلف بمراقبتها من عدمه - أو بتكيفية تلك المراقبة - بالطبع قد تتداخل المراقبة في بيان الحقيقة - حيث أننا لا نستطيع أن نراقب شيئا دون التداخل معه طبيعيا لدرجة ما - ولكن البدا هو أن هذا أمر عرضي متعلق بدقة الملاحظة - ويمكن العمل - من حيث المبدأ على إزالة الخطأ الناتج بسبب ذلك إلى أكبر قدر ممكن - أو إجراء التجربة بصورة تأخذ في الحسبان معادلته تماما - ولكن الفيزياء الكمية تقدم لنا نوعا آخر تماما من الحقيقة - يتفاعل فيها المشاهد مع الشيء الذي يشاهده بصورة لا تقلل الانقسام - فتأثير عملية الملاحظة هي جزء لا يتجزأ من الحقيقة التي يتم الكشف عنها - ليس لنا أن نلغي من قدرها أو نعمل على معادلتها -

وإذا ما كانت الملاحظة هي أمر جوهري في طبيعة الحقيقة الكمية - فإن هذا يؤدي بنا إلى التساؤل حول ما يجري حقيقة عند مراقبة الكثرين أو فوتون - ولقد ذكرنا من قبل أن الطبيعة الموجية للأشياء المرتبة هي بغير ذي وزن يذكر في الحياة العادية - ولكن مع إجراء التجارب الكمية فإنه يبدو أن الخصائص الموجية لأجهزة القياس - بل والأفراد - لا يمكن تجاهلها -

ويتضح دور الملاحظة فيما يعرف باسم « مفارقة القياس the measurement paradox » - نحيل جدا أن الموجة الخامسة بالكثرون قد احتويها في صندوق - ويبدو أن الجسم ذاته في موضع منه -

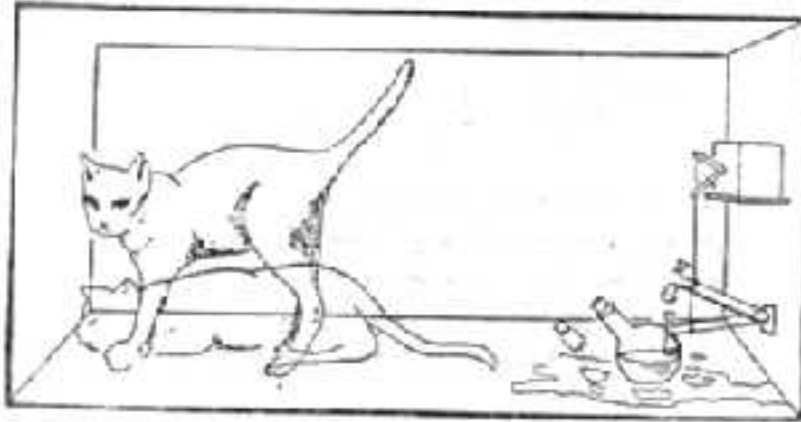
وأيضا خلال الزمن - وله بين هويلر كيف أن القرار بالنسبة لنتيجة التجربة في اظهار أي من الخصيصتين يؤجل إلى ما بعد عبور الثقوب - فمن الممكن أن « تنتظر للوراء » من موضع الصورة على الشاشة لتعلم من أي ثقب عبر جسيم ما - أو قد تقرر ألا تنظر - متبقيا على نمط التداخل بتشكيل على مسجنته - وقرار مجرى التجربة حول أن ينظر أو لا ينظر للمثلث لحظة وصول الجسيمات للشاشة - يحدد إذا ما كان الضوء قد تصرف كجسيمات أو كموجات في لحظة سابقة - عندما عبر الثقبين عند الحائل الأول -

وقد أطلق هويلر على ذلك تجربة « الاختيار المؤجل delayed choice » - وقد أجرى كارول آلي Carol Alley من جامعة ماريلاند تجربة مبنية على هذه الفكرة - أكدت وجهة النظر هذه تماما - وكان الجهاز المستخدم ينظم نظاما من أشعة الليزر - ورغم أن التأجيل في تجربة كهذه لم تزد فترة من جزء من بليون من الثانية - إلا أن مبدأ خطيرا قد نأكد كحقيقة واقعة - وقد وسع هويلر من الفكرة إلى مثال متطرف - حيث تقدم الطبيعة نوعا من نظام ذي شقين على المستوى الذري - قد قدمنا في الفصل السادس أن جاذبية المجرات أو الثقوب السوداء أو حتى الأوتار الفلكية قد تحبس الضوء على شكل عدسة - وقد يتخيل المرء مصغرا للضوء على البعد السحيق - يشبه نجم « كوازار » مثلا - يبعث بالمفوتونات لتجمع في البؤرة على الأرض (الشكل ٣١) - ومسارا الضوء يلعبان دور نظام الشقين - حيث أن الشعاعين يمكن أن يتجسدا على شكل حزوز تتداخل - فإذا ما استبعض مبدأ الاختيار المؤجل - فإن قرار مجرى التجربة للكشف عن أي من الخاصيتين الجسيمية أو الموجية لضوء الكوازار يؤثر على طبيعة ذلك الضوء - ليس فقط لجزء من بليون من الثانية من الماضي - بل لعدة بلايين من السنوات مضت - وبعبارة أخرى - فإن الطبيعة الكمية للحقيقة تنظم تأثيرات غير محلية - يمكنها من ناحية المبدأ أن تفلت لأوتار الكون وتستند عبر دهور من الزمان -



الطعل (٣١) : جرم ذو كتلة كبيرة - كتجربة أو حلز ثقب أسود - يمكن أن يلعب دور عدسة هائلة - فالضوء القادم من مصادر بعيدة يمكن أن ينحني لاتخاذ المسار المبسط - المجرم بسبب الجاذبية - والآخر يسلط على نطاق أكبر انحناء الضوء بسبب التخمس (الشكل ٣٦) - ويمكن أن يعطى أكثر من صورة لصعود الضوء - كمثل القنبا به نتيجة الأوتار الكونية (الشكل ٣٩) -

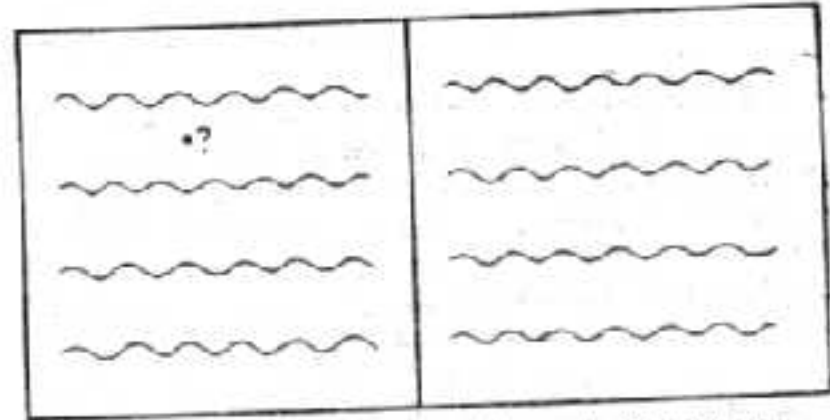
منهما حالة مناقضة للحالة الأخرى - وأشهر مثال مخيل لذلك هو ما يسمى « قطة شرودنجر » . فقد تخيل شرودنجر قطة محبوسة في صندوق يحوى قارورة بها مادة السيانيد السامة . ومطرقة فوقها (الشكل ٣٦) ، وعادة مشعة ، تشع جسيم ألفا بعد فترة من الزمن . وهو ما يمكن الكشف عنه بعدد جيجر . ولنتصور أن التجهيز بحيث أن جسيم ألفا حين انشاعه يتسبب في الزلزال المطرقة على القارورة فتكسر ما - مسببا وفاة القطة في الحال .



الشكل (٣٦) : تصوير لتجربة قطة شرودنجر . تبين حالة مغرقة لحالة حية وميتة في آن واحد (ثلوي لمحيى الخطط ، هذه تجربة ذهنية) .

لنا أن نتصور أنه بعد فترة من الزمن أصبح جسيم ألفا محبوسا جزئيا في الفراغ ، لم يزدن له بعد بالتسلسل عبر النفق ، وجزئيا قد تسلسل بالفعل . وهو ما يمثل الاحتمال المتساوي للحالتين - والآن . فإن كل عناصر التجربة ، عدد جيجر ، والمطرقة ، والسهم ، والقطة ، كلها تعامل كموجة كمية . المعبر إذن أن يتصور وضعين . في الأول تم انشعاع الجسيم ، وسقطت المطرقة ، وماتت القطة . والوضع الآخر لم يحدث شيء من ذلك . والقطة على قيد الحياة . وبما أن الموجة الكمية يجب أن نحتوى على كل الاحتمالات ، فإن الوصف الكمي لحسويات الصندوق ، بأكملها يجب أن يتكون من شكلين موجيين متداخلين . الأول هو المعبر عن حياة القطة . والثاني يعبر عن وفاتها . في هذه الحالة المتخلفة ، لا يمكن اعتبار القطة حية قطعا أو ميتة قطعا ، ولكن في حالة محبة بين الحالتين . هل معنى ذلك أنه بإمكاننا أن نصمم تجربة تكشف بها عن هذه الحالة الغريبة ، القطة حية - ميتة ؟ كلا ! فحين يفتح المشاهد الصندوق

نخيل أننا شطرنا الصندوق شطرين ، وأقسا حاجزا بينهما (الشكل ٣٥) . فبطعا لقواعد الكم ، فإن موجة الالكترون ما زالت موجودة في كلا النصفين ، عاكسة حقيقة أننا في بحثنا عن الالكترون حاله يحتمل وجوده في أيهما . ولكن السطر البدوي يفرض أنه لا يمكن أن يوجد الا في أي من النصفين . تخيل الآن شخصا ما نظرا بالفعل ، وواى الالكترون في جزء ما . من الواضح أن الموجة الاحتمالية يجب أن تختفى من النصف الآخر . حيث علم الآن أنه خاو .



الشكل (٣٥) : الكترون موجود في قسم من صندوق ، ثم وضع فاصل بين الجزئين - الموجة المتصلة للالكترون منتشرة في الجزئين ، مما يعكس احتمال وجوده في أيهما . بطعا يدلنا المثلث البدوي أن الالكترون ، يكون جسيما يجب أن يكون في أحد النصفين .

إن ما جرى بالنسبة للموجة ، وهو ما يطلق عليه غالبا « انهيار المعادلة الموجية collapse of wave function » يبدو أنه كان بسبب عملية المراقبة . فإذا لم يتم بها أحد . فلن تختفى أبدا . وعلى ذلك ، فيبدو أن تصرف جسيم كالاتكترون تعتمد على كونه تحت المراقبة أم لا . هذا الأمر مزيج للغاية عند الفيزيائيين ، ولكن قد لا يكون بهذه الأهمية لدى العامة . فمثلا الذي يتم حقيقة بما يفعله الالكترونات ونحن لا نراقبه ؟ ولكن المسألة تتجاوز الالكترونات - لو أن الأشياء المرئية تمتلك خاصية موجية . فإن حياذ الحقيقة لكافة الأشياء سوف تلعب أدوار رياح الكم .

ويشعر الكثير من الفيزيائيين بعدم الارتياح لفكرة وجود خواص موجية للأشياء المرئية ، تلعب دورا في نتائج التجارب التي تجري عليها . والسبب هو إمكانية تصور شكلين موجيين متداخلين ، بينما يمثل كل

ليرى ما بداخله . فانه سوف يرى إحدى الحالتين . يبدو الأمر كما لو كانت الطبيعة تزجل قراصها بشأن الحيوان المستكين الى أن يقرر اسلحه اختلاس النظر . ولكن هذا يشير السؤال البديهي : ما الذي يجري حقيقة حين لا ينظر أحد ؟

ومن الواضح من تصور تطبيق الخواص الموجبة على الأشياء المادية . والحية منها . أنها تنير قضايا عميقة حول طبيعة الحقيقة . والعلاقة بين المشاهد والعالم الفيزيقي . وقد وضع مثال القطعة السابق هذا ليصور بدرجة مبالغ فيها الطبيعة المتناقضة لأعاجيب العالم الكمي . ولكن نفس الظاهرة تحدث كل مرة يشع فيها جسيم ألفا من نواة . وتمارس دورها بلا كلل على المادة المشعة في غارب ساعاتنا الضوئية .

ولم يحدث اتفاق بين الفيزيائيين على حل معضلة قطرة شرويدنجر . فيذهب البعض الى أن ميكانيكا الكم تقتل عند مستوى المراتب . ويذهب رأي آخر الى أن ميكانيكا الكم لا تقول لنا شيئا عن الأفراد . من جسيمات أو قطط . بل عن الأعداد الغريبة منها على صورة احتمالية . ولكن ذلك يعتبر مراوغة عن اجابة السؤال حول ما يحدث للقطعة بالفعل .

ولعل أكثر محاولات تفسير هذه الغرائب الكمية هو ما يسمى بنظرية الأكوان المتعددة many universes theory أو التواريخ البديلة histories (alternative) فهي موضوع تجرية للقطعة . تقول النظرية ان الكون قد انقسم لنوعين من الحقائق المتعايشة . أو المتوازية . لقطعة حية وأخرى ميتة . ورغم ان الأمر يبدو كالخيال العلمي . فإن النظرية تتفق أساسا مع ميكانيكا الكم . لها انصار عديدين من أهم وزن في علم الفيزياء . وسوف نلقى نظرة أكثر تفحصا لهذه النظرية عما قريب .

وقد وضعت نظرية العوالم المتوازية كما رأينا الفصل معضلة جوهرية متعلقة بطبيعة الحقيقة كما تبدو داخل العالم الذري ودون الذري . فيسبب غامضة الإزدواج الموجي - الجسيمي لكيثونات مثل الإلكترون . فانه من المستحيل أن نضع لها بعض الخواص . كأن تكون لها مسار محدد في الفضاء . كما تعودناه بالنسبة للأشياء المادية كمسار طلقات الرصاص أو مدارات الكواكب . وعلى ذلك . فانه إذا ما انتقل الكترون من الوضع (أ) الى الوضع (ب) . فإن مساره يكون مشوشا بينا عدم اليقين الكمي كما صاغه هايزنبرج . ان إحدى صياغات المبدأ تقول انه من المستحيل أن نقيس الموضوع والسرعة معا لحسيم كمي . أما الصياغة

الأمري . فنقول ان الجسيم ليس له بالفعل قيم محددة للموضع والسرعة في نفس الوقت . فإذا ما أردت قياس الموضع بدقة . فيكون ذلك على حساب الدقة في السرعة . والعكس بالعكس . انه لتوجد مقايضة تقوى البصير بين القيتين . فبينك الوصول لدرجة دقة المعلومات كما نشاء . ولكن على حساب الدقة في معلومة أخرى .

وقد صادفنا ميلا عدم اليقين عند حديثنا عن الهيدروجين الكمية . والفراغ . ومنتشأ الزمن . وهو نفس عدم اليقين الذي يؤثر في الطاقة وفي الزمن . ويخبرنا كيف أن الجسيمات التقديرية تيزج لنا من اللاشيء . لنفس على التو . هذا القدر من عدم اليقين لا ينبع من قصور بشري . بل هو حقيقة كائنة في الطبيعة . فبمهما حاول المرء من تبحر للقطعة . ومن تطوير لقوة الأجهزة . فلن تظهر الغموض الكامن في عدم اليقين الكمي .

والمقايضة بين الدقة في الموضع ومثلها في السرعة هي مثال آخر للتكاملية الكمية في ممارستها لدورها . فقد اتضح أنها على علاقة وثيقة بتكاملية الجسيم - الموجة . فالموجة المساحة للإلكترون هي بطبيعتها شيء منتشر . ليس له موضع محدد . رغم أنها تحوي شحنة عن المعلومة المتعلقة بالسرعة . وفي المقابل . فالجسيم المصاحب للإلكترون هو بطبيعته شيء يحتل موقعا محدد . ولكن موجة تضالته الى نقطة لا تحمل معلومة عن سرعة الإلكترون . ان لك قياس موضع الإلكترون . حينئذ لن تعرف (ولا هو) كيف يتحرك . ولك أن تقيس السرعة للإلكترون . ولن يتاح لك أو له تحديد مكانه .

معنة أينشتاين

في بداية عصر نظرية ميكانيكا الكم . انقسم العالم الفيزيائي بشأن نتائجها الشاذة معسكرين . كان على رأس الأول ليلز بوهر . وضم الذين تقبلوا تماما المضمون غير الحتمي للنظرية . وأصروا عليه كخصيصة جوهرية للعالم الكمي . وكان على رأس المعسكر الثاني أينشتاين . العالم الذي لا ينكر قدومه . والذي أمر على أن النظرية تعتبر غير تامة طالما أنها تذهب لهذه المبررات غير المتعلقة . وكما اسلفنا القول . فقد كان أينشتاين يأمل في أن يكون وراء عالم الكم العجيب حقيقة حتمية للأشياء والقوى التي تتفاعل بالصورة التقليدية طبقا للأسباب والنتائج . وقد افترض ان صلاية نتائج التجارب هي نتيجة للقصور فيها . معتقدا أن أحدنا ليست جهالة بطبيعتها للكشف عن التفاصيل الدقيقة للتغيرات التي تكمن

وراء تلك المسائل الغريبة للجسيمات دون الذرية . لها بوهر فقد ذهب الى أنه ليس لهذه الهولوية سبب ما . وأن ساعة نيوتن الكونية المنضبطة قد ولت زعماتها . وبدلاً من قواعد صرامة للأسباب والنتائج . فإن المادة تخضع لقوانين الصدفة . فلعبة الطبيعة القوب للعبة الروليت . منها لعبة البلياردو .

وقد تركز أغلب الجدل حول الحقيقة الكمية على شكل « تجارب ذهنية » thought experiment . كنتك التي عرضنا لها في قطة شرودينجر . وقد دار الصراع بين آينشتين وبوهر على هذه الصورة . حيث يطع آينشتين موقفاً تخيلياً يتوسم فيه أنه سيفهم بوهر . ويقوم بوهر من ناحيته بتفليد الموقف . واستمرت اللعبة الى أن كتب آينشتين عن محاورته . مركزاً على محاولة بيان النقص في النظرية . ومعنى ذلك أن آينشتين ربما يكون قد اعترف منكراً بما في النظرية الكمية من حيلة . ولكنه لا يرى فيها كل الحقيقة .

وانصب الجدل حول عدم اكتمال النظرية على مبدأ عدم اليقين . وقد أراد آينشتين أن يبين مثلاً . أن للالكترون موضعاً محدداً . وسرعة محددة في نفس الوقت . حتى ولو كانت أجبرتنا لقسوة من اعينتي المعلومات عند قياس الأخرى . وقد حاول تحليل طريقة يبين بها أن « عناصراً من الحقيقة » يمكن أن يلحق في نفس الوقت بالصفين المتكاملين . وكانت أقوى محاولاته . والتي صاغها مع زملائه ناثان روزن Nathan Rosen وبوريس بودولسكي Boris Podolsky تنطوي الحصول على معلومات الموضع والسرعة لجسيم باستخدام جسيم آخر . بحيث يرتد الجسيم الثاني عن الأول الذي هو محل بحثنا . فإنه يحصل معه معلومات عن موضع وسرعة الجسيم الأول . بالضبط كما تحصل كرة البلياردو المرتدة معلومات عن سرعة واتجاه الكرة التي اصطدمت بها . من القوانين المعتادة للتصادم .

لفرض أن لدينا جسيمين (أ) و (ب) . تصادما وتباعدة الى مسافة كبيرة . ان لنا الآن أن نقيس موضع أو سرعة الجسيم (ب) . فإذا قسمنا الكمية الأولى . فسيعطينا ذلك دليلاً على موضع (أ) . ولكن بإمكاننا أيضاً أن نقرر قياس سرعة (ب) . ونستنتج منها سرعة (أ) . ورغم أن قياس موضع (ب) سوف يؤثر على قياس موضعه . والعكس بالعكس . فإن عملية القياس التي تجري على (ب) لن تؤثر على (أ) . لا بينهما من تباعد . وفي النهاية لن يمكن للقياس الذي يتم على (ب)

أن يؤثر على (أ) . حين يبلغ التباعد بينهما مسافة سرعة الضوء . وهو الحد الأقصى للسرعة كما نعرفه النسبية . وعلى ذلك . فإن القياس الذي يجري على (ب) لن يؤثر على (أ) .

ويبدو أن ذلك قد حسم المسألة . حيث أنه بما أن المصاحبة يمكنه قياس سرعة (ب) أو موضعه . فستشتق من ذلك القيمة المقابلة لـ (أ) . وبدون أي تأثير على هذا الأخير . فإنه بالتأكيد لا بد أن لـ « عنصرى الحقيقة » معاً . لحظة القياس . كما أنه يمكن تصور قياس موضع (أ) باستخدام القياس على (ب) . وقياس سرعة (أ) عليه مباشرة . فتكون قد حصلنا على القيمتين المضبوطتين معاً في نفس الوقت . ومن ثم فقد ذهب آينشتين الى أنه من حيث المبدأ يمكن معرفة الموضع والسرعة لجسيم في نفس الوقت . وقد بدا له أن عدم اليقين لن يتحقق إلا إذا تحقق بين الجسيمات . تأثير غامض على البعد . ينتقل بأسرع من سرعة الضوء . منحدياً النظرية النسبية .

ورغم أن بوهر قدم وده على هذا الجدل . فإن المسألة ظلت في طي التجربة الذهنية الى الستينيات . فقد مد جون بيل John Bell في مختبر المركز الأوروبي للأبحاث النووية CERN التجربة على زوج من الجسيمات الى مدى من العمليات أوسع . مستنظاً القواعد التي يجب أن تخضع لها الجسيمات لكي تتفق مع منطق آينشتين في تصوير الحقيقة . ووجد بيل أن ذلك يقتضي تعديداً رياضياً أطلق عليه « متباينة بيل Bell inequality » ولأول مرة أصبح من الممكن أن نخبر هذه الأفكار ممجداً . وأجريت التجارب للتحقق من صحة التلاصوات المذكورة . وبالتالي انتصار رأي آينشتين . أو عدم صحتها . فيكون هو الغايمر . وازدادت التجارب دقة على مر السنوات . حتى بلغت أوجها على يد آلان أسبيكت Allan Aspect من جامعة باوريس عام ١٩٨٢ . والتي حسبت الموقف بخصامة آينشتين المتزكة . لما جعل ذلك

إذا ما استبعدنا التأثير الأمتزج من سرعة الضوء . كان ذلك يعني أنه ما أن يؤثر جسيم في آخر . حتى يظل الاثنان مترابطين بصورة ما . فيشكلان واقفاً نظاماً لا ينقسم . والخاصية « عدم المحلية » هذه مضامين خطيرة . فلما أن تصور الكون شبكة مترابطة من أجسام مترابطة . كل رابطلة تجمع بين أطرافها في نظام كمي موحد . وتعمل الزخم من أن الكون - من الوجهة العقلية - من التعقيد لدرجة عدم ملاحظة الترابط الخفي إلا في تجارب معينة كنتك التي أجراها أسبيكت . إلا أنه توجد نكهة كمية قوية في وصف الكون .

وفد فضمت تجربة إسبيكت على آمال آينشتين في أن يكون وراء عدم اليقين الكمي قوى خفية تمارس نشاطها . فلا بد أن نقبل وجود عدم تحديد كامل لا يتخلص منه في الطبيعة . فالإلكترون وغيره من الجسيمات الكمية ليست لها مواضع وسرعات محددة إلا إذا أجريت تجربة فعلية لقياس أي من تلك القيم . فعملية القياس هي التي تجعل الهلالية تحول إلى نتائج محددة فاطمة . أن هذا المزيج من عدم اليقين مع انهيار الدالة الموجية هو ما يؤدي لمعضلة القطة . ولكننا إلى الآن لم ننظر إلا لصورة مبسطة للغاية من المفرد . فما الذي يحدث حين نطبق ما تعلمناه منه على الكون في مجموعه ؟

أن مفسدون خرافة القطة الحية واليئة ننظر شخصا ما يختلس النظر في الصندوق حتى يتحدد مصيرها - يبدو سخيفا . لأنه يفترض أن القطة نفسها تعلم أن كانت حية أم ميتة . ألا تمثل هذه المعرفة جزءا من الملاحظة المؤدية لانهيار الدالة الموجية إلى حالة محددة من الحالتين ؟ ليس من المؤكد أن الملاحظات الكمية لا يشترط أن تكون مقصورة على البشر حين ينظر إليها كمعدنة لحالة من حالات الحقيقة ؟ وإذا كانت القطة صالحة للقيام بالهبة . فماذا عن الفيل ؟ وعن البكتيريا ؟ أم تراه بإمكاننا أن نتخلى كلية عن عنصر الحياة . ونترك المهمة لحاسوب . أو كاميرا ؟

ولمّا يتعلق بالعالم الخارجي للصندوق . فانه بإمكاننا النظر للمختبر بأكمله كمستودع كبير . فإذا ما نظر المراقب داخل الصندوق واحد مصير القطة . فإن زميلا له بالحجرة المجاورة قد لا يعلم ذلك . فهل الموجة الكمية للمختبر ككل تتلاشى لو أنه تدخل من الباب وسأل عن حالة القطة ؟ من المؤكد أن هذا يؤدي بنا إلى تسلسل لا نهاية له . كل نظام كمي يمكن أن ينهار إلى حالة محددة حين يشاهد من نظام خارج عنه . ولكن النظام الأكبر يظل في حالة اللاحديد حتى يراقب من نظام أكبر . وهكذا .

وقد اقترحت أفكار عديدة للخروج من هذا المازق . واحد هذه الأفكار المثيرة للجدل الشديد هو ادخال عنصر الوعي في الموضوع . بافتراض أن التسلسل يقف عندما تدخل النتيجة عقلا مدركا . وبدخل هذا عنصر شخصيا على العالم . حيث أنه يجبرنا على تصور أن العالم الخارجي لا يوجد في صورة محددة حتى نراقبه . وبدو ذلك يمكننا لا نراقب العالم الخارجي . بل نصنعه .

والكثير من العلماء مقنع بتجاهل هذا التسلسل اللانهائي . على أساس أنه مهما كان كبير مختبرهم . فما يزال هناك الكون بأسره كعالم خارجي يمكن أن يسبب انهيار محتويات المختبر إلى حقيقة مؤكدة . ولكن الفلكيين ليس لديهم هذا الخيار . فمختبرهم هو الكون ذاته . وليس خارجي شي . يراقبه .

الحقيقة المتعددة

هذا هو المنطلق الذي يبدو أن تفسير العوالم المتعددة قد فرض نفسه علينا . وبلغت العلم الجاد . في مقابل الخيال العلمي . ترجع الفكرة إلى عام ١٩٥٧ . مع أعمال الأمريكي هوج افريريت Haugh Everett وقد ادخلت عليها التحسينات منذ ذلك الحين . وكما ذكرنا من قبل . فإن فكرة الأكوان المتعددة قد ظهرت لكي تحل معضلة القطة بافتراض أن الكون ينقسم إلى نسختين . يتعايشان متوازيين . وليس من يأمن الآن في تطبيق الميكانيكا الكمية على الكون بأسره . طالما أننا مستعدون لتقبل فكرة الخيالية هذه ما . بأن الكون ينقسم باستمرار إلى نسخ لا حصر لها قريبة الشبه من بعضها البعض . كل نسخة تقابل حالة من الحالات المحتملة للتفاعلات الكمية . وتعرض نظرية افريريت نوعا من تعدد الحقائق . يتعايش فيها عدد لا نهائي من الأكوان . ورغم ما فيها من غرابة . فإن الصياغة الرياضية لها تتفق تماما مع الميكانيكا الكمية في صورتها التقليدية . ويتشبه وجه البعده فيها فقط في تفسير الكميات التي تظهر من المعادلة .

والحجة الواضحة ضد الفكرة أننا نعيش فقط وجه واحد من الحقيقة . في كون واحد . فإين الياقون . وحتى نفهم الإجابة علينا أن نأخذ صورة أرحب لمفهوم الزمكان الذي عرضنا له في ثنايا هذا الكتاب . حين ينقسم الكون إلى عدة نسخ . فإن كل نسخة لا تحتوي فقط على نسخ من الأشياء المادية . بل على مكان وزمن أيضا . بمعنى أن كل كون « جديد » يتولد معه فضاءه وزمنه . والعوالم الأخرى ليست « هناك » بالمعنى العادي . فليس بالإمكان الوصول إليها من عالمنا . بل هي زمكانات تابعة في حد ذاتها . ونحن حين نسأل عن مكان شي . نفترض عادة أنه على بعد وفي اتجاه ما منا . ولكن عوالم افريريت ليست في كوننا بالمرّة . فهي ليست على بعد معين أو في اتجاه معين بالفسيّة لنا .

وقد يكون من الصعب أن نتصور ذلك . ولكن الواقع هو أن عدم قدرتنا على التصور لعدة زمكانات لا يُلغى احتمال وجودها من الوجهة المنطقية . فما زال بإمكاننا أن نضلها رياضيا . على أن قدروا من النجّل

وهذا هام لكي نحل مغارقات القياسات الكمية ، ونجاني الشعور بالانقسام .

ولكن ، كما وضعنا في أمثلتنا لغزتين مرنا . فإن القياس كما عليه عادة هو ما يحدث حين نقيس على المستوى المرنى . كنسبة لعدد جيجر أو حركة في مؤشر (أو حالة صحيحة لقطعة) . ونسجل أدمتنا هذه الحوادث بدرجة دقيقة تكون الأجهزة وعقولنا كيونات مرئية . تتعامل التغيرات على المستوى الكمي . ومن الممكن مع ذلك تصور كائن واع يعمل مواسم وذاكرته على المستوى الكمي . وفي الواقع ، فإن علماء الحاسوب يعملون جادين على إنتاج أجهزة على المستوى الجزيئي عملا في تصغيرها أكثر من الشاح في الأجيال الحالية . وقد اقترح الفيزيائي البريطاني دافيد دويتش David Deutsch تجربة مؤسدة على هذا التصور ، والتي فيها يبدو من الممكن إجراء اتصال فح بين العوالم المتوازية .

وفي تجربة دويتش ، يطلب من عقل كمي (سواء كان طبيعيا أم صناعيا) أن يجري تجربة كم تقليدية ذات خيارين . مثلا ، أن يراقب الحراف الكترون إلى اليمين وإلى اليسار من هدف معين . وطبقا لنظرية العوالم المتوازية ، فإن هناك كونا للكترون المتجه للييسار .

والآن ، فعين لراقب الكونين ينقسمان أو يتمايزان ، فإنا نعمل ذلك بصورة غير قابلة للانعكاس . فنحن لا نستطيع . على المستوى المرنى . أن نصور التطورات التي فيها يعود الكونان للاندماج ، أو يصبحان متماثلين مرة أخرى . فمن الواضح أن حادثة كموت القطعة هي غير منمكة . أما على المستوى الذري فمن المتصور أن تكون الحوادث انعكاسية تماما . فمن السهل تصميم تجربة على المستوى الذري بتعرض جسيم فيها لتجربة ذات خيارين . ولكن الحالة تعود من حيث البداية للوضع الابتدائي .

وباختصار ، فإنه على المستوى الذري يمكن للعوالم أن تنقسم وتدمج عن طريق التحكم المناسب . هذه الحالات التوسعية لا يمكن لنا أن نراها معا ، لأنه بمجرد أن نحاول مشاهدتها ندخل عليها تأثيرا مرئيا لا امكاسيا يؤدي لانقسام العوالم نهائيا . أما العقل الكمي الذي تصوره دويتش فممكنه مشاهدة الأشياء دون أن يسب هذا الانقسام الدائم . فهو يمكن أن يسجل الحفيلة التوسعية ، بدون أن يحول دون عودة اندماجها بعد انقسامها المؤقت . وفي مرحلة الانقسام ، يمكن للعقل أن ينقسم إلى

مفيد . وأحد الاستلزامات هو تخيل هذه العوالم منقسمة فوق بعضها كصفحات في كتاب . وفي هذا التجميع الثاني لايعاد مثل كل صفحة كوننا متكاملة . أي زمكانا ومادة . ويختلف شكل كل كون قنبلا شفا للخيارات الكمية المتاحة له . ويتحركنا من صفحة لأخرى . مستعدين عن الصفحة التي اخترناها مرجعا لنا . تتراكم العوارق .

وأحيانا تصور الأكوان المتعددة كافرغ الشجر . الجذع . يمثل كوننا معين . هو الذي نشير إليه كنقطة مرجعية لنا . والذي يفرع ثم يفرع في احتمالاته الكمية المختلفة . ولنا أن نصور شريحة أفقية عبر كل هذه الأفرع عند لحظة معينة . نتقاطع خلال الجمع بأكمله من أكوان تمت جميعا من الكون الأصلي . ويوجه عام . فالجذع ذاته هو فرع من شجرة أكبر تقسم . تمتد للانهائية .

وحين سمع الناس لأول مرة عن النظرية اعترضوا بأنهم لا يشاهدون مثل هذا الانقسام . ولكن الخصيصة الأساسية في النظرية أن المشاهدين البشريين ليسوا استثناء من عملية الانقسام . فهي تتم بالنسبة لهم أيضا . ففي مثال القطعة التي ينقسم الكون فيها إلى كونين ، يكون ذلك بكل شيء أيضا فيه المختبر والراقبون . وفي كل نسخة ينظر المراقب ليري مصدر القطعة ، فربما أحدهم حية ويراهما الآخر ميتة ، وكل مراقب يقع في الخطأ الشائع وهو أن الحقيقة تكمن فيما وراءه .

إلا أن هناك تعديلا آخر لفكرة الأكوان المتعددة . تشتغل في استبعاد الانقسام . وتصور وجود نفس العدد دائما (في الواقع عدد لا نهائي) من الحقائق المتوازية . ولكن في كل لحظة يكون عدد من النسخ متطابقة بالاضبط . ففي مثال القطعة ، لنا أن تخيل كونين موجودين قبل التجربة ، ولكن غير متميزين بالمرء . وفي لحظة إجراء التجربة يتمايز الكونان بوجود القطعة حية في أحدهما وميتة في الآخر .

ومن الطبيعي أن يثور التساؤل حول امكانية السفر عبر تلك الأكوان أو على الأقل الاتصال بها . والإجابة هي أنه بالنسبة للسجري العادي للأمور فإن هذا غير ممكن . فليس لنا للأسف أن لنجا لفكرة الحقائق المتوازية للسفر وجود الأشياء أو الكائنات غير البشرية أو الأجسام الفضائية الغامضة . لنظرية المريت مؤسسية على أن الأفرع المختلفة لكون ما (أو أكوان) هي صور تبادلية للحقيقة . متفعلة فيزيائيا .

لنسختين . لننسخان بعد التجربة . وتحمل كل نسخة ذاكرة مختلفة عن تصرف الإلكترون في الشاشة . فالحقل المدمج مجهز بذاكرتين . ويمكنه أن يخبرنا عن الحوادث كيف كانت في كلا العالمين المحتملين . وبهذه الطريقة البسيطة . يمكننا بالفعل الحصول على معلومات حول أكثر من وجه للطبيعة .

ولنعيد تجربة دويتش على ذكاء على المستوى الكمي . وعلى الرغم من أن هذه الأفكار قد أخذت بعدية من بعض خبراء الذكاء الاصطناعي ، لما هو مبعث عليه أنه سيبر وقت طويل قبل تحقيق شيء من هذا القبيل . وأثناء ذلك ، من المنير أن نسأل عن أية شواهد غير مباشرة لوجود الحقيقة المتعددة

المصادقات الكونية

على مدى السنوات الماضية . كان الفيزيائيون والكوليون في تأثر بالغ لحقيقة أن الكون الذي نعيشه مبني على مجموعة من الصفات السعيدة . ويكفي ذكر عدد منها على بيان الفكرة .

وأحد أهم هذه الصفات هو استقرار النواة . تذكر حديثنا عن إشعاع ألفا ، والذي يدلنا به حديثنا عن عجائب الكم . فمكونات النواة مترابطة . كما قلنا ، بواسطة قوة نووية شديدة . فاستقرار النواة مبني على التوازن بين القوة الشديدة ، وقوة الإشعاع الكهرومغناطيسي . وتأثير التعلق الكمي . والعدد فتتاح من هياكل النواة التي يمكنها أن تستقر تحت هذا التوازن قليل للغاية .

ويضرب لنا فريمان دايسون Freeman Dyson مثلا محددا . فلإن القوة الشديدة كانت أقوى بنسبة بسيطة . لضست كل بروتونين في رابطة مستقرة ، بما يقاوم التنافر الكهربى بينهما . دون حاجة لمساعدة من نيوترون أو أكثر . ولو لم ذلك فإن أحد البروتونين كان سيتنقل إلى نيوترون ، منتشبا ديوترون . وهي نواة الديوتيريوم . وهو وقود نووى فعال . كان من شأنه أن يحرم الكون منذ عهد الانفجار العظيم من تكون البروتونات الحرة . ومن ثم ذرة الهيدروجين التي تعتبر حجر البناء الأول للكون كله . ولما تكون الكون وكانت الحياة على الصورة التي نعيشها الآن .

وبعض الدرجة المزامية . نجد نفس التناقضات لو أن القوة النووية كانت أقل بنسبة ضئيلة بالنسبة لقوة التنافر الكهربى . حيث لم تكن الذرات لتتكون . ونفس هذا التوازن الدقيق متحقق بين نسبة قوى الطبيعة .

فقد بين الكونى براندون كارتر Brendon Carter كيف أن تكون النجوم يعتمد على توازن دقيق بين الجاذبية وقوة الكهرومغناطيسية . فشمسنا نجم أصغر ذو حجم متوسط . تتوقف الحياة على الأرض على طبيعته الأساسية . ولو أن تلك القوى كانت في تناسب مخالف قليلا لما هي عليه . لما تكونت نجوم مثل . بل لكانت إما عاتلة زرقاء أو قراما بيضاء . بحسب في أى جانب ماله التوازن .

هذه « الصفات » الظاهرية . وربما المزيد على شاكلتها . قد ألفت بعض العلماء أن هيكل الكون الذي نشأ منه حساس بدوية متيرة للعدشة لأدنى تغير في القيم الأساسية للطبيعة . كما لو كان هذا التنظيم المتفر للكون نتيجة ضبط دقيق . أما ظهور الحياة على وجه الخصوص ، وما تلاها من مخلوقات عقلية ، فهو نتاج ضبط غاية في الدقة . لحساسيتها البالغة لظروف التي أوجدتها .

وتبدو للبعض هذه الصفات الاتفاقية في العالم الفيزيقي . وكأنها تأثرت عندها للساح للإنسان العاقل بالوجود ومراقبة الكون . تأكيدا للإنسان بوجود خالق مبدع . أما البعض الآخر ، فيلجئون لنظرية تعدد الأكوان كتفسير لوجود هذه الصفات الفلكية . فإذا ما وجد حقيقة مصفوفة لا نهائية من الأكوان . كل كون يحقق اختلافا طفيفا للاحتتمالات الكمية . فالباب مفتوح إذن لأية صورة تكون مما كانت درجة تميز أو حساسية تشكيله . وعلى ذلك فليس مستغربا أن يكون الكون الذي نعيشه على هذه الصورة من التوازنات الدقيقة . حيث أنه فقط في مثل هذا الكون (أو الأكوان) والذي تنهية فيه الظروف الدقيقة لوجود الحياة العاقلية سيوجد مراقبون يفكرون فيما يحدث .

وإذا صح هذا الرأي . فإن النجبة الغالبة من الأكوان تكون غير مأهولة . ونبضى بلا مراقبة . فقط عدد متناه في الصغر - عدة حبات من سفر الأكوان الضخم - ستتحقق فيه كل هذه المصادقات . ومن ثم فعند متناه في الصغر من كل هذه الأكوان قد تم الإدراك به .

مثل هذا المنطق ، والذي يعرف بالمبدأ الأنثروبولوجي anthropic principle ، قد عرض له باختصار في الفصل الثاني . في معرض حديثنا عن قوانين الفيزياء بوجه عام ، وهو قد يقدم دليلا عرضيا على وجود الأكوان المتعددة ، ولكن الكثير من العلماء يميلون لافتراض وجود الخالق الأعظم . وإلى أن نستكمل من بناء العقل الكمي الغائب ، فإن الصفت القلكية تعطي أفضل دليل على تصور الأكوان المتعددة .

والمريد من الجدال حول الموضوع أمر غير مجد ، إلى أن يتحقق الذكاء الكمي . وفي الأثناء ، ومعتصين بفهم أعمق للعمليات (والفراغ) الكمية ، يمكننا أن نسبر لأعوار أعماق أسرار الفضاء والزمن كما يعرفها العلم الحديث .

الفصل الثامن

الشبكة الكونية

الأسطورة المادية مبنية على خرافة أن الكون الطبيعي ليس مكونا إلا من أجسام من مادة خاملة تتدافع وتتصادم كمثل الآلات الميكانيكية منضبطة التصميم . وقد رأينا كيف أن الفيزياء الحديثة ، وبما أكثر من طريقة ، قد وضعت حدا لهذا التصور . وقد سحبت الميكانيكا الكمية على وجه الخصوص الساط من تحت أي تصور ميكانيكي مبسط . وقد وجدنا كيف أن اللاحولية الكمية تمنع أي تصور للاستقلالية بين الكينونات حتى بين الجسيمات المتباعدة تباعدا كبيرا . ونحن نمتد ميكانيكا الكم لتشمل مفهوم المجال ، وهو فرع من العلم يسمى النظرية المجالية الكمية quantum field theory ، فهي تقسم لنا علما من الأعاجيب ذات نشاط مهول ، كالجسيمات التقديرية وتهيج الفراغ ، فحتى تماسك المادة الطبيعية قد تبع إلى صورة من تهيج أنماط غير متجسدة للطاقة .

وتخلق النظرية المجالية الكمية صورة لكون تعقيد شبكة من التفاعلات المتبادلة تسجده في كل متكامل . وكما قلنا ، فقد تعرف العلماء على أربع قوى أساسية في الطبيعة : الكهرومغناطيسية والجاذبية والنوية الشديدة والنوية الضعيفة . ثلاث من تلك القوى يمكن وصفها بدقة بلغة نظرية المجالات الكمية ، كجزء من الشبكة الكونية . ولكن الجاذبية قاومت بعناد أن تنصهر في هذه البوتقة . ويعتبر هذا قصورا شديدا في وصفنا للطبيعة . وكما رأينا ، فالنسبية العامة تربط الجاذبية

خاتمة الفصل السابع

(١) اللهم لا إذا شيرت درجة الحوار مثلا .

(٢) حار كل من دافيدسون وتومسون على جائزة نوبل عام ١٩٣٧ لأجراء هذه النظرية التي انتهت تنبؤ برولين في الفرجان المادية ، ولعلها أخطر تجارب القرن العشرين على الإطلاق - (المرجع) .

يرباط وثيق بينه وبين الرمكاني . ويوصفها هنا بشكل أساسا من أحد أساسين راسخين للمعلم الحديث . وتمثل النظرية الكمية الأساس الثاني . ولكن الحقيقة الحالية هي أن التزاوج بين النظريتين لا يزال أمرا غير متحقق .

وليس من السهل التجاوز عن جسيم الصغوية . لأن تناقض النظرية الكمية يتطلب أن تكون الطبيعة بالكيفية خاصية لقوائد الكم . وإذا لم يتحقق ذلك . فانه يكون من المتصور إجراء تجربة في نطاق الجاذبية . تحرق مبدأ عدم اليقين مثلا . ولقد تزايدت الفعاليات الفيزيائية مؤخرًا لفكرة أنه عندما نأخذ الجاذبية وجها جديدا تماما . فمن يصبح من الممكن فقط أن تعطى وصفا كليا مناسباً . بل سوف يتحقق توحيد قوى الطبيعة الأربع في قوة واحدة موحدة . مما يؤدي لتحقيق شبكة كونية حقيقية متناسقة .

فوتونات الضوء . نفس الطريق

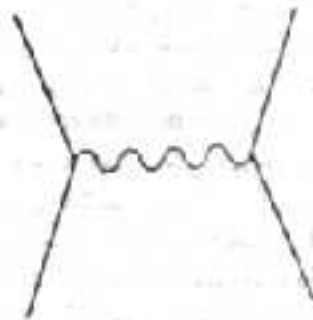
لأننا الضوء على الصغويات التي نواجه وضع نظرية كمية للجاذبية . سياعدنا أن نراجع الحالة الأبسط . حالة الكهرومغناطيسية . أول النماذج لنظرية كمية محالية . فالجسيم المشحون . كالإلكترون مثلا . وهو أصل المجال الكهرومغناطيسي . يمكن النظر إليه كجسيم مركّز . محاط بمجال غير مرئي من الطاقة الكهرومغناطيسية . على شكل حالة منتشرة حوله في الفضاء . وحتى يقترب الإلكترون آخر من الأول . فانه يحس بهذا المجال . ويتعرض لقوة طاردة . فكان الإلكترون الأول قد أرسل رسالة تحذير للثاني : . أنا هنا . فانهصرف لثباتك .

وننتقل الرسالة خلال المجال على شكل اضطراب . يمارس تأثيرا ميكانيكيا على كل من مرسل الرسالة (الفعل) . والمرسل إليه (رد الفعل) . وبهذه الطريقة تتفاعل الجسيمات المشحونة كهربيا على بعضها البعض عبر الفضاء الجاوي . وطبعاً . في التصوير الكلاسيكي للعملية . فان الرسالة المنتقلة بين الفعل ورد الفعل تحدث عن طريق اضطرابات في المجال الكهرومغناطيسي . ألا وهي الموجات الكهرومغناطيسية .

وتحتفظ النظرية الكمية بالفكرة الأساسية للمجال . ولكن التفاصيل تغير تغيرا جذريا . فلاضطرابات الكهرومغناطيسية . كما رأينا . لا تبث ولا تمتص إلا في وحدات أولية من الكم . وهي الفوتونات . وعلى ذلك فعلمنا أن لتصوير اضطرابات المجال الكهرومغناطيسية التي تنقل التفاعل عن آسيا تبادل للفوتونات .

هذه الفوتونات هي الواقع هي التي تنقل الرسالة بين الجسيمات المشحونة . وبدلاً من تصور المجال الخاص بكل إلكترون على أنه يشعشع باستمرار على مسار الإلكترونات الأخرى . فاننا تصور أن الإلكترون الأول يرسل فوتونا ينتصه الثاني (الشكل ٢٧) . ويمكن تصوير ذلك برسالة مديعة . يرثي لها الأول للخلد . ويتعرف لها الثاني نتيجة التصادم بها . ويتم الاضطراب بصورة فجائية . فالمشاهد سوف يرى النتيجة النهائية . على صورة تشتت للإلكترونين أحدهما عن الآخر . سنسقط أن الشحنات الكهربائية لسبب التفاعل .

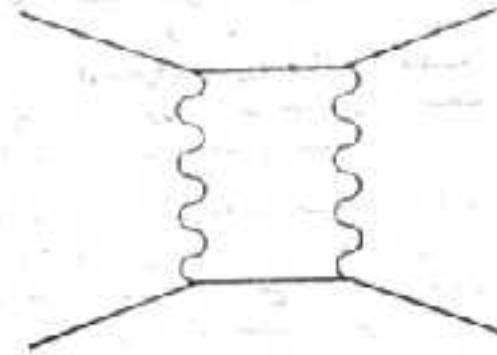
على الرغم من كون الصياغة الرياضية لهذه العملية التفسيرية تضمن تغيرات فجائية . فهي لا يمكن أن تستخلص من تجربة . ولا يمكن مشاهدة مرور الفوتون مباشرة . ويرجع ذلك لحالة الإبهام الأصلية التي تتميز بها النظم تحت الذرية . كما تقتضيها النظرية الكمية . والتي تتمثل في مبدأ عدم اليقين . فالإلكترونات لا يمكن أن تتخذ مسارات محددة في الفضاء . حتى التسلسيل الزمني الذي يتم به بث وامتصاص الفوتون غير دقيق . فالفوتونات الوسيطة تكتسب صورة شبحية ذات مرور هابر . وتنبئها عن الأنواع فائقة الوجود التي ألفناها أسست بالتقديرية . وقد عرضنا للجسيمات التقديرية عامة في الفصل الخامس . حيث ناقشنا أثرها على طبيعة الفراغ . وهي تلعب دورا في العالم الكمي .



(الشكل ٢٧) : تتفاعل الإلكترونات فيما بينها بتبادل الفوتونات التقديرية . فيعمل الفوتون (القطر الموج) كوسيط ينقل القوة بين الإلكترونين . وتكون النتيجة هي اشتغالها عن بعضهما البعض . (يسمى هذا التصوير . مخططات فاجلمان) .

ورغم أننا وصفنا عملية تشتت الإلكترونات من مفهوم تبادل فوتون وحيد بين جسيمين مشحونين . فهناك إمكانية تبادل فوتونين . أو أكثر

(الشكل ٣٨) : وقد تبين أن تبادل فوتونين له أثر أضعف على العملية الفيزيائية بأكملها . وتبادل ثلاثة أشد ضعفا وهكذا .



الشكل (٣٨) : هناك امتقبة تن يتقاطعت الفوتونين بتبادل أكثر من فوتون . مما يترتب عليه تصحيحات في حسابات المشتت للإلكترونات .

ورغم أن تبادل الفوتونات على المستوى العردي لا يمكن ملاحظته تفصيليا ، فإن المعالجة الرياضية لهذه الأفكار تعطينا توقعات صريحة يمكن ملاحظتها . كنسب فياس زاوية التشتت حينما يتصادم شعاعان من الإلكترونات . وفي هذا الخصوص كان وصف القوة الكهرومغناطيسية على أساس تبادل الفوتونات نجاحا منقطع النظير . وقد أجريت الدراسة التفصيلية لهذا الموضوع في أواخر الأربعينيات ، وسُميت الكهروديناميكية الكمية Quantum electrodynamics (QED) (١) . ونسمح لنا النظرية بتقدير تأثيرات دقيقة وخفية فعلا ، مثل التزاحج الخفيف في مستويات الطاقة للإلكترونات الذي يتسبب عن وجود الفوتونات الوسيطة . وفي بعض هذه التأثيرات ، يجب الأخذ في الاعتبار تبادل أكثر من فوتون . وقد أجريت تجارب معقدة أكدت هذه التأثيرات بدقة مدعشة . وقد وصلت الدقة إلى واحد في عشرة البلايين . ونوافقت تماما مع النظرية . وهذا النجاح المذهل حول لنظرية المجالات الكمية أن توصف بأنها من أنجح نظريات العلم .

شبكة من الوسطاء.

إن ما نطنه لربما ساكنًا هو في الواقع خضم مزدحم بالوسطاء من الجسيمات التقديرية ، تتفاعل بلا كلل . ودرجة نشاط هذا التزامم تعتمد

على القوة محل الاعتبار . فالقوى القوية تكون مصدرا لنشاط محبوم . أما الواهنة فالنشاط المتولد عنها أقل . ولو لم تكن هذه الشبكة من التبادل بين الوسطاء ، لا أحس جسم من المادة بالآخر ، ولما تم أي تفاعل على الإطلاق . فلولاها لانطلق كل جسم عادي عن رسله في الفضاء ، في مسار لا يعرف الجود ، منعزلا في الكون بلا هدف أو غرض . لم يكن للشيء المركبة أن توجد . حيث لم يكن لتوجد قوى تربط بينها .

وقد مدت الفكرة وراء النظرية المجالية الكمية ، تبادل الجسيمات الوسيطة . يحتاج للوصف الكمي للفوتون النووية القوية والضعيفة . فكل منهما له مجاله المصاحب له . والذي يمكن وصفه عن طريق جسيمات وسيطة مشابهة للفوتون . فالجسيمات الوسيطة للقوة النووية الضعيفة رغم توقعها نظريا من فترة طويلة لم يتم اكتشافها حتى ١٩٨٢ . وسمي لها بالحرفين W, Z . ولكن الأمر مع القوة الشديدة لم يعد نسيا . جسيمات التواة من بروتون ونيوترون قد علم الآن أنها جسيمات مركبة . كل منها من ثلاثة جسيمات تسمى كواركات quarks والكواركات مترابطة بقوة لا يتوصل إليها إلا بشماية جسيمات وسيطة على الأقل ، أطلق عليها اسم جلوونات gluon . والقوة التي تتربط بها البروتونات والنيوترونات داخل التواة هي صورة مخففة من القوة التي تتربط بها الكواركات .

وكان الوصف المتشاكل للقوى الثلاث عن طريق تبادل الجسيمات الوسيطة مشجعا على التفكير في النظر إليها نظرية توحيدية . وقد اقترح العلماء الآن بأن القوتين الكهرومغناطيسية والنووية الضعيفة هما وجهان لقوة واحدة هي « القوة الكهروضعيفة electroweak force » (٢) . ومتابعة لهذا النجاح ، بدأ توحيد القوة النووية الشديدة مع القوة الكهروضعيفة ، ل « القوة الموحدة المعظمي grand unified force » أمرا قريب الاحتمال . ورغم أن أدلة دامغة على وجود هذه القوة لم تظهر بعد ، فإن نظريات عديدة قد ظهرت لتسهر هذه القوى الثلاث في بوتقة واحدة .

وبذلك نترك الحاذية منعزلة . فخصميا لهذا الخضم ، والوصول إلى توحيد تام للقوى في قوة فائقة ، يجب أن تصاغ الجاذبية صيغة كمية . وكما ذكرنا من قبل ، فالنظرية الكمية ظهرت حين اكتشف أن الموجات الكهرومغناطيسية تنطلق على هيئة كمات محددة . وهي الفوتونات . ومن ثم فمن المتصور أن تكون موجات الجاذبية على نفس الشاكلة . وقد سميت كماتها « جرافيتونات gravitons » . ولم تزل هذه الجسيمات افتراضية تماما . بل في الواقع ليس من المحتمل أن يري أثرها في القريب العاجل بصورة مباشرة ، ويجب على ذلك الاعتماد على النظريات لتبيان

مصادرها - وكما ذكرنا في الفصل السادس - موجات الجاذبية تنتقل بسرعة الضوء - ولذا فمن المنطقي ان تصور الجرافيتون - كالموتون - منتظما بسرعة الضوء - ولكن الى هنا وينقطع التشابه - ويمكن الفرق الجوهري في ضعف تفاعل الجرافيتون بالمادة - فشماع مباله عن الطراف قوة والفرق الموجي لشماع من الليزر (والفرق هو صورة من الضوء - أي شماع من الفوتونات) يخترق الأرض بأكملها دون أن يعاني استحلالا يذكر - والفرق التالي هو أنه رغم أنه تفاعل الجرافيتون مع المادة على هذه الذبذبة من الزمن - إلا أن تفاعلها مع بعضها البعض قوى جدا - أما الفوتونات - وهي التي تتفاعل بقوة مع الأجسام المشحونة - فتفاعلها المتبادل ضعيف - فالاشعة من الفوتونات تمر عبر بعضها البعض دون تغير - بينما تنشبت الجرافيتونات بعيدا عن أمثالها - وتتميل لتصوير - يمكن تخيل الفوتونات تميزا بالنسبة لغيرها من جنسها - بينما الجرافيتونات متبصرة لغيرها - سا فيها الجرافيتونات الأخرى -

هذه الخصيصة من التفاعل المتبادل هي ممكن الصعوبة البالغة في وضع صياغة كمية للجاذبية - فعلا - من الممكن أن يتبادل جرافيتونان ثالثا - حتى وهنا في تبادل مع جسيمات المادة - وعن الواضح ما يجره هذا التبادل المتعدد من تعقيد رهيب - أسدا في الاعتبار مبدأ عدم اليقين الكمي -

عدم اليقين الكمي يسمح لجسيم بسيط بالوجود اللحظي - وهي ميكانيكا الكم يأخذ عدم اليقين صياغة منضبطة - فطاقة الجسيمات المحيطة الوجود تناسب مع زمن بقائها - بمعنى أن الجسيمات الأعلى طاقة هي الأقصر عمرا وعلى القوام فحاصل ضرب المقدارين أقل من الحد الذي وضعته النظرية -

وبسبب هذا اللابثين - يمكننا تصور الالكترون كجسيم يحوم حول صحابة من الفوتونات التقديرية مثل النحل حول خليتها - وكل موتون ما أن يبت حتى ينضم مرة أخرى - والفوتونات الأقرب للالكترون تكون ذات طاقة أعلى - حيث أنها لن يستمد كثيرا عن حررها - تخيل إذن الالكترون مضمورا في هذا الحشد من طاقات الكم سريعة الزوال - عالية بالقرب منه - ومتضائلة كلما ابتعدنا عنه - هذا الخضم المتناجح من الفوتونات الفائرة النشاط هي بالوسط المجال الكهربائي للالكترون - مصافا بلفة انكم - فلما ما دخل الكترون آخر المصمة - وانضم أحد فوتونات الكترون معاور - حدث التبادل وتولمت القوة بينهما على الوجه الذي ذكرناه آنفا -

أما إذا لم يوجد الكترون أو جسيم مشحون آخر - فإن الفوتونات لا تبع لها مالا سوى مولدتها الأصلي - ومن ثم يتفاعل الالكترون مع نفسه خلال سحابة الذبذبة من الفوتونات (الشكل ٣٩) -



الشكل (٣٩) - يمكن لالكترون مفرد أن ينبع وينضم فوتونات تقديرية - وهذه العملية مترابطة عليها مشاركة في طاقة - ومن ثم كتلة - الالكترون - وتشير الحسابات المبثرة إلى أن تصحيح الكتلة نتيجة لذلك لا نهائية -

ويمكن حساب نشاط الفوتونات المحيطة بالالكترون - والإجابة - مهما كانت غامضا لنا - لا نهائية - والسبب في هذه النتيجة الجاذبية للمنطق ظاهريا - مفهومة في الواقع تماما - فليس هناك حد نظري لحد ما ترحله الفوتونات - على سفر رحلتها - وبالتالي لا حد لما يمكن أن تبلغه من طاقات -

الاحتكاك باللامتناهي

يبدو من الواضح الأول أن النظرية يرمتها غير معقولة - ولكن الأمر ليس كذلك - تبسبية أننا لا يمكننا أن نفصل الالكترونات عما يصاحبها من فوتونات (لا يمكننا إطفاء الشحنات الكهربائية) - فإنه ما من طريقة لعزل هذه الطاقة اللانهائية لرايتها - فلما نراه حقا في المختبر -

وما « براه » الجسيمات الأخرى في الكون - هو الطاقة المشتركة بين الإلكترون ولصيقانه من الفوتونات - وهذه أساسا محدودة - أما الطاقة الانتهائية الذاتية للإلكترون ، رغم أنها حضيضة مرعجة في النظرية ، فيمكن بيراعه التخلص منها بقسمة الطرفين على مقدار لا نهائي . ورغم أنها قد حدرنا خلال المرحلة الفراسية من انفسه على الانتهائية ، إلا أنها إذا أجريت بعدد وتمكن رياضي قالها يمكن أن تؤدي لتتائج منطقية . ولأعطاء هذه الخطوة المشكوك فيها شكلا أكثر احتراما ، فقد أعطيت اسما طيب الجرس : « إعادة الاتساق » أو إعادة الاستظام renormalization

وعودة الى موضوع الجاذبية الكمية ، فالمسألة متشابكة . ولكنها أسوأ . قاللانهائية تظهر مع كل عملية مجالية كمية تتضمن حلقة مغلقة . ولأن الجرافيتونات يمكنها أن تتفاعل مع بعضها البعض ، فإن الحلقات المغلقة ذات صفة أكثر شمولية ، حلقات متداخلة في حلقات مثل عمليات داخل عمليات . وعلمنا أن نعترض أن كل جسيم محاط بعدد لانهائي من الحلقات المغلقة . وكل مستوى من الحلقات يضيف لانتهائية جديدة للحسابات . بحيث أنه كلما توغلنا في الحساب تراكمت اللانهايات بلا نهاية .

في الكهروديناميكية الكمية - كانت الحيلة الأساسية هي قسمة طرفي المعادلة على ما لا نهاية . ونجحت الخطة لكونها يجب أن تجري مرة واحدة . أما في الجاذبية الكمية ، على النقيض ، فيجب أن تجري العملية ما لا نهاية من المرات . والقسوى العملي من ذلك أن كل عملية حساب تقريبا تجري باستخدام نظرية الجاذبية الكمية بهذه الطريقة تؤدي الى عدد لا نهائي من الاجابات . والنظرية بذلك ليست لها قوة تنبئية ، حيث لا يتمكن المرء من الحصول على قيمة ذات معنى محدد من بين هذه النتائج .

ومشكلة اللانهايات معروفة منذ عقود من الزمان ، ومع ذلك فقد بدت اشارات منذ وقت قصير الى امكانية مواجهتها - وكانت الاشارة الأولى مستتقة ليس من معالجة الجاذبية ، بل من معالجة القوة الواحدة - نظرية هذه القوة ظلت لسنوات مبنلة باللانهايات ، وتوقفت قيسها عند حد أكثر التفاعلات بساطة ، حتى اكتشف مستيفان فاينبرج Steven Weinberg وعبد السلام ، كل على انفراد ، طريقة لعلاج المشكلة . وكان الأسلوب المتبع يعتمد على مفهوم « التناظر symmetry »

وقد لعب التناظر دورا هاما منذ وقت طويل - بكثير ما يكون مرشحا في الطرق المعمره - فليسبب لم يفهم بعد (ولكن قد تكون له علاقة بالصادقات الكونية ، والتي جعلت كوننا مهيأ لاستضافة الحياة) - سوانق الطبيعة للبيادى - التي تسمح بحرية الاستخدام بصور متعددة من التناظر - فكل سبيل المثال - فإنه في حالة أكبر العمليات الأساسية ، أي تغير القوانين الحاكمة للتفاعلات بين الجسيمات في - كون معكوس - يشدل فيه اليمين اليسار أو العكس (أي متناظر للنشئ وصورته في المرآة) - كما أن هذه القوانين لن تتغير إذا ما تبدل الماضي للمستقبل والعكس بالعكس - وهناك استثناءات لهذه القواعد (أحد الاستثناءات يسمح بتكون بزيادة المادة على المادة المضادة أثناء الانفجار العظيم بنسبة جسيم لكل يليون جسيم) ، ولكن بالنسبة للأهم الغالب في الحالات - لقوانين الفيزياء ، متناظرة بالنسبة للانعكاس المكاني والزمانى

وتغلب صور التناظر المهمة بالنسبة للفيزيائيين لها طبيعة أكثر تجريدية ، ليست متعلقة فقط بالمكان والزمان - وليس صعبا تخيل صور من التناظر التجريدي ، ناهما مثلا التناظر بين الرجل والمرأة ، وبين الشحبات الواحة والسالبة ، والقطبين الشمالي والجنوبي للمغناطيس . فهناك تناظرات تجريدية تقدم روابط بسيطة بين كيونات تبدو مختلفة الطبيعة - وتنطبق هذه التناظرات التجريدية على جسيمات العالم دون الذرى - أمكن التعرف على أنماط لها لم تكن واضحة للوهلة الأولى .

والثال المبسط لذلك هو البروتون والنيوترون ، البنية الأساسية لنواة الذرة . فهما من النطرة السطحية ، جسيمان متمايزان . البروتون جسيم مشحون ، والنيوترون متعادل - والثقيل قليلا - على أنه في العديد من العمليات النووية يتصرف الحبيبات تصرفا متماثلا ، بحيث يمكن النظر للشحنة التي تميز أحدهما عن الآخر على أنها بطاقة هوية لا أكثر ولا أقل ، وليست خصصة فيزيقية تميزه عن الآخر - ومن هذا انطلق يمكن النظر لكلا الجسيمين كحالتين لجسم أساسي ، كما أن الرجل والمرأة حالتان لجنس واحد - وبالمثل قدما في هذا الاتجاه - جمعت الأنواع المختلفة من الجسيمات دون الذرية في أسر - كل أسرة تمثل جسيما أساسيا ذا عدة صور .

وباستغلال بعض من التناظرات التجريدية في هيكل القوة الضعيفة - أمكن لفائينبرج وعبد السلام توحيدها مع القوة الكهرومغناطيسية (والتي لها هيكل تناظري مقارب) وحل مشكلة اللانهايات فيها تماما - وقد أظهر

هذا الفتح المبين أن هناك حل مشاكل اللاهيات في نظرية المجالات الكمية يمكن من وضع أكبر كمية ممكنة من التناظرات . تم البحث في توحيد المجالات الكمية التي تشتمل لذلك .

وفي محاولة رائدة لحل مشاكل التناظرات في الحادوية الكمية ، المهتمون الفيزيائيون في التسميات في وضع برنامج لاستغلال أقوى تناظر تم اكتشافه في الطبيعة ، يعرف (ولا لمرابة في ذلك) بالتناظر الفائق *supersymmetry* . هذا التناظر يمكن في فكرة ، الف *Spin* . لجميع الجسيمات الأساسية في الطبيعة لها خاصية كم معينة في الدوران ، تسمى الف ، وتأتي دائما على صورة مضاعفات للقيمة الأساسية .

ولأسباب تاريخية أدخلت هذه القيمة الأساسية مساوية للنصف . فالإلكترون والنيوترون مثلا لهما قيمة لف تساوي النصف ، والفوتون له قيمة لف تساوي الواحد ، والجرافيتون له وحدتان ، وليس يعرف في الطبيعة جسيم له لف يزيد عن اثنين . وتذهب النظرية إلى استحالة ذلك .

وتتحدد الخواص الأساسية للجسيمات الوسيطة بكتلتها ومعامل الف لها معا ، وهو ما يميز الفروق بين القوى الأساسية الأربع في الطبيعة . فكتلة الجسيم الوسيط تحدد مدى القوة الخاصة به . كلما كبرت الكتلة صغر المدى . وإذا ما كان معامل الف عددا زوجيا (أو صفرا) ، فإن القوة المتصاحبة طبقا للنظرية تكون قوى جذب ، وإذا كان المعامل عددا فرديا ، فالقوة تنافرية .

وتستخدم الطبيعة جسيمات وسيطة ذات لف واحد أو اثنين ، وكتلة صفر ، ويدعون كتلة ، يكون مدى الجسيم الكون بأكمله . فالغرونات جسيمات ذات كتلة صفرية ، ولف واحد ، وهي بالفعل تمتد عبر الكون ، وهي مثل الشحنات المتماثلة ، تتنافر ، وللجرافيتون كتلة صفرية أيضا ، ولف اثنين ، ومداه يشمل الكون ، كما أنه جاذب دائما ، كما توقعت النظرية . ويبدو أنه لا توجد قوة تستخدم وسيطا ذا كتلة صفرية ولف صفر ، ولكن النظرية يمكنها التنبؤ بطبيعتها لو وجدت ، فهي ستكون قوة جذب كالحاذية ، ولكنها أبطأ منها ، وليس بالضرورة أن تكون عامة بالنسبة لكافة الجسيمات في الطبيعة .

وتتصرف الجلوونات بصورة أكثر تعقيدا ، ورغم أن الأنواع الثمانية منها لها جميعا لف واحد ، مثل الفوتون ، فهي بإمكانها التفاعل مع

بعضها البعض ، وهو ما يجعلها حبيسة ويحدد من مداها . أما القوة الضعيفة فتحدد مداها يرجع للكتلة . لجسيمات *W* و *Z* أقل من البروتون بمائتين مرة ، ومداه أقل من ١٠ - ١٥ سنتيمتر .

وعلى الرغم من أن هذا الوصف قد يبدو مقفلا حين يعبر عنه بالكلمات ، فإن الطبيعة في الواقع تواجه تقييدا عجيبا في اختيارها للقوى الممكنة . وكلما ظهرت المعادلات حيارا ما ، فإن الطبيعة ترحل للخيار الأكثر بساطة . بمعنى أنه الخيار الذي يحسم التناظر .

وقبل ظهور التناظر الفائق ، عوملت الجسيمات المتشعبة إلى قيم مختلفة من الف على أنها تنتمي لأسر مختلفة تماما . وعلى الأخص ، وكل الجسيمات التي معاملاتها عدد صحيح اتضح أنها حاملة للفوى ، أي جسيمات لمجالات كم ، كالغرونات والجرافيتونات . أما الجسيمات ذات معامل الف الكسري كالإلكترون ، فهي ما كنا ننظر إليها عادة على أنها جسيمات مادية ، حقيقة ، وللتمييز بين الطائفتين ، سميت بالطائفة الأولى ، بوزونات *bosons* ، والثانية ، فرميونات *fermions* . وليس هناك من تباين أوضح من ذلك ، ولا يوجد وجه للتناظر معروف بين خواص البوزونات والفرميونات - وجاء التناظر الفائق ليغير من كل ذلك . بتقديم وسيلة رياضية للربط بين جسيمات ذات لف مختلف في صف واحد . ومعنى ذلك أنه يمكن البحث عن قوانين الفيزياء تتجاوز عائق الف . وتوحد بين الجسيمات ذات الف المختلف في أسرة علوية *Superfamily* بقواص متقاومة ، وعلى وجه الخصوص ، فهو يفترض تناظرا خفيا بين الحيات حاملة القوى والجسيمات المادية .

ويتطلب التناظر الفائق أن يكون لكل نوع من الجسيمات في عائلة مجال الكم (وليس كل جسيم) نظير ذو لف معاكس . بحيث أنه ما من جسيم ، وسيط ، معروف شراخق مع جسيم مادي معروف ، فإن ذلك يتطلب وجود بعض جسيمات الكم لم تكتشف بعد ، ولم يتوقع وجودها أحد من قبل . ومن الممكن إعطاء تشبيه مقارب بين وجود غائلتين من جسيمات المادة ، المادة وتقيدها ، وكان اكتشاف النقيض للإلكترون (البوزيترون) مدعاة لافتراض وجود نقيض للنيوترون ونقيض للبروتون ، للحفاظ على التناظر . وفي التناظر الفائق ، فكل نوع من جسيمات المادة أو جسيمات المحال يجب أن يكون له نقيض بلف مختلف ، لم يكتشف بعد . وكان اكتشاف جسيم واحد من شأنه أن يوحى بوجود الأسرة (أو الأسر) بأكملها ، مع فائدة إضافية تتمثل في أن الحسابات الرياضية

لخواص الجسيمات المفترضة تبين أن بعضا منها هي بالضبط ما يتطلب لوجود المادة السوداء في الكون . ولكن إلى الآن ليس من دليل قاطع على وجود نظير غائق لأي جسيم معروف .

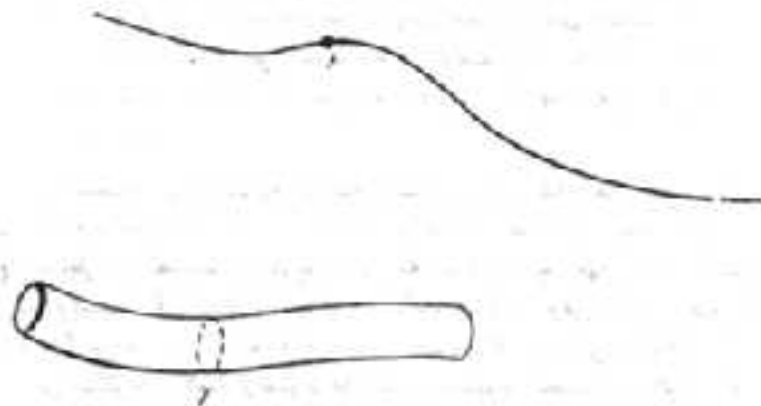
ولكن كيف سيحل ذلك مشكلة النهايات في جاذبية الكم ؟ إن الجرافيتون ، والذي افترض سابقا أنه الوحيد الذي يحمل قوة الجاذبية ، يتطلب له من وجهة نظر التناظر الثالث وجود جسيمات حاملة للجاذبية تسمى « جرافيتينو » *gravitino* . لكن جسيم لف مقداره واحد ونصف . ووجود الجرافيتينو سيكون له أثر بالغ على مشكلة النهايات . وبعبارة بشفافة ، فإن حلقات الجرافيتينو تكون في صورة سالية ، منتجة لنهايات سالية . تعمل بسبب علاقة التناظر على إلغاء النهايات الموجبة للجرافيتون . وحيث أننا ليس لنا بالمرّة قسم هري الجسيمين ، فإن تأثيرها يجب أن يؤخذ ككل لا يتجزأ . وهو ما يسمى عادة « الجاذبية الفائقة » *supergravity* .

أبعاد أخرى للفكرة

لفترة في أواخر السبعينيات وأوائل الثمانينيات ، بدأ أن التناظر الغائق يتهدد الطريق النظرية متنامية عن الجاذبية في حصار ميكانيكا الكم . ولكن اكتشف بعد ذلك أنه يشتمل مع زيادة عدد اللانهايات . ولم تسم الفترة طويلا ، حيث أن أسوأها جديدا بالمرّة لحل المشكلة كان قيد البحث بالفعل : إمكانية توحيد قوة الجاذبية مع قوى الطبيعة الأخرى في نظرية متنامية رياضيا إذا ما اعترف بوجود أبعاد إضافية للكون .

وقصة وجود أبعاد أكثر من ثلاثة للكون لها تاريخ طويل . فبعد طرح النظرية النسبية العامة بوقت طويل ، حين لم يكن معروفا سوى قوتين أساسيتين في الطبيعة ، الجاذبية والكهرومغناطيسية ، قدم رياضى المسمى يسمى ثيودور كالوزا *Theodor Kaluza* ، طريقة لوصف الكهرومغناطيسية بطريقة هندسية ، وبين أن المجال الكهرومغناطيسى يمكن النظر إليه كالتواء في الفضاء . ولكن ليس الفضاء العادى ثلاثى الأبعاد الذى تتحركه أحاسيسنا ، بل فضاء ذو بعد رابع ، لسبب ما لا ندركه . وأمر مع ذلك ، فإنه بإمكاننا تصور الموجات الكهرومغناطيسية والضوئية كامتزازات في البعد الرابع للفضاء . ولو أننا أعدنا صياغة نظرية الحداثة لأينشتاين ذات الأبعاد الأربعة لتضم هذا البعد الرابع للفضاء . لتكون المدموع خدسا ، فإنها ستضم كلا من الجاذبية ومعادلات ماكسويل للكهرومغناطيسية . وعلى ذلك ، فإن الجاذبية والكهرومغناطيسية ، منظورا إليهما من البعد الرابع ، سيكونان تشبه بجاذبية ذات خمسة أبعاد .

ونلقف فيرى سويسى تارة كالوزا ، هو أوسكار كلاين *Oskar Klein* . وبين لماذا لا يمكننا إدراك البعد الرابع للفضاء . بعد ذهب إلى أن البعد الرابع للفضاء ، مغلوق ، بصورة ما فلا نشعر به . فبالوسط لما تلوح لنا انبويه عن البعد كحيط وحيد البعد . رغم أنها في الحقيقة استطوانية الشكل . كذلك فإن الفضاء رباعى الأبعاد يمكن تصويره كانبويه عظمى *hypertube* (الشكل ١٠) . فما نلاحظنا على اعتبارها ناطقا لا حجم لها ولا هيكل في الفضاء ثلاثى الأبعاد . يمكن أن نتصورها كنواثر دقيقة في الفضاء رباعى الأبعاد . بل وقد قامت النظرية بحساب محيط تلك الدائرة ، مبتدئا على القيمة المعروفة للوحدة الأساسية للشحنة الكهربائية . فكان أقل من بليون مرة قطر نواة الفرة . ومن لم فلا عجب في عدم إحساسنا بالبعد الرابع .



الشكل (١٠) : ما يبدو على البعد أنه خط ذو بعد واحد يشتمل بالتشخيص أنه انبوب ذو بعدين . وكل نقطة على الخط هي في الواقع دائرة صغيرة تحيط بالانبوب . ويلخص الطريقة : ما نعيشه نشقة في الفضاء قد يتلخص أنه دائرة صغيرة . تحيط . بالبعد الرابع .

وحازت نظرية كالوزا - كلاين شيئا من الفضول العلمى لعدة عقود . ومع اكتشاف الفوتون الضعيفة والشيءية ، التحمر انضوا عن نظرية توحيد قوتين من قوى الطبيعة متجاهلة الآخرين . ثم عادت فكرة وجود أبعاد إضافية للكون للظهور في أرائل الثمانينات . وفى الصورة الجديدة من النظرية ، أعطيت كل قوى الطبيعة منشأ هندسيا . والسبب في أن العلماء استغرقوا كل هذا الوقت لاتخاذ هذه الخطوة المنطقية من تعميم نظرية كالوزا - كلاين هو أن القوة الكهرومغناطيسية ليساطنبا لم

نحتاج إلا لبعد واحد أصافي لاحتوائها في ذلك الصور ، بينما احتاجت كل من القوى الأخرى لعدد من الأبعاد أكثر ، بسبب تعقدها ، فلاحتواء كافة خصائص القوى الأربع ، نحتاج عشرة أبعاد فضائية بالإضافة للبعد الزمني .

ونسب هذا التزايد في الأبعاد الكونية في تعقيد مسألة تصورها ، فمن المهم أن نتصور لها شكلاً من الظن ، لتبرير علم ادراكنا لها ، ولكن الطرق متعددة لتصوير ذلك ، فبعد أن فضائيان مثلاً يمكن تجسيمها في كرة أو حلقة أسطوانية ، ومع الزيد من الأبعاد نزداد الامكانيات ، وتزداد صعوبة التصور ، وفي أحد النماذج الواعلة بأحد عشر بعداً أضيف للمكان ذي الأبعاد الأربعة المعتادة ، سبعة أبعاد متجسمة فيما يقابل كرة سباعية الأبعاد ، وكان هذا هو أكثر التشكيلات بساطة ونظراً ، وكانت الكرة سباعية الأبعاد محيطة لدى العلماء لبساطة خواصها الهندسية ، والتي كانت قد اكتشفت بواسطة علماء رياضيات منذ عقود ، لتستوى قبل أن يطرح ملامحة كينونة كهذه لعلم الفيزياء على بساط البحث .

واتضح أن الجاذبية الفائقة تتناسب مع هذا الفكر تسامحاً ، فأبسط صياغة رياضية لها تضمنت بالضبط أحد عشر بعداً ، بمعنى أن التناظرات المعقدة في الأبعاد الأربعة اختصرت جميعها لتناظر طبيعي وحيد وبسيط في رياضيات الأبعاد الأحد عشر ، وعلى ذلك ، فلو أن المرء بدأ من النسبية العامة ووصفها للقوى كالتحنا في الزمكان ، أو بدأ من النظرية الكمية وتصويرها للقوى بمفهوم الحسيمات الوسيطة ، فيبدو أنه مقدّر أن تناظر ذي أحد عشر بعداً .

ومع كل ما في هذه الأفكار من وجاعة وإغراء ، فقد ظل شبح الالتباس في الرياضيات محيباً ، وتمثلت إحدى الصعوبات في قضية اللب ، فلكي تتضمن النظرية جميعات ذات قد ، كان المفروض أن يكون عدد أبعاد الفضاء مع الزمن زوجياً ، لا فردياً كأحد عشر ، وبينما العلماء يكدمون في مواجهة هذه العقبة ، برزت للضوء فكرة واحدة جديدة ، تتضمن المفهوم الشائع للتناظر الفائق ، والأبعاد المتعددة ، وشيئا آخر أيضاً .

هل الانتقال في الأوتار ؟

إن تكن الصعوبة في أية محاولة لتوحيد قوى الطبيعة هو شبح الالتباسات التي يبدد بتعمير القوة التنبئية لأية نظرية ، ولنتذكر أن

هذه اللانهايات تنشأ من كون الحسيمات الوسيطة تنكس كلاً وادت طاقاتها اقرب وأقرب حول الجسم المادي ، ونشأ اللانهاية لأنه يوجه حد لدى اقتراب الجسم الوسيط من الجسم المادي الترابط معه ، ذلك لأن الجسم المادي ينظر اليه تقليدياً - كنقطة هندسية لا أبعاد لها ، ونتج اللانهاية من حاصل قسمة الطاقة على الحجم الصغرى لهذه النقطة الهندسية ، فلو أنه نظر لتجسيم المادي كشيء ذي بعد معين ، فإن المشكلة ستختفي في الحال .

ونرجح محاولات معالجة الالكترتون ككرة لا نقطة هندسية لقرب من تقريبا ، ولم تقبل هذه الأفكار لعدم انساقها مع النسبية ، أما وجه الجدة في الأفكار الحديثة فهي أن الحسيمات ممتدة في الفضاء ، بعد واحد فقط ، فهي ليست نقاطاً هندسية ، ولا تكمولات من المادة ، بل أوتار ذات قطر متناه في الصغر .

وينظر لهذه الأوتار على أنها البنات الأساسية للكون ، حالة محل فكرة الحسيمات التقليدية ، ولكنها تشابه مع الحسيمات في مقدراتها على التحرك ، ولكنها تحوز درجة من الحرية أوسع ، إذ بإمكانها محاذب الحركة ، أن تتلوى .

في أوائل السبعينيات ، كان نجاح لمذبة مسلك المواد النووية باستخدام مفهوم الأوتار محدودة ، وقد بدأ في كثير من الأحوال أن الحسيمات النووية تسلك مثل الأوتار المتسوجة ، ولكن كانت هناك صعوبات أيضاً ، فقد بينت الحسابات أن تلك الأوتار تتحرك أسرع من سرعة الضوء ، وهو ما يحرمه النسبية ، ولما بدت النظرية محتوما عليها الفشل ، أما ما حفظ على النظرية بقاها فكان احوائها على التناظر الفائق ، فـ ، الأوتار الفائقة ، كانت حسن السلوك بالفعل .

ثم برزت صعوبة أخرى ، فالصياغة النظرية لهذه الأوتار حسنة السلوك بدأ أنها تخدري على جسم قبيح له محل في الأسرة المعروفة من الحسيمات ، ذي لف قيمته الثمان ، وكتلة صفرية ، ومن ثم فله سرعة الضوء ، ولم يكن مثل هذا الجسم معروفاً في العمليات النووية ، وبالإضافة لوصف الحسيمات والقوى المألوفة ، كانت نظرية الأوتار تحاول أن تصف شيئاً غير متوقع بالموت ، لم يقصد المنظرون تحسنت فيها ، ولكن الجسم معظم الكتلة ذا معامل ألف اثنين ، رغم أنه لم يكن متوقفاً في هذا السياق ، معروف جيداً تحت اسم جرانيتون .

وسريعا ما تطورت نظرية الأوتار إلى نظرية جاذبية . ونحن من ذلك
بافكار النشاط الفائق . اقترحت كينونة جديدة . هي الأوتار الفائقة .

وأصبح واضحا على الفور أن الأوتار الفائقة لها خواص متميزة
نعم يحمو كل الانتهائيات المزعجة التي صاحبت نظريات الجسيمات
التقليدية . فعند مقادير الطاقة الدنيا تنجول الأوتار كما لو كانت
جسيمات عادية . وتنقص كافة الخصائص التي وصفها النظريات
التقليدية لمفرد حلت . ومع ارتفاع قيم الطاقة بما يسمح بظهور شأن
القوى الجاذبية . تبدأ الأوتار في التمدد . وبالتالي تغير من السلوك
عند الطاقات العالية بصورة جذرية وبطريقة تمحو أي تواجد للانتهائيات .

وفي إحدى صياغات النظرية تكون الأوتار (ممكن) من عشرة أبعاد .
وفي صياغة أخرى . نطلب الأمر ستة وعشرين بعدا . وتضمنت نظرية
الأبعاد العشرة ألف بلا مساكل . وكما في نظرية كالوزا - كلاين .
كيسست الأبعاد الإضافية إلى حجم غاية في الضالة . ورغم أن هذه الأبعاد
الإضافية غير قابلة للرؤية مباشرة . إلا أنه من الثرى أن يتغير المرء أن
كان من الممكن الاحساس بآثارها بصورة أو بأخرى . وكما رأينا . يرتبط
علما . فيزياء الكم بين المسافة والطاقة . فلكي نسير لمسافة لجزء من
مليون يليون جزء من قطر نواة الذرة . نحتاج إلى طاقة أعلى من طاقة
النواة بنفس النسبة . وليس من مكان يتصور أن يتواجد في طاقة بهذا
المستوى إلا في الانفجار العظيم . والذي - لو صححت هذه الأفكار - تكون
العمليات أثناءه منتظمة أبعادا متعددة بصفة أساسية . ومن الاحتمالات
المتيرة أن تكون كافة أبعاد الفضاء في البداية على قدم المساواة . وأن
قائضى الكون البدائي . من جسيمات أولية . قد عايشت تلك الأبعاد
المتعددة . وحيث التطور بعد ذلك . ثلاثة من تلك الأبعاد ابتلعت سريعا
خلال التضخم لتكون الكون الحال . بينما تولدت الأبعاد الأخرى عن
الأنشطار . تعبر عن وجودها ليس كفضاء . ولكن كخواص كامنة في
الجسيمات والقوى . وتظل الجاذبية إذن القوة الوحيدة الفاعلة لهنسة
الفضاء والزمن كما نتصور الآن تماما . ولكن كل القوى والجسيمات .
بصريح العبارة . ذات أصل متفسى .

ولا تتحرك الأوتار على استقلال . بل يمكننا أن تتفاعل فيما بينها .
منسببة في أن تتواصل أو تنقسم . وفي الواقع . فإن سلوك مجموعة
من الأوتار أمر بالغ التعقيد . وبالكاد بدأ - بصورة لم تزل مبهمة - فهم
القواعد الحاكمة لأنشطتها . ويمكن أن تكون الأوتار مفتوحة . ممتدة

الطرنس . أو حلقة . وهي الواعدة بدوغة أكبر . والتي تحوى أغلب
الناطرات التي ظهرت (أو دخلت) في نظريات التوحيد العظمى (السماء
بأسماء بالاسم الكونى E_9) . مضاعفا إليها الجاذبية الفائقة أيضا .

وفي الواقع . فإن التناظر الكامل في هذه الصورة من النظرية يحتوى
في الحقيقة على بيا مرتين . في مجسورة يطلق عليها $E_9 \times E_9$
وقد أبج بعض المنظرين إلى اقتراض أن هذا الازدواج يعنى وجود كون
مراقى لكوننا . عالم ظل مسكون بمادة شبيهة بمادتنا . ولكنها لا تتفاعل
مع مادة كوننا إلا من خلال الجاذبية .

وأما عن الشعور بذلك العالم الظل الذى يتغلغل خلال عالمنا . فانه
من الممكن أن تخترق شخصا مخلوقا من مادته دون أن تحس بذلك . ذلك
أن الجاذبية المرتبطة بالأجساد البشرية ضعيفة للغاية . أما لو حدث وعبر
توكب مجموعتنا الشمسية . فهو قادر على دفع الكرة الأرضية بعيدا عن
مدارها . ولو تم شيء من ذلك لسيكون أمرا عجبا . حيث إن المسبب لذلك
لن يكون مرئيا . كما لو كانت الأرض قد وقعت في قبضة وعية خفية
بذمها دفعا .

وفيما وراء المجموعة الشمسية يمكن تصور مجرات ظلية . بل وتلويح
سوداء ظلية . ولما كانت الثقوب السوداء كيتونات جاذبية حرة . فإنها
لن تكون متميزة عن ثقوب كوننا السوداء . ومع ذلك . فلو كان هناك
عالم ظل يحوم حولنا . فإنه سوف يساعد على الكشف عن وجود المادة
السوداء . ولكن هذه الافتراضات المتطرفة هي على حاشى نظرية الأوتار
الفائقة . فاعمية النظرية لدى الفيزيائيين ليست في تفسير المادة
السوداء . بقدر ما هي في تفسير توحيد القوى

حين تتوحد القوى

ما زال الوقت مبكرا لمعرفة ما إذا كانت نظرية الأوتار الفائقة (٣)
بمنورها أن بعد صياغة الفيزياء كما نعرفها . وفي نفس الوقت تتلاشى
الانتهائيات التي تصيب نظريات التوحيد الأخرى . ولكن الظواهر إلى
الآن مبشرة . حتى لو كان من المحتمل أن بعضا من تنبؤاتها الفيزيائية حرة
بأن تسقط خلال إقامة النظرية على قواعد أرسخ . ومهما كانت صورة
حل المسألة . فإنه حتى النظريات القائمة تصبح محالا لأشلة أخرى من
غرائب الكون الكمي . بما في ذلك تحركات الجسيمات البسيطة في
الشبكة الكونية .

ونفسن نظريات التوحيد الكبرى اندماج القوى المختلفة في حوية واحدة . كما أنها تتضمن توحيد الصور المختلفة من المادة في حوية واحدة . والجسيمات المتصادمة تقع في مجموعتين . الإلكترونات والكواركات . والتشيز الجوهري بينهما هو أن الكواركات فقط هي التي تستجيب للقوة النووية الشديدة المحسولة بواسطة الجيوتونات . بينما تعمل القوة الكهروضعيفة على النوعين . ولكن القوة الموحدة العظمى تشمل . بحكم طبيعتها . في التشيز بين الكواركات واللبتونات . حيث أن ذلك يتطلب خواص من كلتا القوتين .

وتفترض الحسابات أن القوة الموحدة العظمى محسولة بواسطة جسيم بسيط أعطى اسماً كوديا X . يملك كتلة هائلة . تعطيا جزء من مليون جزء من الجرام . وهي هائلة لأنها أثقل من البروتون بمليون مليون (10^{16}) مرة . وبفضل عدم اليقين الكم . فإن هذا الجسيم لا يظل إلا لفترة جد وجيزة (تذكر أن فترة البقاء للجسيم التقديرى تقل مع زيادة كتلته) . ومن ثم فإنه مدى جد محدود . وعلى ذلك . فهذا الجسيم الشبحي يمكنه الظهور الفجائي . حتى بداخل البروتون . ولكن لا يظل إلا لفترة 10^{-26} ثانية تقريباً . وهذا لا ينتقل إلا لمسافة 10^{-16} م من التشيز . والى جزء من تريليون جزء من قطر البروتون . قبل أن يمتد الطاقة التي اقترضاها من الفراغ التقديرى . ولما كان البروتون يحتوى على ثلاثة كواركات . فإنه من غير المتصور أن يتلاقى أى منها مع الآخر في تلك الفترة الوجيزة . إلا أن الاحتمال الغاية في الضآلة . بأن يقترب كواركان لتلك المسافة الضئيلة . ليس مستبعداً . حتى وإن كان احتمالاً يماثل صدام تحليتين في حظيرة طائرات .

ولتغريب هذا المثال من الدقة . نقول أنها فرصة تصادم تحليتين من ثلاث تحلات في حظيرة طولها عشرة ملايين كيلو متر . وحتى يتحقق ذلك اللقاء البعيد الاحتمال . فإنه يمكن تبادل جسيم X بينهما . وهي عملية ذات أثر له خطر عظيم . فالكواركان المتفاعلان مما سيتحولان إلى كواركين مضادين . بالإضافة إلى بوزيترون .

وحين يتم ذلك التحول داخل البروتون . فإن البوزيترون يلفظ . بينما يتحول الكوارك الثالث . مع الكواركين المتضادين . إلى جسيم يعرف بـ « بيون π » . وبعد جزء من ثانية . يتحلل البيون ذاته إلى البروتونات بالطريقة المذكورة . فإن لقاء الإلكترونات بالبوزيترونات معنى ذلك هو أن المادة بأسرها غير مستقرة . ولن تدوم للأبد . فنظريات

التوحيد العظمى كما تقدم آلية ظهور المادة . تقدم أيضاً بدور لهاها . وكل بروتون من الكون قد ولد متزوجاً مع إلكترون . وحتى تتحلل البروتونات بالطريقة المذكورة . فإن لقاء الإلكترونات بالبوزيترونات أصبح أمراً حتمياً . فينقلان . وهو ما يندرج عنه تامة للمادة (1) . ولكن لا طرح دون داع . فالنظرية تم تناكده نهائياً بعد . وحتى لو لم ذلك . باحتمال انحلال البروتون يتطلب فترة لا تقل عن 10^{32} سنة .

كيف يمكن مشاهدة عملية بهذا القدر من ندرة الاحتمال مملياً ؟ الطريقة الوحيدة . كما ذكرنا في الفصل السابع من انحلال ألما . هو مراقبة عدد كبير جداً من البروتونات لفترة طويلة . فمراقبة 10^{16} بروتوناً يؤدي لاحتمال انحلال واحد منها خلال سنة . وقد أعلن فريق بحث هندي في أوائل الثمانينيات . أثناء مراقبة مائة طن من الحديد بتأشفات غاية في الدقة عن اكتشاف حدث من هذا القبيل . ولكن لمعالم الشن أنهم كانوا مضطربين .

وعلى الرغم من عدم ملاحظة انحلال البروتون بصورة مباشرة . فإن أغلب الفيزيائيين يعتقدون أن قوى الطبيعة لها بالفعل أصل مشترك على مستوى ملائم من العمق . وقد تركزت كل المجهودات في العشرين عاماً الماضية في اتجاه التوحيد . وإيجاد روابط ما بين الخصائص المختلفة للحقيقة . فهناك احساس متعاظم بأن الكون الفيزيائي يحتوى على رابطة لا تضم فحسب الجسيمات المتشابهة في أماكن مختلفة . ولكن أيضاً الجسيمات والقوى المختلفة . وفي النهاية . يمكن للمرء أن يتوقع أن الجسيمات المختلفة . ومجالات القوى . والمضاء . والزمن . وأصل الكون . هي عناصر من كل . متضمن في نظام رياضي . ويرى بعض المتفائلين . من أمثال ستيفن هوكينج . أن الهدف على مرمى البصر . ولو كان الأمر كذلك . فإن تحويل الساعة النيوتونية المضطربة إلى شبكة كونية لم يتطلب إلا مجرد ثلاثة قرون . ولكن إذا بدت المهمة بعيدة . فإنه بإمكاننا أخذ فكرة عن أثر الإنواء النهائي للزمن والمضاء من أحد أعاجيب الكون . الثقوب السوداء .

مواهب الفصل الثامن

(١) حاز كل من فايمان وتوماساجا وشيلينجر على جائزة نوبل عام ١٩٣٦ على وضع هذه النظرية - (المترجم) -

(٢) حاز عن اكتشاف هذه القوة كل من جلاشو ، عهد السلام ، وايلبرج على جائزة نوبل عام ١٩٧٩ - (المترجم) -

(٣) للمعزج من نظرية الأوتار الفائقة ، بفرج كتاب : « ما بعد أينشتاين » - ترجمة الدكتور فاطم قوق العادة - الناشر : أكاديمية - (المترجم) -

(٤) الفيزيودون أيضا جسم غير مستقر إذا وجد حرا - إذ يحصل إلى جوشون والتشويش -

الفصل التاسع

ما وراء المستقبل اللامتناهي

لدى أغلب الناس خوف فطري من الأمانكي المشعة . وهو شعور بدائي يرجع غالبا لمصر الأجداد الذين أفرغتهم فكرة الفضاء اللانهائي . ففسلوا الاعتقاد في كون محتوى في طبقات متحدة المركز - حتى فكرة الفراغ بين الذرات أثارت قدرا من عدم الارتياح - فكثير من الفلاسفة الأغريق افعلوا بعنف ضد فكرة القائدين بقدرة تكون منها المادة وتحوم في الفراغ . وقد اتخذ هذا الاحساس شعارا له في القولة : « ان الطبيعة سلت الفراغ » - وحتى ديكارت أعلن : « الفراغ بغیر للمنطق » - بل وحتى مطلع القرن العشرين لم نعدم عالما ذا شأن مثل ماح يقف ضد فكرة القدرة لحساب فكرة المادة المتصلة بلا تجزئة - ويبدو أن الفزع من الفراغ يتم حولا متصلا في النفس البشرية - فلا عجب إذن أن يملأ الناس احساس بالوجل المشوب بالرهبة لما البر في الآونة الأخيرة من إمكانية ابتلاع الفراغ لهم .

ويعتبر كتاب جون تايلور John Taylor « الثقب السوداء » المنشور عام ١٩٧٣ من أكثر الكتب العلمية انتشارا على الإطلاق - وعلى الرغم من أن فكرة وجود ثقب سوداء في الفضاء كانت تشكل في أذهان العلماء لمدح من الزمن - إلا أنها لم تأخذ هذا الاسم المثير إلا في أواخر الستينيات . ولم تحز اهتمام العامة إلا في السبعينيات - وقد سوغت الخصائص الغامضة والرهبة لتلك الكيانات لها اهتماما فوريا وضمن لها مكانا راسخا في مفردات اللغة - فمن المؤلف في أيامنا هذه أن نقرا عن ثقب أسود في مركز مجرة منهك في التهام ما حوله من مكونات الكون - ولكنها منذ ربع قرن لم تكن سوى افتراض مبهم .

الغاز . ولكن الأمور لا يمكن أن تجري على هذه الوتيرة للأبد . فالحرارة تولد من التفاعل النووي ، والمصير النهائي للنجوم من التوقود النووي بداخل التسوس هو النفاد . وعندما يقع النجم تحت رحمة الجاذبية .

وما يحدث بعد ذلك يعتمد بصفة أساسية على وزن النجم . فنجم الشمس سينتهي به الأمر إلى التقلص لحجم يساوي حجم الأرض ، متحولاً إلى ما يطلق عليه الفلكيون الغزم الأبيض . ومثل هذه النجوم مبرودة منذ أمد بعيد . فرفيق الشمس النجمية هو غزم أبيض يدور حوله . ويسبب الانسحاق . فالجاذبية السطحية للغزم الأبيض هائلة . مثل ، بلعة من مادته اندمجة تساوي حمولة سيارة تقل على الأرض . ولكن وزنها يصل لعشرة ملايين على تحت تأثير جاذبيتها الهائلة . والأقزام البيضاء لا تنضغط بدرجة أكبر بفضل تأثير ميكانيكا الكم . فالإلكترونات فيها لا تتقارب بدرجة أكبر بسبب تأثير على شاكلة التأثير الذي يحسبها داخل الفترة في مستويات طاقة معينة ، وهو الذي يمنع الذرة من الانهيار . وهذا مثال درامي لتأثيرات الكمية تماوس دورها .

ويعود تفهم قدرة تأثيرات الكم على وضع نجم في حالة توازن إلى الثلاثينيات . ففي ذلك الوقت ، كان طالب هندسي يسمى سورامانيان شاندراسيخار Subramanian Chandrasekhar مبحراً على متن سفينة متجهة إلى إنجلترا للعمل مع الفلكي البريطاني ذائع الصيت سير آرثر ادجنتون Sir Arthur Eddington . وخلال رحلته الطويلة أجرى بعض الحسابات . وتبين منها أن لحما له كتلة أكبر من الشمس بنسبة ٥٠٪ تقريباً . لو تجدده الإلكترونات تحت تأثير الكم المذكور في حياته من المزيد من الانضغاط (١) . وقد عرض حساباته على ادجنتون الذي رفض تصديقها . ولكن الطالب كان على حق ، فالنجوم بعد كتلة معينة لا يمكن أن تستقر عند اقزام بيضاء .

والانضغاط الأكثر في النجوم التي كتلتها تسبب جاذبية تغلب على تأثير الكم المدعم للإلكترونات بسبب تغييراً في بنية الأنوية الذرية التي تتركز فيها أغلب الكتلة . فالذرة المنسحقة تمنح من شيء أشبه بالحلل بيتا معكوساً . تنضغط فيه الإلكترونات والبروتونات لتتحول إلى ليبترونات . وتقوم النيوترونات تحت تأثير الكم السابق بنفس دور الإلكترونات في الأقزام البيضاء . وتحت قدر معين من الكتلة يستقر النجم بعد الانضغاط عندما يعرف باسم النجم النيوتروني (راجع الفصل

وتتكون الثغوب السوداء . حين تنشط قوة الجاذبية ، وهي قوى الطبيعة ، لتتسبب الموقف . ويسمح لهذه القوة أن تتزايد بلا حد إلى درجة أنها تمارس تأثيرها الجاذبي على مدى الكون على رحابته . فبقية القوى محدودة : فالقوتان النوويتان مقصورتان على البعد النووي . والقوة الكهرومغناطيسية تدور بين الجنب والندابى بما يجعل تأثيرها يلقى بعضه بعضاً . لكن استمرار في زيادة المادة لجرم ما ، يستجده أن تأثيره يتزايد بلا حد .

ولا تعتمد الجاذبية لجسم ما عند سطحه على كتلته فقط . بل أيضاً على حجمه . فمثلاً . لو أن الأرض ضغطت لنصف قطرها الحال . لكان وزن كل منا أربعة أمثاله الآن . ذلك لأن الجاذبية تتبع قانون التربيع العكسي . فتزداد مع نقص المسافة . وزيادة الجاذبية تجعل مسألة الفرار من الأرض أصعب . فمع حجم الأرض الحالي تصل السرعة المطلوبة للانطلاق في الفضاء والتحرر من جاذبيتها أحد عشر كيلو متراً في الثانية الواحدة . وهو ما يطلق عليه « سرعة الإفلات » . وتصل هذه السرعة للأرض المنضغطة لنصف حجمها أكبر من السرعة الحالية بما يقارب واحداً وأربعين في المائة .

اعتقال الضوء

لو أن الأرض استمرت في تقلصها مع الحفاظ على كتلتها . فسوف تتزايد الجاذبية عند السطح ومعها سرعة الإفلات بلا حد . وحين تصل الأرض لحجم حبة فاصوليا . تصل سرعة الإفلات لسرعة الضوء . هذا الحجم يعتبر حجماً عرجاً . فهو يعني أن جسماً كهذا لا يمكن أن يصدر ضوءاً . ومن الوجهة الواقعية تختفي الأرض . وتصبح من وجهة نظر المشاهد لها ، سوداء تماماً . والغريب أن فكرة وجود جسم فلكي ذي جاذبية تحبس الضوء . قد أثارها منذ قرنين الفلكي والفيلسوف البريطاني جون ميشيل John Michel . ثم أعادها للألمان بعد ذلك بغيل الفرنسي بير لابلاس Pierre Laplace .

وليس من خطورة أن تنقل الأرض بهذه الطريقة . فهي آمنة من حبة جاذبيتها بصلابة مادتها . أما بالنسبة للأجرام الأكبر حجماً . فالأمر مختلف . فالنجوم مثل الشمس منهكة في معركة لا يهدأ أوارها مع الجاذبية . ولا يمنع انبهار هذه الكرات الغازية تحت تأثير وزنها إلا ما يتولد بداخلها من ضغط هائل . فقلب النجم يصل للأبد من درجات الحرارة . وهذه الحرارة تنتج ضغطاً يكفي لحمل الوزن الهائل للطبقات المتتالية من

السادس) - وينفصل حبه سلبيا أو قدر مدينة - بينما كتلتها أكثر من كتلة الشمس - وسرعة الاقلاات للنجم النيوتروني هي نسبة من سرعة الضوء - ومنها علما أن نجوما تقترب من النجوم السوداء التي قال بها ميشيل ولا بلاس موجودة بالفعل -

سادا عن النجوم الأكثر كتلة من النجوم النيوترونية ؟ ان الفلكيين غير متأكدين من الحد الذي بعده يحدث مزيد من الانضغاط عن النجوم النيوترونية - بل ومنهم من يقترح مرحلة ثالثة من استقرار النجوم - تستقر فيها المادة عند مرحلة الكواركات - ولكن هذا عاما يمكن استنباطه من النسبية العامة -

فلنعم نجم ذي كتلة معينة - فان كتلته يجب أن يكون على درجة معينة من الضلابة - وكلما زاد النجم وزنا - زادت الضلابة المطلوبة لمادة قلبه - وتمتد الضلابة بطورها على سرعة انتقال الصوت بداخل المادة - فتزداد مع زيادة الضلابة - فإذا ما بلغ النجم ثلاثة أضعاف وزن الشمس - وصلت الضلابة المطلوبة لبقائه لما يقابل سرعة انتقال الصوت أسرع من الضوء - وهو محال من وجهة نظر النسبية - وليس أمام النجم إلا أن يواجه انهيارا تاما بفعل الجاذبية -

ولو كان لنجم أن يؤمل الانهيار بعد مرحلة النجم النيوتروني - فإن اختفاءه يتم في أجزاء من الألف من الثانية - ال هذه الدرجة تكون قوة جاذبيته - وتجاوز سطح النجم سريعا أحد الذي يحبس الضوء - ولذا فإن مشاهدا على البعد لن يستطيع رؤيته بعد وصوله هذه المرحلة - ورغم أن ميشيل ولا بلاس كانا محققين في امكانية تواجد نجوم سوداء - فانهما كانا متشككين في تصورهما امكانية أن يكون النجم مستقرا عند هذه المرحلة - فحين تعلم الآن أن نجما كهذا لن يستقر على حالة حين يصل لمرحلة حبس الضوء - بل سواصل انكماشه ال أن يتلاشى تماما من الوجود - مخلقا وراءه ثقباً يحمل بصة من جاذبية مهولة لما كان نجما يوما ما - تتمثل في التواء عنيف في كل من الزمن والفضاء - وعلى ذلك - فان منطقة الانهيار التجاذبي الكامل تظهر سوداء وغارقة مما - أي ثقب أسود -

تلاوي النجوم

هذا عن النظرية - فماذا عن الواقع ؟ ان لدى الفلكيين شواهد مباشرة على وجود الأنواع البيضاء والنجوم النيوترونية - أما الشواهد على وجود النجوم السوداء فمعترة للضعف - أن تحت أيدينا تصورا مقننا لكيفية

تشكلها - فالأمر ليس موجزا في انهيار تام وشامل للنجم - بل هو أكثر من ذلك تعقيدا - فالنفاقل النووي الذي يبقى على النجم حارا يتم في أمثاقه - وحين ياذن الوقود بالنفاذ - لتضاهل قدرة النجم على إنتاج ضغط يلاوم الوزن الهائل لطبقاته المتتالية - فيتقلص قلبه تحت تأثير الجاذبية - ويمكن أن تؤدي الظروف لأن يكون ذلك التقلص فجائيا - وحين ينهار النجم على نفسه بهذه الطريقة - فإنه يطلق دفعة من الطاقة - جزء منها على صورة موجة تصدمية - ولكن أيضا على صورة دفعة مهولة من جسيمات النيوتريينو (وهي أيضا من الساج النانوي للعمليات النووية التي تجري داخل قلب النجم) -

وتحت الظروف المشادة - ليس لجسيمات النيوتريينو تأثير يذكر على المادة - تتفاعلها منها من الضعف بحيث يمكن اختراقها مباشرة - ولكن التركيز الهائل للعادة المواجهة لانتشار جسيمات النيوتريينو المصاحبة للموجة التصدمية يعوقها بدرجة كبيرة - فيسبب ذلك في ضغط منها على طبقات النجم الخارجية يؤدي ال انقجارها وتشتتها للخارج في الوقت الذي ينهار فيه القلب للداخل - والانفجار والانفجار التلازمان يرقان لدى الفلكيين بانفجار المستعر الأعظم - أو السوبر نوفا -

وانفجار المستعرات العظمى من أكثر الأحداث الفلكية المارة - فلعنة أيام - يائل الضوء القادم من النجم ما يصل من مجرة كاملة - اذ ان الطاقة المنبعثة من الانفجار تكون على صورة ضوء وصور أخرى من الاشعاع - ومثل هذا الانفجار في مجرتنا يرى بالعين المجردة - ومن حوادثها الشهيرة حادثة - النجم الزائر - في كوكبة النور - والتي سجلها الصينيون عام ١٠٥٤ - واليوم - تظهر التلسكوبات سخابة مشتتة تعرف باسم سديم السرطان في موضع الانفجار - وهي البقايا المتخلفة عن موته الذي شوهد من ألف عام تقريبا -

وتشهد المجرة المتوسطة من انفجارات كل قرن - رغم أنه لم يشاهد في مجرتنا حادثة كهذه منذ اختراع التلسكوب - على أنه عام ١٩٨٧ شوهد انفجار مستعر أعظم في سحابة ماجلان الكبرى - وهي مجرة صغيرة تابعة لمجرتنا درب التبانة - تشاهد في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية - وقد قدم الحادث للعلماء فرصة ذهبية لاختبار آرائهم عن هذه الانفجارات - وقد وضع النجم المتكوب تحت ملاحظة دقيقة منذ اليوم

وقد تضم المراكز المجرية تقريبا سواد ذات أجرام كبيرة . تكاني كتلة الشمس بليون مرة . هذه الوحوش تكتشف عن وجودها من وقائع النهارها لما يحيط بها من مادة . ويبلغ من غنى الالتهام أن تنطلق نتيجة له كميات هائلة من الطاقة تحس بها تنحصر من مادة تنفث بسرعات عالية ، أو ما نولده من نبضات قوية من الأشعاعات . ونمثل المجرة م - ٨٢ M82 مثلا طبييا لنظام لفضة يحتوي على ثقب أسود حائل .

ونمثل أشباه النجوم ، أو الكوازارات ، طائفة أخرى من الأجرام . توجد مصاحبة للمجرات المضطربة . فالنجم في ضوئها ينسحب عن أن حجما لا يزيد عن حجم قطبعا الشمس . ولكن الضوء المنبعث منها يوازي مجرة ذات بليون نجم . ولدينا الآن شواهد طبية على أنها قاطبة مراكز المجرات ، وتعطى أمثلة لأنشطة تشبه النظام (م - ٨٢) . ويعتقد كثير من الفلكيين أن القوة الرئيسية التي تدفع هذا النشاط هي ثقب أسود . فائقة الكتلة منسقة في غازات دوامية .

وبحكم التعريف ليس لنا أن نرى الثقب السود . ولكن يمكننا أن نستنبط من النظريات ما يحدث لفرد يدلف إليه . ويستكشف ما بداخله . والتي الجوهرى لفهم الطبيعة الفيزيائية للثقب الأسود هو ما يطلق عليه « أفق الأحداث event horizon » . وبعبارة فضفاضة ، هو سطح الثقب . فكل حدث يجري وراء ذلك الأفق ، لا يمكن مشاهدته من الخارج . حيث أنه ما من ضوء أو إشارة أخرى يمكن أن تفلت من الثقب . كما تنتقل لنا أية معلومة عما يجري بداخله .

ولو قدر لك أن تقتحم شيئا كهذا ، فلن تكون فقط غير قادر على الإفلات منه ، بل لن تستطيع - كالنجم الذي سبقك إلى داخله - أن تمنع نفسك من الاستمرار في الهبوط . أما ما سيحدث لك عند المركز ، فليس لأحد علم يقيني به . فطبقا للنسبية العامة ، يوجد ما يسمى « مفردة singularity » هناك . حد من الزمن والمكان ضغط عند النجم الأصل (وكل ما داخله) إلى تركيز لا نهائي تحطت عنده كل قوانين الفيزياء . ومن المحتمل أن تأثيرات الكم تجعل الزمكان شيئا غير محدد الملامح عند القرب جدا من المركز . حيث تصبح المفردة هلامية على مستوى مسافة بلانك البالغة 10^{-35} من المتر . عند هذه المرحلة لا توجد لدينا نظرية ترشدنا . وليس من الحكمة أن نحاول أن نستكشف بانفسنا أو أن نرسل سائنا آليا . فالجاذبية الهائلة لدى المركز تنزاد إلى قيمة لا نهائية .

الأول للواقعة . وأهم ما في الأمر هو أن الحادثة شوهدت عيانا في يوم انفجاره الأول ، إذ سجلت دقات من جسيمات النيوترونات في ثلاثة مواضع من الأرض في نفس الوقت . كانت تجري فيها تجارب لاكتشاف التحلل البروتون . وبات من المؤكد أنها قادمة من قلب نجم . وشكل وصولها مع الضوء المنبعث منه حال انفجاره دليلا مباشرا بسلامة أفكارنا الأساسية عن انفجارات المستعرات العظمى .

ولكن ماذا عن مصير القلب المنهار الذي قدح زناد هذا الانفجار ؟ إن مراقبة سديم السرطان قد كشفت عن نجم نابض في منتصفه . ومن الواضح أن هذا النجم المنتشر بالذات قد آل إلى نجم نيوتروني . ولكن لم يكن من مانع لدى الفلكيين من أن يتحول إلى ثقب أسود . بل أنهم ليعتقدون أن قدوا لا يأس به من انفجارات المستعرات العظمى قد آلت بالفعل لنفس المصير .

ولو أن مستعرا أعظم آل إلى ثقب أسود ، فليس من التخليل الكشف عنه من الأرض . فهو أولا وأخيرا ثقب أسود . ولكن كثيرا من النجوم تتزوج في نظام ثنائي . ولو آل أحدها لثقب أسود فسيبدو الآخر وكأنه يسود حول لا شيء . وفي كثير من الأحيان يجذب الثقب الأسود من مادة زميله . ثم يبتلعها .

ويبيننا هذه العوامات نسق طريقها إلى داخل الثقب . تتولد حرارة نظيفة . مما يسبب انبعاث اشعاعات كثيفة من أشعة أكس . وعلى ذلك ، فإن علامة طبية لوجود ثقب أسود أن يلاحظ لنظام ثنائي ، أحد أطرافه غير مرئي . ويكون مصدرا قويا لأشعة أكس . وفي نظام كهذا (يعرف باسم الصابحة Cygnus X-1) ، يمكن بمراقبة حركة الجسم المرئي تقدير كتلة الجسم الخفي . والتأكد من أنه بالفعل قد تجاوز حد النجوم النيوترونية .

ولست الهياكل النجوم هي الوسيلة الوحيدة لتكون الثقب الأسود . فكلنا كانت المادة متاحة . تيسر حدوث الانهيار التصادمي . فمق سبيل المثال ، قد يتكون ثقب أسود من مادة تصل لبليون شمس . تكون كثافتها أكبر من كثافة الماء على كوكبنا . وهناك شواهد على وجود ثقب أسود بثلث الكتلة في مركز المجرة . وبالتأكيد يوجد هناك جرم ضط يمثل أيضا مصدرا للشوشرة الراديوية والأشعاعات الأخرى .

الأمر الذي يتخفى عن تأثيرين ، إذا ما كان نزولك من جهة قصيرك ، فتكون الجاذبية عليها أشد منها على رأسك الأبعد من المركز . وفي هذه الحالة سيمط طوليا أكثر وأكثر ، في الوقت الذي تزداد فيه تحافة بسبب الضغط على جانبيك . وفي نهاية هذه ، المكرونة الأسباجيتية Spaghetification سوف تسحق إلى الغناء (أو تضيق في نموص عدم يقين الكم) . وسوف يحدث كل ذلك في كسر من الثانية قبل وصولك للمعردة . ولذا فمن يقدر لك أن تراها دون أن تكون جزءا منها بلا رجعة .

على أن الأمر يبدو مختلفا لذلك بالمرءة للشخص الذي يراقبك من الخارج ، فالجاذبية لا تلوى الفضاء فقط . بل أيضا الزمن . فبالقرب من نجم نيوتروني يكون هذا التأثير ملحوسا . وقد اكتشف بالفعل في امتعاع النجوم العاضات . فمع اقترابك لأفق الحدث للثقب الأسود . يطول بك الزمن أكثر وأكثر بالنسبة لمراقبك على البعد . ومع ذلك . فإن من يمرر ذلك الألفي لن يرى شيئا غير عادي . فالحق الحدث ليس له تميز مكاني . رغم كونه يمثل حدودا لالتواء لا نهائي للزمن . فبالنسبة لمراقب خارجي . سيبدو الأمر مستغربا زمنا لانهايا خلال اقترابك من أفق الحدث . بمعنى أن الزمن من - منظور معين - سيبدو كذا أو كان متوقفا بالنسبة الزمن المراقب على البعد . وعلى ذلك . فما يحدث لك داخل الثقب سيكون في المستقبل اللانهائي للكون الخارجي .

ولذلك السبب تعتبر الرحلة إلى داخل الثقب الأسود رحلة ذهاب بلا عودة . فذهولك للثقب ثم خروجك منه سيعني أن المراقب الخارجي سيرك خارجا قبل أن تدخل . بمعنى آخر . ستكون قد رحلت في زمن معكوس . وليس لهذه النتيجة أن تسبب دهشة . فالخروج من الثقب يعني الانتقال بأسرع من سرعة الضوء . وهذا كما رأينا يعني رحلة في زمن معكوس .

فإذا كان الشيء الذي يسقط في الثقب لا يمكنه الخروج مرة أخرى ، فماذا يحدث له ؟ وكما قلنا . أي شيء يقابل المفردة يواجهه الغناء . فهو يتخفى من الوجود . فكرة مستديرة تماما من المادة . حين تنهار لتصبح ثقبا أسود . منتقلص في اتجاه المركز . وستضغط المادة إلى مفردة . ولكن ماذا لو أن الجسم لم يكن كرة كاملة الاستدارة ؟ كل الأجرام الفلكية المعروفة تدور بسرعات مختلفة . وحين تزداد سرعتها مع تقلصها لتفرطح

عند خط استوائها . هذا التشوه لن يبلغ المفردة من التكون . ولكنه يعني أنها لن تشمل كافة أجزاء النجم .

وقد درست نماذج مثالية للثقوب السوداء مضغوطة ودوارة . لمعرفة أين تتكون المفردة منها . وما يصير المادة العاضة فيها . وقد بينت الدراسات أن الثقوب السوداء تمثل جسرا . أو نفقا في الزمكان . بين كوننا وكون آخر غير ممكن وصوله من كوننا . هذه النتيجة المذهلة تثير التصور لرحالة فضائي حصور يمر خلال الثقب غير مصاب بأذى . ليجده نفسه في كون آخر . في مكان ما من مستقبلها اللانهائي . ولو تم له ذلك فلن يستمد أن يستطيع العودة إلى نقطة بدايته من الثقب الأسود . ليعبر النفق مرة أخرى .

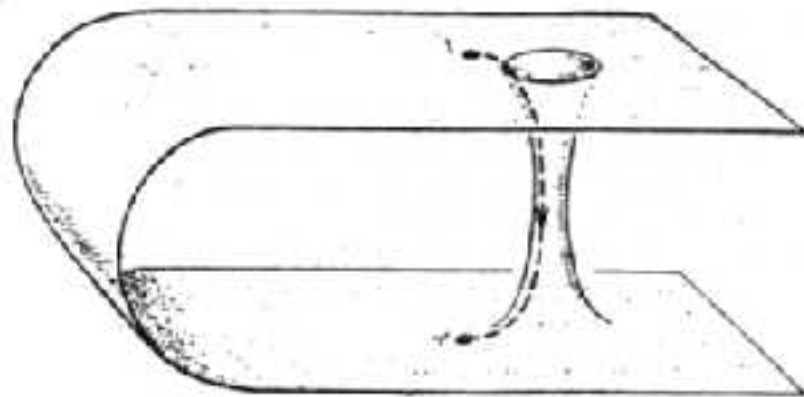
ولكن عبوره النفق من الكون الجديد لن يعيده لكوننا . بل لكون ثالث . وهكذا بلا نهاية . فالثقب الأسود الدوار مرتبط بسلسلة لانهاية من الأكوان . يستل كل منها زمكانا متكاملًا . قد يكون ذا امتداد لانهاية . كلها مرتبطة بدخل الثقب . وإن تصور استخلاص أية فكرة تطبيقية من هذه الأفكار . لهو أمر يستحسن تركه لكتاب الخيال العلمي .

ما الذي يبدو عليه الطرف الآخر من الثقب الأسود لمراقب من الكون الآخر ؟ طبقا لأبسط النماذج الرياضية . فإن المشاهد سيرى ذلك الشيء مصدرا لمادة متعنتة . خالق انفجاري للمادة . يسمى غالبا « ثقبا أبيض » White hole وكوننا مليء بالأمشياء المنفجرة . كالكوازارات . وهو ما أنار تصور أن تكون هناك اتفاق زمكانية تسرب منها المادة لكوننا قادمة من كون آخر . على أن الذين يعدلون هذه الأفكار بحمل الجهد من علماء فيزياء الكون قليل عددهم . وعلى وجه الخصوص . فهم يبينون أن النماذج الرياضية المبسطة تتجاهل تأثير ما يحيط بالثقب من مادة وامتداد . واحتمال امتصاصها لمداخل الثقب الأبيض بفعل الجاذبية . فتحوله لثقب أسود . كما أن النماذج المبسطة تتجاهل تأثير الديزيا . دون القدرة للنماذج الأكثر تطورًا . تبين أن هذه التأثيرات تنبع من الاضطرابات داخل الثقب ما يحطم الأنفاق الزمكانية التي تربطها بالأكوان المتفرقة . والرأي العام لدى الجميع أن المادة المحتجبة لتثقب أسود سيوف يكون عالمها المفردة . أو بشكل بآخر .

وقد بينت الحسابات أن معادلات المجال التجاذبي كما وضعها أينشتاين متحققة في تركيب كهذا ، وأن الجاذبية المضادة المطلوبة هي بالضبط ما يتفادي النقص من الانهيار إلى المفردة . وأصبح بذلك مدخل الفلق ومخرجه ليسا للثقوب أسود بالضبط ، ولكن مجرد منطقة ذات قوة جاذبية هائلة يمكن للمسافر التخيل أن يعبرها جيتة وذهابا دون خشية أن ينتج لأبد .

وكمثال مبسط لما يمكن أن يحدث ، تخيل نفسك مسافرا من إنجلترا إلى أستراليا . فيسبب انحناء سطح الأرض ، ستكون مضطرا إلى السير في قوس معين . ولكن لو أمكنك ثقب نفق عبر الكرة الأرضية ، فسينتقل لك الكثير من توفير وقت الرحلة .

ومن السهل تصور كيف يمكن للانفاق المصاحبة للثقوب السوداء أن تقوم بدور مشابه عبر انحناء الزمكان (الشكل ٢١) . وكالمادة لتقل الزمكان بصفحة من الورق مطوية كما في الشكل . فلو أنك تمكنت من وصل سطح الورقة بعد طيها عبر الجهد الثالث ، فإنه يكون بإمكانك التنقل بين السطحين دون أن تكون مضطرا للدوران (٣) . هذا التوصل عبر مناطق من نفس الزمكان يعرف لدى أرباب النسبية باسم ثقوب الديدان Worm holes . وأي شيء نتصوره حادثا لصفحة من ورق ثنائية الأبعاد عبر بعد ثالث ، يمكن رياضيا اعتدائه للزمكان الرباعي عبر أبعاد أعلى ، فلو أن النقطتين متباعدتان بسنة ضوئية ، فإنه يستحيل قطع تلك المسافة في أقل من سنة ، أما بالعبور خلال ثقب دودي ، يمكن لأشياء ، أو ربما شخص ، أن يحقق ذلك .



الشكل (٢١) ثقب دودي يربط منطقتين كائنا ما هما أين في الفضاء . ويحقق المسافر عبر الثقب الدودي اختصارا للرحلة .

فماذا لو أن التأثيرات الكمية ألغت المفردة بشكل أو بآخر ؟ للأسف ، ليس نحت أيدينا نظرية كم متكاملة عن الجاذبية ، فليس في استطاعتنا أن نصنع نموذجنا موثوقا به لذلك الغرض . عالقاه المفردة كلية أمر غير مؤكد . ويترفع بعض العلماء أن تكون الحالة كذلك . بينما يتجه البعض الآخر إلى أن المفهوم المتعلق بالزمن والمكان في حد ذاته لن يستمر سارويا تحت تلك الظروف المتطرفة . أما ما يمكن أن يحل محلها بالضبط فامر متروك للتفكير . وعلى ذلك ، فمن الاحوط النظر للمفردة على أنها نهاية للفيزياء كما نعرفها ، وليس لكل أشكال الفيزياء .

ثقوب الديدان والسفر عبر الزمن

لقد كانت الفكرة المثالية عن ثقب أسود يسمح بالتنقل بين الأكوان معروفة لأكثر من عشرين عاما ، نظرا لفهم الانفاق كتركييب رياضية خالية من أي مضمون فيزيائي . ومنذ عدة سنوات ، كتب الفلكي الأمريكي رواية خيال علمي اسمها : الاتصال connection . من مجتمع متقدم استطاع بناء نفق للعبور السريع بين أجزاء الكون . ولكن يعطى روايته شكلا مقصدا ، فقد سال مشورة خبير في الثقوب السوداء ، الفيزيائي الكوني كيب ثورن Kip Thorne . ونحت تأثير الإعجاب بالفكرة ، فقد ناقشا كيب مع زملائه ، بنية معرفة المحددات الفيزيائية التي تحول دون تطبيقها . وأوضح أن لها جانباً حدياً أيضا .

لقد افترضت الحسابات السابقة عن انفاق الثقوب السوداء افتراضات معينة عن طبيعة المادة . وقد افترض على وجه الخصوص ، بعبارة فضاضة ، أن المادة تتسبب على الدوام في قوة جاذبية . ولكننا رأينا في الفصل الخامس أن تأثيرات الكم يمكن تحت ظروف معينة أن تنتج جاذبية مضادة . فلو أن هذه الظروف أعيد تطبيقها على مدخل الثقب ، فقد تتحقق إمكانية جعل الرحلة عبره ذهابا وإيابا .

ومفتاح الجاذبية المضادة هو إنتاج ضغط سالب بوسيلة أو بأخرى . واتجه فريق كيب إلى تأثير كاسيمير (راجع الفصل الخامس) للحصول على ذلك . لهم يعمدوا لتخيل لوحين عاكسين متقاربين بفتر كبير . ولتفادي اقتراب اللوحين لدرجة التماس ، تحت تأثير كاسيمير ، فقد زود اللوحان بشحنتين تولدانه تنافرا يعادل بالضبط قوة التجاذب بينهما . وقد تصور الباحثون وضع تجهيز كهذا في مدخل النفق الفضائي .

والآن لنصور أن الزمكان المطوى قد أعيد فردة مرة أخرى . مع احتفاظ على التنب مستندا بين النقطتين . سيكون الوضع في هذه الحالة أقل إثارة . حيث أن المسافة بين النقطتين عبر الزمكان المقروء ستبقى أقل منها عبر التنب الذي سيكون هو المنحنى . مما يجعل الانتقال خلاله أطول وقتا .

على أن الموقف ليس بالضرورة كذلك . لأن المكان والزمن يتصرفان بصورة غير تقليدية عبر التنب المودى . فعمل الرغم من كون الزمكان الأصل هو المسطح (أو تقريبا كذلك) والتنب هو المقوس . فإن الاحتمال قائم أن يعبر المسافر بين النقطتين في طرفة عين . وهذا كانت المسافة بينهما عبر الكون .

ودعنا أن التصورات التي تمخضت عن دراسات فريق كيب تدعيب باللب . فإن وجه القراءة فيها ليس في السفر عبر الفضاء في الواقع . بل عبر الزمن . فقد ذكرنا أن السفر أسرع من الضوء . يعني السفر معكوسا في الزمن . الانتقال من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) عبر تنب دودى معناه الوصول للنقطة (ب) قبل وصول الضوء من (أ) إليها . فعلى سبيل المثال . يمثل الانتقال من الأرض إلى مركز المجرة لحظيا عبر تنب دودى أن يكون المرء سابقا على وصول الضوء من الأرض بثلاثين ألف سنة عبر طريق الكون . وليس معنى ذلك الانتقال إلى ثلاثين سنة في الماضي . ولكن تعديلا بسيطا في الواقع يجعل السفر عبر الزمن ممكنا .

والتعديل الضروري يقتضي في أن تحت فتحة من قنطرة التنب . وتجعل الأخرى متحركة بما يقارب سرعة الضوء . فإذا ما أوقفت الفتحة المتحركة . ثم أعيدت إلى قرب معقول من الساكنة . فإن فرقا زمنيا يكون قد خلق بين الفتحين . وهذه نتيجة مباشرة من تأثير التوهمين . حقيقة أن الساعة المتحركة تسير أبطأ . وهي إحدى النتائج الهامة للنسبية الخاصة . كما قلنا في الفصل الثالث . فسوف يكون الزمن مقبلا مسافة عند الفتحة الثابتة . أطول مما سجلته ساعة تحركت مع الفتحة المتحركة . ولذا . فبممكن القول أن الفتحة المتحركة ستكون في الزمن الماضي بالنسبة للثابتة . ولكن الحاضر . بالنسبة لأي شخص مسافر عبر التنب المودى . يكون دائما هو اللحظة التي عند الفتحة التي دخل منها . وفي حالة دخول شخص من الفتحة التي تحركت . وبفرض وجود الفتحين على بعد مناسب . فسوف يخرج من الفتحة الثابتة قبل لحظة الدخول . ومعنى ذلك أن الرحيل جيتة وذهابا بين الفتحين يجعل المرء يتوغل أكثر

فأنت في الماضي . ولكنك لن تستطيع أن تتوغل بأبعد من اللحظة التي بدأت فيها الفتحة المتحركة . وبدأ فيها استنفار ظاهرة مط الزمن .

ومن غير المتبر للمعشاة أن تنبه إلى أن هذه العرض على بالمخادير . وأنها متعلق بأهم عامل في الأمر . السطحان العاكسان اللذان سيجبران بالير كاسيمير . فمن المهم ألا نخلق مادتهما جاذبية تفوق الجاذبية المضادة التي ينشأها . ومن الصعب تصور كيفية تحقيق ذلك . وبالإضافة إلى ذلك يجب التفكير في وسيلة بحيث لا يتخلل الانتقال عبر التوهمين (الباب السحري ؟) بالتوازن الدقيق للمنظام . وتتمثل مشكلة أخرى بكيفية تحريك الفتحة المتحركة . فهي ليست من مادة يمكن إمساكها وجرها . بل هي من الفضاء (وإن كان متحنيا) . فيجب التفكير في شيء من قوة جاذبية أو كهربية تحقق ذلك . مع الأخذ في الاعتبار عدم تقلص قطر التنب إلى الصفر خلال عملية تحريك الفتحة ذهابا وعودة . وبصرف النظر عن كل ذلك . فهناك مشكلة خلق التنب المودى ذاته .

نريد الآن التركيز على أنه ليست أي من صور تلك الثقوب المفترضة مأخوذة مأخذ الجد . فهي من قبيل التجارب الذهنية . فالمواقف التقليدية هو أن السفر عبر الزمن محظور لأية عملية فيزيائية مهما كانت . لا شيء إلا لاستقرار النظم الفيزيائية .

تصور أن مسافرا عبر الزمن قد رحل إلى زمن طفولة جدته . وقتلها وقتلها وهي طفلة . لن يكون هو موجودا . فستحيل أن يقوم بقتله . مثل هذا التناقض الداخلي يستدعي أن تصور ضرورة قانون فيزيائي يحتم أن يوجد رابطة سببية متشعبة للعمليات الفيزيائية . بحيث يحال دون قتل فتى الجدات بأن يتمطل المصمم مثلا . أو أن يتضح أنه كان أبنا بالتبني . أو أية وسيلة أخرى . ولكن لو كنت معتقدا في الأكوان المتعددة . فبممكنك تصور عمليات لا تؤثر على حاضر نفس الكون . بل على كون قريب منه .

ومعما كان وجه القراءة في تجارب المخابر والعودة هذه . فانه من الواجب التفكير في السؤال . هل قوانين الفيزياء فقط هي التي تحول دون السفر عبر الزمن . أم أن قواعد أخرى تساهم في ذلك المحظر . لقد كان هذا هو الدافع الحقيقي لعمل نوردن وزفاله .

ولكن موضوع ثقوب الديدان هو محل أبحاث حاليا من قبل فرق بحث أخرى . لكن ليس من وجهة نظر السفر الخيالية عبر الزمن . فقد

لرركز الاهتمام بدلا من ذلك على ثقوب الديدان الميكروسكوبية التي عرضنا لها بإيجاز في الفصل الخامس . تلك التي تحدث بصفة طبيعية خلال الزيد الزمكاني . فكما أن الاضطرابات في الفراغ تخلق فوتونات وقتية ، فهي على نطاق أشد صغرا تخلق (تقديريا) ثقوبا ديدانية لحظية . وحجم ثقب منها يبلغ جزءا من 10^{-6} من حجم نواة الذرة . وعلى ذلك ، فعل المستوى الميكروسكوبي الفائق ، سيتحول الفراغ إلى مضاة من تلك التراكيب ، مصنوعة أن يطلق على طوبوغرافيته ثقب الزيد . ويتجاوز كثير ، يصف النسبيون هذه الأنفاق بأنها ثقوب ديدان ، ميكروسكوبية .

ويقترض التسمعون بزيادة الزمن أنه لو أمكن الإمساك بملاحظة من تلك الثقوب الميكروسكوبية ولמידتها إلى أن تصبح بإبعاد مرئية ، فإنها يمكن أن تستخدم كآلات للزمن . ويقترحون أن الكون من حولنا مليء بمثل هذه الآلات الزمنية الحقيقية والوقتية ، ولا تحتاج إلا للتمكن من استغلالها . ولكن الإمساك بثقب منها ، ومطه لإبعاد مرئية ، فاهيك عن منها من التردى ، كلها أمور تجعل منها ، كما تكرر دائما ، خالية من مضمون واقعي . ولكن الأمر الجدي هو احتمال أن تمدنا أبحاث الثقوب الديدالية التقديرية بأوشاد عن موضوع غاية في الأهمية في الفيزياء الحديثة .

ما وزن الفضاء الغاوي

إن فكرة أن يكون للفضاء وزن هي في حد ذاتها مسخرية . وقد يبدو بلا معنى . كيف يمكن أن يكون « الشيء » ذا وزن ما . علينا أن نفهم جيدا أن الفضاء هو أبعد ما يكون عن « شيء » . فحتى حين يفرغ مكان ما من كل صور المادة ، فسيظل مرتعا للجسيمات التقديرية التي تخلقها تأثيرات الكم . تهيب للفراغ من حولها طاقة وضغطا . والطاقة لها كتلة تحسب من معادلة أينشتاين $E = mc^2$. حيث ج هي سرعة الضوء . هذه الكتلة يتوقع لها أن تكون ذات جاذبية .

لكن للأسف لا تكون عملية الوزن في صورة وضع صندوق فارغ ووزنه . فالفضاء يحيط بنا ، وإذا كانت له جاذبية فستكون متساوية من كل الاتجاهات . والشيء الوحيد الذي يبدو فيه أثر تلك الجاذبية هو حركة الكون ككل . وقد بينا في الفصل الخامس كيف أن طاقة الفراغ التقديرية تخلق جاذبية مضادة ، وليست عادية ، حيث أن الضغط المصاحب لها ضغط سالب . وطبقا للتصور التلخيصي ، فإن « الوزن السالب »

للفضاء هو ما تسبب في الفترة الضئيلة ، لكن العنيفة ، من تمدد الكون في مرحلة نشوئه المبكرة .

وفي نهاية المرحلة التضخمية ، كان وزن الفضاء بصفة أساسية صغرا . ومع ذلك فقد أجريت محاولات للكشف عن أي تأثير ضئيل قد يكون متخفا عن تلك المرحلة الآن . فلو أن وزن الفضاء ظل أكثر من السفر بمقدار مهما كانت ضئيلة ، لكان ذلك عيبا في الطريقة التي بها تمد الكون . في مواجهة الجاذبية للسادة المادة التي تحاول إبطاء ذلك التمدد .

وحى الآن لم يكشف تأثير من هذا القبيل . ويمكن وضع حد لما يمكن أن يكون عليه وزن الفضاء . والرقم ضئيل بقدر لا يتصوره عقل . 10^{-10} من الوزن الذي كان سائدا وقت التضخم . وهو ما يفرى باعتبار وزن الفضاء الآن صغرا حقا . ولكن هذه النتيجة تؤدي بنا إلى مرقف متناقض . فمن يتوقع أن تكون طاقة الفضاء الكمي عالية جدا . وعلى ذلك فنحن أمام وضع يوحى بأن تكون المرحلة التضخمية هي الجري الطبيعي للأمر ، بينما حالة الوزن القريب من الصفر للفضاء اليوم هي الشاذة . بل قد تكون « من وحي الخيال » .

لماذا من وحي الخيال ؟ تبدو دقة التعبير من محاولة فهم كيفية أن تكون القيمة الحالية بهذا الصغر . إن طاقة فضاء الكم قد تكون في الواقع موجبة أو سالبة . طبقا لطبيعة المجال . ولو أن الطبيعة نظمت الطاقات الموجبة والسالبة بحيث تلغى ، فإن النتيجة تكون صغرا . ولكن ذلك يتطلب عملية إمساك دوائر دقيقة للغاية على المستوى الكوني . ولما كان من غير المحتمل أن يحدث ذلك اعتباطا ، فإن الادعى ليستطيق أن تنصور ميكانيزم معينة يجبر وزن الفضاء على أن يكون صغرا .

من هذا المنخل تظهر فكرة ثقوب الديدان في الصورة . فاحد المجالات التي تساهم فيها طاقة فراغ الكم هو المجال التصادفي . والذي تسبب الاضطرابات الكمية فيه ليس فقط في خلق ثقوب ديدان وليدة ولكن تشوهات أخرى في هندسة الزمكان . بعض من تلك التشوهات تكون على شكل « كون وليد » متكامل ، مرتبط بزمكاننا بواسطة ثقب دودي . كما لو كان حبالا سريا . كل ذلك يحدث على مستوى ميكروسكوبي بالغ الصغر . وعلى المرء أن يتخيل تلك التشوهات في اضطراب دائم . أحيانا تنفصل عن كوننا حين ينقطع الحبل السري ، وأحيانا أخرى تمتص لآنية في زمكاننا حين تغيب تأثيرات الكم .

والتأثير التراكبي لذلك هو تجميع كوننا بشيء أشبه بمفاتيح عارية من فضاءات دقيقة في حركة دائية . كل فقاوعة هي في الواقع كون متكامل من فضاء وزمن . أشبه بصورة الأكون المتوازية التي عرضنا لها سابقا . ولترتبط هذه المفاتيح بكوننا بالتقريب الديداية . وكما قلنا يبلغ قطرها جزءا ضئيلا من قطر نواة الذرة . ومن ثم لا يمكن رؤيتها مباشرة .

كيف يؤثر ذلك في طبيعة الفراغ ؟ لقد قام ستيفن هوكينج من كامبريدج وسدني كولمان من هارفارد بحسب تأثير تلك الشاكلة الغريبة من الزيد على وزن الفضاء المنبثقة به . وقد اعتمدت حساباتهم على مبدأ عام من مبادئ الفيزياء يطلق عليه مبدأ الفعل الأقل *the least action* ومفهومه أنه ما من تغير يحدث إلا ويكون بحيث يستهلك أقل مجهود . فكرة البلياردو مثلا تسلك الخط المستقيم . ولا تجهد نفسها في السير في طريق متعرج ما لم تؤثر عليها قوة تجبرها على ذلك . هذا المبدأ المتعلق بالكسوف من الطبيعة حين يطبق على تبدلات الثقوب السوداء يعني أن الأكون الوليدة ذات الطاقة الأقل هي المحبذة من ذات الطاقات الأعلى . وأكثرها تحبذا هي ذات الطاقة الضعيفة . وعلى ذلك فالمستوسط المتوقع لطاقة الفراغ الكمي تكون قريبة من الصفر . وهذه القيمة تتخلل كوننا من آلاف الأكون الوليدة التي تترايط معه .

ولو صحت هذه الحسابات . فستكون قد وصلنا إلى نتيجة غريبة . فنحن نعلم السافج بأن وزن الفضاء صفر قد اتضح صحته . لكن ليس للسبب الذي داور بخلعنا . فالسبب ليس له علاقة بالخود . ذلك لأنه حتى الفراغ الخاوي يحتاج بالنشاط الكمي . أما انعدام الوزن فيسبب الزمكانات الطفيلية التي تتعلق بكوننا عن طريق الثقوب الديداية . والتي لولاها لنداعى كوننا .

إن الموضوع . ذا الوزن . الذي أثرياه في القسم السابق ليبيين بجله مرة أخرى كيف تم تجاوز النمط الفكري النيوتوني . ذلك أنه في اظهار الأنشطة الكونية اتضح أن دور المادة هامشي . وأن النشاط الأساسي يأتي من قبل أقل كيئونات لامادية متصورة . نشاء من تقرب الكم المودية اللحظية . ليست سوى زيد من الفضاء الخاوي تشكل على هيئة أنفاق . وغدد . وجصور نصف حلقية . وأنه فقط بسباح من الخواص المتميزة لهذا الزيد تمكن للمادة أن تمارس تأثيرها في الكون . ذلك لأنه لو كان وزن الفضاء ليس قريبا من الصفر بدرجة لا تصدق . لكأن طاقة الكم للفراغ هي المسيطرة على ديناميكية الكون . وليست الجاذبية .

في الفصول السابقة بينا كيف أن ثورة الكم والنسبية غيرتا من صورة الطبيعة من ساعة مضطربة إلى شيء أكثر هدوءا وهدوءا . ولكن هذا التغيير لا يذكر بجوار تأثير ثورة المعلوماتية الجديدة . لقد سبق وذكرنا في الفصل الثاني أن نظرية العالم للكون الفيزيائي . تبدلت لتكون بدرجة من تأثر كمجموعة من التورس الميكانيكية . وبدرجة أكثر كظام لمعالجة المعلومات . لقد ول عصره جسيمات المادة الصماء . ليحل محلها . يتات *bits* (١) للمعلومات . هذه هي الصورة التكنولوجية التي تبرع للكون . نظام معقد يحتل فيه العقل والذكاء المعلومات مكانا أسس من المكونات المادية . لقد آن الأوان لتلقى نظرية علم الحياة . والعقل . والذكاء . ليس بالعلم البشري الضيق . بل في مضمار كوني .

هوامش الفصل التاسع

(١) تسمى النسبة المذكورة « خد شاندراف سيخار » وهي تطلق بالتعريف أورا مرة قدر كتلة الشمس . وقد حاز شاندراف سيخار على جائزة نوبل عام ١٩٨٢ = (انترجم) .
(٢) حرف من لو X . يعني أنه مصدر لأشعة أكس = (انترجم) .

(٣) ولو أخذت سلك الورقة في الاعتبار . فيكون عليك تصور شيء ثلث خلاله لتفسير مسافة العبور من أحد الأوجه للوجه الآخر .

(٤) البت (أو البتة) هي وحدة المعلومات في علم الحاسوب . وهي مشتقة من *binary digit* . بمعنى « رسم ثنائي » = (انترجم) .

ومع بزوغ شمس العلم الحديث ، وخصوصا الاطار الفكرى لتبوين هجر المذهب الغائى (على الأقل فى غير البيولوجى) واستبدال به مفهوم الساعة الكونية . ومع ذلك ، ففي أكثر الأزمنة انغراقا فى الآلية والمنطق المجرد ، ما فثنت بعض الأفكار القليلة تطل برأسها لتمس وترا لدى نطاق عريض من الناس فى العصور الحديثة ، تنبع من مفهوم (٢) Gaia ، المفهوم الذى يفترض أن الأرض ذاتها ، من منظور معين ، يمكن أن ينظر إليها ككائن حي ذى وحدة واحدة .

وليس من موضوع يتعارض مع هذا النمط من التفكير أكثر من لغز الحياة . فمن الوجهة الآلية الصرفة ، فإن الكائنات الحية ليست الا آلات . وإن كانت آلات مدعلة التعقيد . كما نظر لتطور الحياة بنفس المنطق كصورة من صور الآلية . ولكن أضيف لها عنصر خلاق خلال التغيرات العشوائية . ويقبل أغلب البيولوجيين أنه ما أن دبت الحياة ، حتى أصبح التغير الجينى العشوائى والانتخاب الطبيعى كفيلىن وحدهما بالوصول بها الى كافة الصور التى صارت إليها . أما فيما يخص بأصل الحياة ، فالمشكلة أعقد . ومن المفترض على نطاق واسع أن احتمال العمليات الفيزيائية الدقيقة التى أدت الى ظهور أول كائن حي ضئيل للغاية ، أنها على أى الأحوال محاطة بالأسرار . ومن هذا المنظور يمكن أن تعتبر مقصورة على الأرض . حيث أنه من غير المحتمل أن تكون قد تكررت فى أماكن أخرى .

وعلى النقيض من هذه الفلسفة ، تدفع الآراء الحديثة الى الاعتراف بالقدرة الخلاقة والتطورية لأغلب العمليات الفيزيائية . فالحدود الفاصلة بين ما هو حي وما هو غير حي لا يمكن أن تكون قاطعة . وأصل الحياة ليس الا خطوة (وإن كانت ذات خطر) فى طريق تطور المادة نحو التعقيد والانغراق فى التنظيم . ولو كان للطاقة والمادة خصيصة نزوع كامنة للتنظيم الذاتى ، فإن الاحتمال يكون قائما على الدوام لتكرار ظاهرة الحياة مرات ومرات . طالما توافرت الظروف الملائمة . وفى هذه الحالة فيمكننا تصور حياة فى كواكب أخرى ، بل وصور عاقلة منها . وسوف يعتبر اكتشاف الحياة فى مكان ما من الكون دعامة قوية لمطلق ما يعد الآلية . على أن يثبت طبعاً أن هذه الحياة الغريبة ، قد نشأت حقاً على استقلال .

وقد مكنت التطورات الحديثة فى علوم الفضاء من وضع أول خطة منهجية بدائية للبحث عن الحياة خارج الأرض . وتشمل المواضيع المتارة

الفصل العاشر

الكون الحي

اعتقدت ثقافات عديدة أن الكون كائن حي . فإرسطر المعروف بشعفه العميق بالبيولوجيا ، كان متأثراً بحقيقة أن الكائنات الحية تحفز بأهداف محددة . بحيث تشكل أفعالها جزءاً من خطة موجهة لحر هدف سابق التحديد . فعلى سبيل المثال . حين ترى مائراً يمشى عشياً . يكون من الواضح أن لهذا الفعل علاقة بوضع البيض والعناية بالصغار . وكونه واعياً لما يفعله أمر خلافى . ولكن بالتأكيد ليست المعالة عشوائية ، فهو لا تعمى الا على ضوء الهدف النهائي .

ومن المثير أن نعري ما يحدث فى دنيا الكائنات الحية الى الطبيعة ككل . وكثيراً ما يستخدم الناس لغة توحى بالهدف مجازاً . فنقول : يبحث الماء عن الوصول لمستواه ، أو يحاول الجو التحسن . وفكرة كون المادة عنصرها به حياة . بدلاً من كونها شيئاً أصم تدفعه القوى العمياء ، يرجع الى شيء كامن فى تكويننا .

لاحظ كيف أن الأطفال يتفنون قصصاً تشخص فيها العوامد مثل القطارات والسيارات وحتى الجبال والسحب ، ككائنات حية ذات شخصيات ومشاعر . وطبقاً لما ذهب اليه أرسطو ، فالكون بأسره يماثل كائناً حياً هائلاً . يتجه نحو هدف كوني معين . هذا المذهب يعرف بالغائية teleology (١) . وهو يرى أن كل عملية من عمليات الطبيعة موجهة نحو غاية معينة .

أهمية بالغة لتشكيل نظرتنا لأنفسنا وللحياة الطبيعية من حولنا ، كما أنها ذات مؤشرات مباشرة لحاجتنا لأطر جديدة للتفكير . ولكن قبل أن نبدا البحث ، علينا أولا أن نعرف جيدا ما الذي نبحث عنه ، فما الحياة حقا ؟

ما الحياة ؟

لا يمثل الحياة صعوبة في التعرف عليها حين ننظر بها على الأرض . فالبشر ، والفيران ، والفطريات ، والميكروبات ، هي كائنات حية بلا جدال . ولكن ، ما الخصائص المشتركة لها جميعا ؟ إن الخصائص المتعارف عليها للحياة هي القدرة على التكاثر ، والاستجابة للمؤثرات ، والنمو . والتشكلة أن كثيرا من النظم غير الحية تشترك مع الحية في بعض من هذه الخصائص (٣) . فالنيران تتكاثر ، والبلورات تنمو وتتكاثر ، والغلافيع تتراكم حين تقرب منها ، مستجيبة للمؤثرات الخارجية .

والأكثر من ذلك ، فإنا ما أن نهبط إلى مستويات أدنى من مستوى الحياة العادية ، بما يتجاوز حواسنا ، خاصة البصر واللمس ، يزداد الفرق بين ما هو حي وما هو غير حي غنوصا . والمثل التقليدي لذلك هو الفيروس . فعلى الرغم من حقيقة أن الأمراض الفيروسية تتضمن نشاطا بيولوجيا واضحا ، فإن الفيروس نفسه لا يحقق شيئا من الخواص المذكورة ، فهي لا تتكاثر بنفسها ، ولا بمعونة غيرها من الفيروسات . فالفيروس لا يتكاثر الا على حساب الأنشطة البيولوجية لما يغزوه من خلايا . وبمعنى آخر ، فهو يحول تلك الخلايا إلى خط إنتاج لحسابه . ومن هذا المنطلق يمكن اعتبار الخلية التي تمزقت لم تعد حية . حيث أنها فقدت القدرة على التكاثر . ولكن الفيروس المنعزل لا يزيد عن ذرة رعاد ، لا تختلف كثيرا في خواصها عن غيرها من المواد العادية عن مقدرة حيوية .

هذه المساعب تضطرنا إلى اللجوء لتعريف أكثر حلاوية ، بالتأكيد لابد من وجود درجة عالية من التنظيم . وربما يجدر بنا أن نتحول بالمرّة عن التفكير في الكائنات الحية منفردة ، ونوجه اهتمامنا للتأثيرات المتبادلة للأشكال المختلفة للكائنات الحية في مجموعها . وعلى الأرض ، يسمى ذلك المجال ، المجال الحيوي biosphere . فمن المشكوك فيه أن يتمكن كائن حي من العيشة في انعزال على سطح الأرض ، إنها الشبكة في مجموعها هي التي لها الصيغة الحيوية .

ويصعبنا ذلك ، من مزيج آخر ، للمفهوم الخلوي لتعدد صور الحياة على الأرض كعناصر لكائن حي واحد . وهو جوهر فرضية Gaia . ونسب الفكرة إلى جيم لوفلوك Jim Lovelock ، وأثارت على الفور جدلا حادا بين البيولوجيين والبيثيين . ولكنها أثقت في بعض القطاعات شكل الدعوة ، أحيانا في تزيف لم يقل به لوفلوك نفسه . وليس المقام بكاف لعرض تفصيل لهذا الجدل . ولكننا نريد بالقول أن لبين أن مفهوم Gaia يقع مولعا طبيعيا من مفهوم التمتع ذاتي التنظيم . ليس هذا فقط . لو أن أشكال الحياة على الأرض قد نظرت لها كعناصر لنظام واحد أكثر عقيدا ، سواء أطلق عليه ، المجال الحيوي ، أو Gaia ، فانه من المنصور أنه خلال التطور المستقبلي للكون قد يزداد التمتع ليشمل ليس فقط الكواكب المنفردة ، ولكن ظليا متكاملة من النجوم ، وفي النهاية ، لو منح الوقت ، مجرات كاملة ، في شبكة حية من التبادل الكوني . ولكن ذلك يقع في المستقبل القسي ، واهتمامنا منصب على الطرق الأخر من السلسلة ، كيف نشأت الحياة على الأرض ؟

عند عبه داروين ، والبيولوجيون تحت سيطرة مفهوم التطور التدريجي . فمن التسجيلات الأخرورية يمكن أن يستنتج أن الظروف الراضة للمجال الحيوي هو حاصل خطوات لا حصر لها نحو درجات أكبر من التمتع . والتكيف ، والفرضي . فعل سبيل المثال ، منذ خمسمائة مليون عام لم يكن هناك أي شكل من أشكال الحياة على وجه الأرض . ومنذ مائتي مليون عام لم يكن هناك كائنات ذات عمود فقري . والفهم الحيوية تضم أبسط صور الحياة الجهرية ترجع لثلاثة بلايين ونصف البلايين من الأعوام . وبالنظر لهذا التطور من البساطة والتعقيد ، مع وجود الفيروسات التي تمثل الجسر بين ما هو حي وما هو غير حي ، فمن المفري أن ننصور أن أصل الحياة على الأرض لم يكن بدوره إلا خطوة من تطور أشمل . جزء من التطور الذاتي للكون . وعلى ذلك ، فهل كان من الممكن أن تخلق الحياة من الكيمائيات غير الحية ؟

أصل الحياة

إن قصة الخلق الذاتي للحياة لها تاريخ طويل . ومن الأمثلة المحببة لذلك ظهور برقات على قطعة لحم متعفنة طهورا ذاتيا . ولكن ليس ذلك ما تعنيه الآن بنشأة الحياة من مواد غير حية . فله أزلت أعمال لويس باستير مثل هذه التصورات الساذجة . أما دراسة الخلق الذاتي فتقع الآن تماما في مضمار علم البيولوجيا .

وقد اتخذت خطوة عملية لدراسة نشأة الحياة على الأرض بواسطة ستانلى ميلر Stanley Miller وهارولد يوراي Harold Urey من جامعة شيكاغو عام ١٩٥٣ . فى تجربة تعتبر الآن كلاسيكية - وقد ارتكزوا على فكرة أنه لو تكنا من خلق نفس الظروف التى يعتقد أنها كانت سائدة وقت نشأة الحياة عمليا ، فقد تتكرر نفس معجزات العمليات الكيميائية التى أدت لتخليق المواد الحيوية . وطبقا للأفكار التى كانت سائدة وقتها ، فقد ملاءم ضرورة بخار الميثان والهيدروجين والأمونيا والماء ، اختفادها أنها تمثل جو الأرض فى تلك الحقبة السحيقة . أما الجو الحال للأرض ، والمكون أغلبه من السيلوروجين والأكسوجين ، فهو يحتاج تطوّر طويل ، متأثر بعبور العمليات البيولوجية ، وهو إشارة معجزة لأن مجتمع مستكشف خارج الأرض لغابليتها لوجود الحياة على سطحها .

وتضمنت التجربة التى استمرت لعدة أيام إطلاق شرارة كهربية فى الدارورة ، تمثل الطاقة التى كانت تستمد من الصواعق آنذاك . وأخذ لون المحلول فى الاحمرار ، وحين حُلل وجد أنه يحتوى على مقادير لا بأس بها من جزيئات عضوية (٤) تسمى الأحماض الأمينية . والأحماض الأمينية ليست جسيمات حية ، ولكنها اللبنات الأساسية للبروتينات ، والتى هى عنصر أساسي للأجسام الحية . فبدخل خلاياك لترجم أكواد من حمض D.N.A بواسطة حمض R.N.A إلى جزيئات بروتينية عاملة . تقوم بوظائف الحياة . وهذا الأمر للبعض ، وكان ذلك فى مطلع الخمسينيات ، أن ميلر ويوراي فى طريقهما لاقتساح الحياة عمليا . ولا ننكر أن البون شامخ بين انتاج هذه أحماض أمينية وأول كائن حى متكاثر ، إلا أن اعتبار ملايين السنين التى مرت على الأرض تجعلنا نتصور أن هذا الحساء من الأحماض الأمينية قد تطور بالتنوع إلى جزيئات أكثر تعقيدا ، بينما الجزيئات العضوية تتدافع وتتجمع بطرق شتى .

ولكن للأسف ليس الأمر بهذه السهولة ، لسبب ذكرناه ثلثا . الا وهو حمض DNA ، فى نفس عام تلك التجربة الشهيرة ، قام فرانسيس كريك Francis Crick وجيمس واتسون James Watson (٥) من جامعة كامبريدج بوضع أول هيكل للحمض المذكور ، وهو الحارزون الأزودج الشهير ، مهددين الطريق نحو دراسات أعمق لوضع آلية التى تسير عليه الحياة على الأرض . وحتى ذلك الحين ، كانت هناك مدرسة محترمة تعتقد أن البروتينات هى سر الحياة ، ومن ثم فإن انتاج الأحماض الأمينية خليق بأن يكشف لنا عن ذلك السر . وبعد اكتشاف أهمية حمض DNA ، كان طبيعيا أن تحجم أهمية تلك الخطوة .

وتعتمد كافة صور الحياة على الأرض على هاتين المجموعتين من الكيمائيات ، الأحماض النووية والبروتينات ، وكلتاهما مكونة من الكربون والهيدروجين والأكسوجين . مع مقادير قليلة من مواد أخرى كالفسفور والكبريت . وتخلق البروتينات من عشرين نوعا من الأحماض الأمينية بترابيك مختلفة (ليس كل بروتين يحتوى على العشرين حمضا) ، وهى ذات دورين ، كمتعاصر بنائية ، وكمحطرات (يطلق عليها اسم « انزيمات ») للعمليات الكيميائية الجوهرية . ولولا وجود المحطرات لتسلطت العمليات الحية إلى أن تتوقف . والأحماض النووية هى المسئولة عن تخزين الكود الجينى ونقله . وهو كافة المعلومات من بناء الكائن وتشغيله . ويتضمن الكود كل التفاعلات لتخليق بروتين معين أو الزيم معين . وأحد الأحماض النووية ، وهو D.N.A. يأخذ شكلا أصبح مألوفاً ، وهو سلسلة طويلة من حارزون مزدوج ملتف . وهو موجود حيث يراد فك شفرة نسخ الكائن أو تشغيله .

وتتكون المواد غير العضوية ، كالماء والهواء من ذرات عنصرين أو ثلاثة مترابطة بقوة التجاذب الكهربائية . أما جزيء الـ D.N.A. فقد يتكون من عدة ملايين من الفئات . وفى الواقع ، فكل خلية فى جسك تحتوى على ما طوله ، حين يمد إلى نهاية الطرارة ، مائة وثمانين مليوناً من الـ D.N.A. وتنظم كل هذه الفئات ليس عشوائيا ، بل بترتيب غاية فى التعقيد . فتغيير قليل فيه يؤدى للفرق بين الغيل واليعوضة ، أو بصورة أكثر غموضا ، بينك وبين الشمبانزى . والتنوع المسجل لصور الحياة على الأرض يعكس التنوع فى ترتيب تلك الوحدات البنائية .

وفى الواقع ، فإن عدد طرق ترتيب ذرات الكربون والأكسوجين والهيدروجين فى سلسلة D.N.A. كبير بشكل لا يتصور ، واحتمال تكوين عشوائى لحمض يملك التعقيد يحل شفرة الجنس البشرى هو غاية فى الصعالة . ولو أن هذا ما حدث بالفعل ، فإن الحياة تكون معجزة بمعنى الكلمة .

ولكن ماذا عن الانتخاب الطبيعي لداروين ؟ ألا يمكن لهذه العملية وسبها أن تكون مسئولة عن هذا التعقيد ؟ للأسف ، أن التأثيرات النظرية التقليدية تعجز عن دفع الحساء قبل الجوى تجاه مائة حية حقيقية .

ثم نرانا يجب أن نستطرد فيما بينه كوبرنيكس . ونقول ان الحياة بدورها
نتاج عادي لتطور كوكب كالارض ؟

لو كانت الحياة تنشا تلقائيا بالفعل حين توجد الظروف المواتية ،
فإن بحثنا عن مخلوقات كونية يتحول الى البحث عن مواضع تتحقق فيها
تلك الظروف . فيما أن يوجد كوكب شبيه بالارض في مكان ما من المجرة .
حتى يبدأ ديمية صورة ما من الحياة . طبقا لوجهة النظر هذه . ولكن
بحثنا في المنطقة المجاورة لنا غير مشجع . نضيقات ارضا الأرض الثماني
في المجموعة الشمسية يختلف جميعها عنها في مسألة استضافة
الحياة . ولكن مع ذلك ، فلم يتم استبعادها تماما .

فلو كانت طويل كان المريخ اقوى مرشح لوجود حياة شبيهة بما على
الارض في عائلة النظام الشمسي . فجوهره وإن كان لا يقارن في قسوته
بجو الأرض ، فهو أشد برودة وأخف بكثير من جو الأرض . إلا أن صورا
من الحياة توجد على الأرض في مثل تلك الظروف . ويمكنها بلا جدال
العيش على سطحه لو نقلت الى هناك . والاكتر من ذلك ، لقد وجدت
شواهد على أن الماء ، وهو مكون أساسي للحياة ، قد وجد هناك منذ وقت
بعض .

ومن المهم أن نتذكر أن الحياة تطورت على الأرض في أشكال
متعددة ، كل منها تكيفت ببراعة مع الظروف الفيزيائية الخاصة ببيئتها
الخاصة . رغم أن تلك الظروف قد تختلف اختلافا بينا على سطح الكرة
الأرضية . فالكثيرا مثلا يمكنها أن تعيش وسط حياة من الماء المغلي ،
بينما تعيش كائنات ميكروبية في وسط جليد التاركتيكا ، حيث لا تختلف
الظروف كثيرا عنها على المريخ . وحتى لو كانت الظروف الحالية غير
قادرة على الاحتفاظ بشكل من الحياة على سطح المريخ ، فإنه من المتصور
أن تكون الحياة قد ظهرت في مرحلة رطبة سابقة من تطور الكوكب . ثم
تكيفت الى الظروف الحالية التي نراها غير ملائمة للحياة .

وقد كان المريخ عرضة لمخاطر استكشاف طويلة للبحث عن الحياة
فيه . كجزء من مهام المركبتين اللتين هبطتا على سطحه في أوائل السبعينيات
من سفينتي الفضاء فايكنج . وقد أجريت أربع تجارب للكشف عن تأثير
كائنات حية على تربته . كذلك التي تعيش على سطح الأرض . وقد أدت
أحدى هذه التجارب لنتائج ايجابية ، والآخرى لنتائج سلبية . وأدت
اكتشاف لنتائج محيرة وغير مترقعة . ولا تنفي نتيجة سلبية وجود الحياة .

مفهوم الفرد الأقوى . والاكثر تكيفا ، والذي يملك مزايا على اقرانه .
ويكمنه بالتالي البقاء وشغل البيئة بنسل أكثر منهم . من الصعب تصوره
لجزئيات غير حية لا تملك التكاثر بنفسها على أية حال .

والنقطة من الأحماض الأمينية الى البروتينات لا يعرف عنها الا القليل
اليسير . وأقل منه عن أصل الأحماض النووية . ويتصور أن نوعية ما من
حساء ميلر يوداي البدائي يمكنه ، لو ترك على حاله ، أن يجد نفسه
منتجا آليا الى النوع الصحيح للتركيب الجزيئي . فعلى سبيل المثال ،
يتسبب فعل الانزيم المكون عشوائيا في تركيز نوع ما من الجزيئات بدرجة
أكبر على حساب أنواع أخرى . ولو أن هذه الجزيئات بدأت في تكوين
ذات الانزيم الذي ساعد على تفضيلها ، فإن الدورة تصبح متوالية في
اتجاه البقاء الذاتي . وعن طريق دورات مشابهة يمكن الصعود الى درجات
أعلى وأعلى من التعقد الى أن يتخطى الأمر في النهاية عن أول جزيء
هائل الحجم مستطيع التكاثر . وتسهل السيرة بعد ذلك ، حيث يبدأ ذلك
الجزيء في تحويل الحساء من حوله الى نسخة من ذاته . بعد ذلك يفتح
المجال للتطور كما ارتقاء داروين ليقوم بنشاطه .

هل هكذا بدأت الحياة ؟ هذا ما يدعيه كثير من العلماء . ولو صح
زعمهم ، فإن الخلق المباشر من الكيمياء الحية يكون أيسر من أن يتر
كل ذلك العجب . إن عمر الأرض لا يزيد عن أربعة بلايين عام ونصف
البليون من الأعوام . وظلت لمدة ملايين من الأعوام عرضة لضربات عنيفة
من الصواعق والشمس ، بينما تسجل أقدم حفرة لحياة أولية ثلاثة بلايين
ونصف البليون من الأعوام . الأمر الذي يبين أنه ما أن تكونت الأرض
حتى بدأت رحلة الحياة . هذا التناوب دفع بالكثير من العلماء الى الاعتقاد
بأن الحياة تطورت تلقائيا حتى لعمليات فيزيائية مناسبة ، صورة بديلة من
المادة تنزع طبيعيا حين تجد المادة الخام المناسبة . وإذا كان الأمر كذلك ،
فإنه يكون من الواضح أن الحياة أبعد عن أن تكون ممجزة . بل هي
بالأحرى إحدى الظواهر الطبيعية الشائعة للكون . وأذن ، فإين هي ؟

عوامل من وراثتنا

منذ عصر كوبرنيكس ، لحسن قرون خلت تقريبا ، والبشرية لا تفنا
تنقل دوسا بعد الآخر يلقنها أنه ما من شيء متميز حول الأرض . فهي
مجرد كوكب عادي بالقرب من نجم عادي في منطقة ما من مجرة عادية .
هل لنا أن نتصور أن نشأة الحياة هي استثناء من هذه ، الوسطية ، ؟

بل فقط تعنى علم اكتشافها (٦) . والنتيجة الايجابية يجب ان تؤخذ كتأكيد لوجود الحياة . ولكن مع القموض في التجريبتين الأخريين فان ذلك ينير احتمال وجود عيب في اجراءات التجربة . ومن ثم فلا يجب الأخذ بها على علانها . ومن هذا المنطلق كان حذر أغلب العلماء . فهم يذهبون الى القول بوجود نشاط كيميائي على سطح المريخ . ولكنهم لا يحازفون بالقول بوجود نشاط لكيمياء حيوية . وعلى ذلك ، فعل ضوء نتائج سفينة الفضاء فايكنج ، ما زال موضوع الحياة على المريخ مفتوحا . رغم أن الصور المرسلة تبين أنه ، على الأقل بالقرب من المركبتين ، لا توجد اشجار او حيوانات .

ولعل الامل يكون أكبر على سطح المشتري . وفي القمر الهائل تيتان للكوكب زحل . وكلاهما موضوع لسلسلة الرحلات الفضائية فوياجر في الثمانينيات . ويعتقد الكثيرون أن الظروف على سطح المشتري ، رغم برودته الفائقة ، تشابه مع الظروف البدائية للأرض : فكميات غازي الامونيا والميثان ، مع العواصف والأعاصير العنيفة تشابه ، من منظور معين ، تجربة ميلر - يوراي على نطاق هائل . كما أن تركبته متعددة الطبقات تعطي ظروفًا كيميائية وفيزيائية مختلفة واسعة المدى . قد توائم بعض منها ظروف الحياة . بل ان اللون السائد في بعض أحزمة المشتري ، وهو اللون الأحمر الضارب للصفرة ، هو نفس اللون الذي تنخفض عنه تجربة ميلر - يوراي .

وبالنسبة لتيتان ، والذي وجد باردا لدرجة تدعو للاحباط ، له جو كثيف من النيتروجين . ومن المحتمل أن تكون له بحار من النيتروجين السائل . وهو يشبه صرورة من الحساء الجوى في حالة برودة شديدة . وضع في حالة تخزين بالتبريد حين تكون النظام الشمسي منذ أربعة بلايين من الأعوام . ولكن الشمس ، طبقا لأكثر التوقعات الدلالية اعتيادية ، سوف تعزاه حتما لتصبح عملاقا أحمر . وتضع بالتالي قعدوا أكبر من الطاقة ، فهل سيكون ذلك بمثابة أخراج تيتان من ذلك التبريد العائق وقدفتته الى الحالة التي تعتبر مثالية لنشوء الحياة ؟ ربما يكون الفرق بيننا وبين بقية أعضاء النظام الشمسي من حيث وجود الحياة ، فرقا زمينيا وليس مكانيا .

واعتبر بقية أعضاء المجموعة أقل وعدا بوجود حياة فيها . ويمكن الامل الحقيقي الآن في نجوم أخرى . ونبتوى مجرتنا وحدها على بلبلون

شمس . العديد منها يمكن أن تكون مصحوبة بتتابع تشبه أرضنا ، وتجعل منها مكانا ملائما لنشأة الحياة . وحيث أن أقوى تلسكوباتنا (عدا التلسكوب الفضائي هابل حين يتم اصلاح ما به من عطب) غير قادرة على الكشف عن مثل هذه التتابع ، فان الامر يظل في طي الافتراضات فقط . وعلى الرغم من اختلاف الآراء حول العدد الممكن للكواكب التي لها ظروف تشبه الأرض ، وحول مدى القرب اللازم بالضيء من ظروف الأرض يجب أن يكون عليه كوكب مأهول . فالعدد هائل بدرجة تدعو للدهشة لو أن قدرا منها ليس مأهولا بالفعل ، حتى لو كان ذلك القدر لا يزيد عن نسبة مئوية ضئيلة . فهذا القدر يمثل بالنسبة لمجرتنا وسط عدة ملايين من الكواكب مؤهلة للحياة كما نعرفها . ناهيك عن بقية المجرات .

مثل هذه الافتراضات ، مع ذلك ، تنبع من نظرة تعصبية للذات . فلماذا يجب أن تنفق البيولوجيا الغريبة مع معطياتها على الأرض ؟ ألا يمكن للحياة أن تتخذ صورا شتى ، ليست بالضرورة مكونة من البروتينات والاساس النووية ؟

ان حمض دنا ، ما عدا الا واحد من صور لا تحصى من السلاسل الجزيئية الطويلة المؤسسة على كيمياء الكربون . فمن الذي يمكنه توقع التكوينات الأخرى ؟ هل من حقا أن نجزم بأن هذه التركيبة بالذات هي الوحيدة التي تحتل أساس البيولوجيا ؟ وماذا عن العناصر البديلة للكربون . كالسيلكون ؟ فعنصر السيليكون مثلا ، رغم كونه ليس في تعدد مزايا الكربون ، يمكنه ان يقوم بنفس الدور كيميائيا . ان الصور المتاحة من مصادر الطاقة والتفاعلات الكيميائية ، لتؤدي بنا الى أن نعتبر بدائل لا حصر لها . ولكن كونها حيا افتراضية ، فهي لا يمكن أن تؤخذ بجدي . والسبب الوحيد في اخذنا لنموذج البيولوجي المشي على دنا ، هو اننا نعرف كيف يعمل على الأرض .

ولو أن الحياة تأسست بالفعل على كيمياء بديلة ، لأمكنها ان تزدهر في اشد البيئات شذوذا . وقد أطلق عنان الخيال لصور شقيقة عن كائنات تسبح في بحار النيتروجين على سطح تيتان ، وتزحف في صحاروات المريخ الجرداء . ولما وراء النظام الشمسي ، يمكن لبلايين من الكواكب ان تقدم شتى الصور الغريبة من أشكال الحياة . وفي الواقع ، فان تقبل فكرة الكيمياء البديلة بلغنا الى استبعاد الا توجد إحدى صور الحياة على كل كوكب من الكواكب . فان النظم الذاتي والتعقيد اللذين يشلان

حتى النظم البيولوجية لا يتطلبان أولا وأخيرا سوى نظام مغنوح تسري فيه الطاقة والانتروبيا ، ومصدر مناسب للطاقة (وهو ما يعنى عادة فرقا في درجات الحرارة) .

حياة بدون عوالم

وقد تجاوز بعض العلماء حتى مفهوم الكيمياء الغريبة ، واقترحوا فكرة وجود حياة في مكان ما مؤسدة ليس على الكيمياء بأسرها ، بل على عملية ما من عمليات الفيزياء المعقدة . والمثال الواضح هو ما قصه فريد هويل Fred Hoyle في قصته الخيالية ، السحابة السوداء The black cloud . فقد تصور هويل في هذه القصة سحابة ضخمة دقيقة من غاز بين - نجمي تمثل كائنا مفكرا هادفا ، يتحرك بين النجوم ليبتغذى على الطاقة المتاحة .

وفي السنوات الأخيرة أسس هويل نظرية مفصلة مبنية على هذه الفكرة ، وبالتعاون مع تشاندرا ويكراماسينج Chandra Wickramasinghe . يذهب الآن الى أن الحبيبات الجهرية التي تكون عادة مثل تلك السحب بين - النجمية (والتي يتفحصها العلماء مستخدمين الأشعة تحت الحمراء) هي في الحقيقة بكثرتها متحولة داخل أغلفة واقية ، ويتحدث الاثنان الفكرة التقليدية بأن الحياة قد نشأت على الأرض ، وأعادوا الحياة لنظرية قديمة وضعها هند مائة عام العالم السويدي سفاثت أولنيوس Svante Arhenius . وهو الذي قام ، بالإضافة للعديد من الأعيال الأخرى ، بعمل حسابات مفصلة عن ظاهرة السحابة الخضر . وقد ذهب أرثنيوس الى أن الحياة قد تكون منتشرة خلال المجرة على شكل كائنات مجهرية محمولة على ذرات غبارية وتحرك بدفع أشعة الضوء . وفي صياغة هويل - ويكراماسينج ، فإن أعداد هائلة من كائنات مجهرية مختلفة الأنواع تغزو الفضاء بين النجمي ، مستعدة لاكتساح أى جسم مناسب ، ككوكب أو مذنب . وقد يقسم هذا بشكل جميل كيف بدأت الحياة على وجه الأرض بهذه السرعة بعد بدء تكوينها ، وما يتضمنه ذلك من أن كواكب أخرى قد تكون قد غرقت بالحياة يمثل هذه السرعة . وبإعطاء الكيمياء قبل الحيوية بلايين من السنين تدارس خلالها نشاطها على مادة السحب بين النجمية قبل أن يؤذن حتى للأرض أن تتكون ، تجعل النظرية من موضوع الحياة تبرز من اللاحياة بمجرد الصدفه أمرا اقرب للتصديق (٧) . ولكن من الصعب إعطاء وزن كبير على المفهوم الافتراضي لهويل ويكراماسينج بأن أرضنا تغزوها باستمرار كائنات مجهرية من

الفضاء . مسئولة عن الموجات الوابئة لأعراض كالانفلوانزا * والاختناز الجوهري مثل هذه الأفكار هو وجود (أو عدم وجود) حياة على كوكب المريخ . فحيث أن هذا الكوكب هو المرشح الأول لغزو من هذا القبيل - رآه من الصعب تخيل كائنات مجهرية يمكنها أن تقاوم الظروف القاسية للفضاء بين - النجمي لتصل في نبيت أقدمها هناك - فإن كل نتيجة سلبية لاختبار وجود الحياة على المريخ يحسب على النظرية .

كيف ان يمكن استكشاف الحياة خارج الأرض ، اذا كانت بقية كواكب النظام الشمسي غارية منها ؟ فسأبرنا الفضائية لن تجتازها في مستقبل قريب . فإذا ما افصح علم شيفاننا من كواكب النظام الشمسي ، هل معنى ذلك أن يظل الموضوع في طلي الخيال العلمي ؟ ربما لا ، حيث انه يوجد طريق آخر لاختبار التصور باننا لسنا وحدنا في الكون .

الغرباء في الكون

وغم ان اكتشاف أصغر ميكروب فضائي سوف يغير لنا ما من نظرة البشر للكون ، فإن العجب الحقيقي يحيط بإمكانية وجود أشكال أخرى للحياة المماثلة ، ومجتمعات غريبة متقدمة لتكنولوجيا . وقد سار كتاب الخيال العلمي طويلا وراء هذه التطلعات ، وربما ساء بهم بعض العلماء . ولكن ، ما الحقائق ؟

على الأرض ، يبدو أن الذكاء مقرون بقيمة عالية للبقاء ، وأنه نتيجة تلقائية لضغوط التطورية . والذكاء ليس مقصورا على الانسان ، فهو موجود في غيره أيضا كالدلافين ، ومن السهل أن ندفع للاعتقاد بأنه ما أن تسب الحياة حتى تنطور تدريجيا وتلقائيا الى صور أكثر تعقيدا ، بحيث انه حين يشتد الصراع من أجل البقاء ، يتسب السدوك الأكثر ذكاءا افضلية أكبر في عملية الانتخاب . وفي الواقع ، فالفترة من وحدة الخلايا الى الانسان تبدو أكثر قربا للفهم من الفترة من الحساء قبل الحيوى الى حطن دون - ١٠ . وطبقا لفلسفة كهذه ، اذا ما كانت الحياة منتشرة في أرجاء الكون ، فكذا يكون الذكاء ، وربما أيضا التقدم التكنولوجي . هي نتيجة تفتح باب الأمل في امكانية جديدة تماما للكشف عن الحياة خارج الأرض . فبدلا من البحث عن صور الحياة ذاتها ، يمكن البحث عن آثارها التكنولوجية .

والافتتاح بوجود صور مختلفة (وربما ذكية) من الحياة على سطح الأرض بمجرد رؤية تل للناس - دون رؤية سلة واحدة هو نوع من قصر النظر . وهذه حافة عماء ، كان الفلكي برسيغال لويل Perceval Lowell مقتنعا ان مجتمعا متقدما قد أنشأ شبكة قنوات على سطح المريخ - وللأسف ! فان الأشكال المبهمة التي نراها من خلال تلسكوبه انضح أنها تنتمي للأنفعالات النفسية أكثر من انسابها الحقيقية لبرقية ، ولكن مبدأ استخدام التلسكوب للبحث عن آثار حضارات أخرى لا تزال قائمة .

كيف يمكن لمجتمع بعيد أن يكشف عن وجوده لنا ؟ أن أقرب نجم (بعد الشمس) يقع على بعد أكثر من أربع سنوات ضوئية (حوالي ٢٤ مليون مليون ميل) ، وأكثر الآراء تفاؤلا لا تتوقع مجتمعا ذكيا أقرب من عشرة ، أو حتى مائة سنة ضوئية ، ورصد مثل هذه الحضارات بصريا أمر خارج عن المناقشة .

والأسلوب الأكثر مدعاة للتفاؤل هو الرصد اللاسلكي . فالتلسكوب الراديوي له قدرات وكفاءة تفوق زميله البصري ، جزئيا بسبب طريقة تجميعها بحيث تضاعف القوة الرصدية - فبعض مثل تلك النظم تكون مكافئة لحوالي بحجم الكرة الأرضية بأكملها . وللأسف ، قدما من جهاز على سطح الأرض له حساسية تمكن من التحدث على إشارة في مستوى ما لتلقط أجهزة التفاضل والمضيق المنزلة ، حيث أن الانقطاع يتم من كافة المصادر المحيطة بالكرة الأرضية . ويختلف الأمر كثيرا لو تركز الانبعاث من مصدر بعينه ، وللتلسكوب اللاسلكي المركب في المرصد الراديوي بالقرب من أريكيبو Arecibo بدولة بورتوريكو مقدرة على الاتصال بجهاز مماثل في أي مكان بالمجرة ، لو فقط علم في أي اتجاه نتوجه بالارسال أو التحدث . فالتكنولوجيا الأرضية الآن قادرة على إقامة اتصال مع أية حضارة توازينا تقريبا في المجرة . وقد سيطرت فكرة التداخل عبر اللاسلكي على خيال كثير من العلماء وغير العلماء على السواء . ولم كونها مدعاة للكثير من الاعتراضات . فما الذي يدفع « هؤلاء القوم » لتحشد الإرسال لنا ؟ وكيف يعلمون بوجودنا أصلا ، وأن لدينا من التكنولوجيا ما يمكننا من استقبال اشاراتهم ؟ وعلى أية حال ، فما الحدود من مثل هذا الاتصال طالما أن سرعته محدودة بسرعة الضوء . فتستغرق الرسالة بذلك عقودا ، أو أكثر ، من السنين ؟ وأيضا ، لماذا يستخدم « هؤلاء القوم » اللاسلكي ، وليس تكنولوجيا أكثر تقدما لم نوفق

لاكتشافها بعد ؟ ربما تكون هناك شبكة اتصالات كونية تعمل بالفعل بين حضارات أكثر تقدما منا ، ونحن لم نر وأين لها .

البحث عن مخلوقات الفضاء

لم تخط هذه الاعتراضات من عزية اتصال الاتصالات الفضائية للأسباب الآتية ، أن عمر الأرض الآن ٤.٥ بليون عام - حوالي ثلث عمر المجرة لا غير . وقد تطلب الأمر ١ بلايين عام لتطور الحياة على الأرض من الكائنات المجهرية إلى عصر التكنولوجيا الحديثة . فلو أن الحياة قد تطورت بهذه السرعة في الكواكب التي سقت الأرض في التكون في المجرة ، فإن تقسيم التكنولوجيا سيكون قد ازدهر قبل تكوين الأرض بعدة طويلة . والإمكانات المحتملة لحضارة سبقت الأرض بألاف ، أو ملايين ، أو حتى آلاف الملايين من السنين لا يمكن تخيلها . ولعل مسألة مثل مخاطبة كل نظام تجنبي في المجرة تعتبر قائمة بالنسبة لهم . أما عن معرفتهم بنا ، فلا تنسى أننا قمينا في بحث اشارات لاسلكية عبر الفضاء تعمل في التشاؤم إلى خمسين سنة ضوئية حتى الآن ، وما من شك في أن حضارة بالتقدم الذي تصوره قادرة على أن تحس بهذه الضوئيات التي بثت في الفضاء ، حتى لو كانت إمكاناتها نحن لا تسمح لنا بذلك . ويتوقع يبلغ آلاف وآلاف السنين . فاعل عدة عقود في مدة التراسل مقبولة لهم . حتى ولو كانت فترة حياة الفرد منهم في مثل عمرنا المتوسط . وهو أمر خلاق بلا يعنقه به . وبالإضافة لذلك ، فإن مجتمعا بمثل ذلك التطور ، حين يحاول إقامة اتصال بمجتمع ما يزال يحبو في تطوره التكنولوجي (نحن) ، فبالأكيد أنهم سيصلحون إلى أكثر الوسائل احتمالا ، وهو اللاسلكي .

ولو افترضنا أن شخصا ما هناك يحاول الاتصال بنا ، فإن العقبة الكبرى في استخدام اللاسلكي عن اختيار ذبذبة التراسل . فمع الذي اللاسلكي بأكمله ، كيف لنا أن نعرف الموجة التي سوف يخاطبونها عليها ؟ في هذا الخصوص قدم جيوسي كوكولي Giuseppe Cocconi وويليس موريسون Philip Morrison من معهد Massachusetts Institute of Technology معهد التكنولوجيا بملسايتوتش اقتراحا وجها . أن أي مجتمع له خبرة في مبادئ الفلك الراديوي يجب أن يكون على دراية بالخلفية الراديوية التي تصورها سحب الهيدروجين حول الأذرع اللولبية لجرة درب التبانة . أن هذا ، الهيس ، هو أول ما يسمعه وأصد لاسلكي . فأي تردد أكثر منه تلقائية في الاستخدام في الاتصال عبر الفضاء

الفضاء البشري

(أو ربما نصفه أو ضعفه لتتلافى تداخل ذلك «الهيمس») يمكن اختياره ؟
هنا إذا كان رفاقنا في الفضاء يفكرون في نفس حيط كوكبوني
وموريسون ...

وقد بلغ الحاسي للاتصال بالمخارقات الفضائية بعض الفلكيين درجة
تخاذ بعض الخطوات الفعلية . وقد بينت نتائج تحليل القدر الضئيل
من الإشارات المستقبلية من النظم النجمية القريبة من عدم وجودها يمكن
اعتباره إشارة لحضارة عاقلة . ويتطلب تحقيق قدر معقول من النجاح
مجهودات أكثر طموحا ومسؤولية . وقد قام فنيكو الراديو بحضارة بإرسال
دعوات إشعاع راديوي من مرصد أريكيبو تجاه كوكبة هائلة من النجوم ،
في عمق درب التبانة . ينتظر ، بسبب تشتتها في رحلتها الباقية عشرة
ملايين سنة ضوئية . أن تستقبل من أي كوكب يتصادف أن يكون دوارا
حول نجم من الآلاف المكونة للكوكبة . وعلى العموم ، فإن موضوع الاتصال
بالكائنات الفضائية العاقلة يعتبر أمرا خلافا بحيث لا يسمح إلا بقدر
ضئيل من وقت المراسلة الراديوية بخصه . له ، ناهيك عن القلعة شبيكت
ضخمة من المراسلة الراديوية كما يتطلب لأبحاث حادة في الموضوع .

أين هم ؟

أحد أكثر النتائج المستخلصة من تحليل بسيط لاحتمال وجود
مجتمعات خارج الأرض آثاره للشمس . يتعلق بعدد الحضارات المتقدمة
تكنولوجيا والمحتلة وجودها في المجرة . أن النجوم والكواكب لا تتفنا
تكون ، ولما كانت نشأة حياة وتطورها أمرا معتمدا لكل كوكب مناسب ،
فإن ذلك يعني ظهور عدد أكثر وأكثر من الحضارات باستمرار .
وبطريقة متفائلة ترى في ذلك أمرا محتوما لكل كوكب يدور حول نجم
كالشمس . فإن معدل وصول مجتمع جديد لستوى الاتصال الراديوي
عبر الفضاء يكون حالة لكل عقد من السنين ، عقد على مدى عشرة بلايين
عام سنافة على تكوين الأرض . على اعتبار أن المجرة عددها أربعة عشر
بليون عام . والأرض أربعة بلايين من الأعوام .

وهذه نتيجة مذهلة . تنبئ أننا ، ولما يطمح على اكتشافنا للاتصال
اللاسلكي سوى عدة عقود من السنين ، حدينون للغاية في النادي اللاسلكي
الكوكبي في حالة نواجده . لما بقية الأقطاب فعمل قدر أكبر من التقدم في
هذا الحال .

على أن عندما من مثل هذه المجتمعات يعتمد اعتمادا شديدا على الماء
المفترض للحضارات المتقدمة ، وعلى معدل المواليد . فلو أن الأرض دمرت

هنا ، وإن حالتنا تمثل نموذجيا قياسيا ، فيعني ذلك أن حضارة واحدة
فقط في المتوسط من الغادرة عن الاتصال اللاسلكي عبر الفضاء على
مستوى المجرة في كل فترة زمنية محددة . ومعنى ذلك أننا الجنون لهذا
الوضع حاليا ، وفي عجلة ناعة ، لنحل أكثر الحضارات فلما في المجرة
بأكملها في وقتنا هذا . أما إذا كان العمر الامتراضي للحضارة المتقدمة
هو عشرة بلايين عام ، فإن ذلك يعني حوالي مليون حضارة منها تعطى
درب التبانة في نفس الوقت . أغلبها قطعت أشواطا أكبر في التقدم منا .

وهذا يثير التساؤل الصعب والمثير الذي صاغه حراقة لأول مرة
الفيزيائي الريكو فيرمي Enrico Fermi ، والذي ، من بين أسأل الخري .
أعطى التيوثرينو اسمه . إذا كانت الحياة يمثل هذا الانتشار عبر المجرة
على اتساعها ، فمن الصعب علينا أن نتصور لماذا لم نشأ الحضارات
المتقدمة من مليون من الأعوام . ألم يكن حريا بها أن تكون قد استعمرت
المجرة بأسرها في الوقت الحاضر ؟

ولنتصور كيف يتحقق ذلك . تخيل أن حضارتنا قد شيدت مركبة
فضاء هائلة ، وزودتها بالطاقة اللازمة لبقاء الحياة على منها عدة آلاف
من السنين . وليس ذلك عصيا على حضارتنا اليوم ، لو كانت هناك ارادة
لذلك . سيبدأ عدد من المفاهيم في الانطلاق بسرعة متواضعة ، بجنا عن
موضع جديد لهم . وبالسعة المثابة حاليا ، يتطلب الوصول إلى أقرب
نجم عشرة آلاف عام . المهم أنه بعد عدة آلاف من السنين سيكون كوكب
جديد قد استعمر ، وبعد عدة مائة يكون قد ازدهر ، فنيها مرحلة جديدة
من الهجرة ، وهكذا .

وباتباع سياسة كهذه ، فإنه بعد عشرة ملايين عام لا غير ، وهي
فترة وجيزة بالمقاييس الفلكية . تكون المجرة البالغ اتساعها مائة ألف
سنة ضوئية قد استعمرت بالكامل . وفي تصور آخر ، يمكن لمن سيوكل
اليهم استعمار المجرة أن يرسلوا بدلا منها مسابر من الناس آلية
(روبونات) ، وهو ما يتجاوز امكانات حضارتنا الحالية بقليل ، تحمل
مواد جيئية (بعض من يوفيات وحيوانات منوية مجففة ، أو بيض مخضب
متجمد ، أو حتى جزينات حيوية مضخوية بالمعلومات الجينية مكددة في
ذاكرة الروبوت لتنشط في تخليق الـ د ن أ . بمجرد الوصول) بحيث
تبدل الحياة - بالمفهوم الحرفي - في نوبة الكوكب المناسب عند وصولها .

ورغم أن الكثيرون قد يشككون في أن تجد حضارة ما الدافع للقيام بهذا العمل ، حتى ولو تمكنت من القيام به تكنولوجيا ، فستذكر أنه ينبغي أن تقدم على ذلك حضارة واحدة على هذه المغامرة ، خلال عمر المجرة البالغ أربعة عشر بليوناً من الأعوام (أى حضارة من بين بليون حضارة محتملة ، طبقاً للأرقام التي أوردناها) ونجد المجرة قد اعتلات بنسبتها الآن ، إذن ، فإين هم ؟

والمشكلة تبدو مستعصية بالنسبة لمن يؤمنون بوجود الذكاء ، في مكان ما من الكون ، ربما هم هنا بالفعل ، ولكننا أقل من أن نشعر بهم . كالتعليل يضي في حياته غير واضح لوجود جنس من البشر ينظفهم - ربما ، كما يحار اليهوديين بالكائنات الفضائية الغامضة أن يدفوعوا للاعتقاد به . تكون الأرض تحت ملاحظة دقيقة من البعد ، يحول بيننا وبين الاحساس بها سبب تجهل . أو ربما يوجد ميكائيل ذاتي يؤدي لتدمير أية حضارة تتجاوز قدرات معينة من التقدم ، قبل أن تدخل عصر الغزو الفضائي . ربما تكون نفس القوى التطورية المؤدية لزيادة الذكاء ، مؤدية أيضاً للعدوانية . بحيث تنتهي الحضارة بالعناء النووي أو ما أشبهه . أو بتدمير البيئة وفساد مقصرة الكوكب على الحفاظ على بقائه . ويقدر أقل من الاحتمالات الكثيرة قد يكون السر عبر الفضاء ، محاطاً بمشاكل لم نعرفها بعد . وأقل من ذلك احتمالاً أن تكون الحياة على الأرض حالة خاصة بحيث لا تكون الأرض مضيافة لصور أخرى من الحياة . وبالتالي لا يمكن أن تكون الوحيديين من ذوي الحضارة التكنولوجية على مستوى المجرة . أو الكون !

من المادة الى العقل

في مقال ظهر في أواخر الثمانينيات ، بعنوان « المعلومات ، الفيزياء ، الكم ، البحث عن الروابط » Information, Physics, Quantum : The search for Links : ذهب الفيزيائي جون هويلر إلى أنه لا مفر من استخلاص أن « العالم لا يمكن أن يكون آلة هائلة ، يحكمها قانون فيزيائي مفروض سلفاً » . بل الأكثر دقة في رأيه أن لفكر في الكون الفيزيائي كنظام مهول من نظم معالجة المعلومات . لم تحدث مخرجاته بعد .

وتجسيدا لهذا التغير الجذري في منهج التفكير ، أطلق هويلر الصغار : « It from bit » (أ) . بمعنى أن كل شيء ، ويقصد بها أي جسم ، أو مجال قوى ، أو حتى زمان ، ينشأ في النهاية إلى (بتات) ، أي وحدات معلومات .

وعمليات العلم هي عمليات استجواب للطبيعة ، فكل تجربة قياس ، وكل ملاحظة ، يستخلص منها رد من الطبيعة على هيئة وحدات من المعلومات . ولكن طبيعة الكم في أساسها قد جعلت كافة القياسات والملاحظات تؤول إلى اجابة من اثنين : نعم ، و لا . هل الإلكترون في طاقته الدنيا ؟ نعم . هل لب الإلكترون متجه لأعلى ؟ لا . وهكذا . وبسبب عدم اليقين المبني في أعصاب فيزياء الكم ، فإنه ليس من الممكن التنبؤ بالاجابة سلفاً . والأكثر من ذلك ، وكما قدمنا في الفصل السابع ، فإن للتشاهد دوراً جوهرياً في مخرجات قياسات عمليات الكم . الاجابات ، وتعتمد طبيعة الحقيقة المستخلصة في جزء منها ، على الأسئلة المطروحة .

وهويلر من أتباع أنصار مبدأ « الكون المتشارك participatory universe » ، والذي يعني أن المشاهدين يشكلون المركز في تحديد طبيعة الحقيقة الفيزيائية ، وأن المادة محال أمرها للعقل . ويعتبر فرانك تيبيل Frank Tipler من جامعة تولان Tulane فينيو أورليانز ، من أنصار نفس الأفكار أيضاً ، إلا أن موقفه مختلف . فهو يرى أن دور المشاهد لما يزل هامشياً ، ويعتقد أن الذكاء سوف ينتشر في النهاية عبر الكون . مساهماً بدرجة أكثر وأكثر في أنشطة الطبيعة ، حتى يصل إلى تلك الدرجة التي يصبح بها هو نفسه الطبيعة .

وطبقاً لأرائه ، فالحياة الذكية ، أو ربما أثروب للصحة شبكة من الحاسبات ، وسوف تنتشر من كوكب ما (ربما الأرض) وتنتشر في سيطرتها ببطء ، ولكن ببطء ، ليس فقط على النظام الشمسي ، أو المجرة ، بل على الكون بأسره . وهو تصور يحاكى ما ذهب إليه اليسوعي بيير تايهارد دي شاردن Pierre Teilhard de Chardin ولكن مع جعل التكنولوجيا هي العامل الحاسم . وعلى الرغم من الاحتمال أن تستغرق العملية تريليونات من الأعوام . فإن أوج هذا التحول التكنولوجي لماهية الطبيعة يتمثل في دمج الكون بأسره في نظام معلوماتي واحد ! وعملية ، يكون الذكاء ، قد اختطف النظام المعلوماتي الطبيعي الذي تطلق عليه الكون ، واستغله لصالحه .

ولنن نحن نذكر هذه الأفكار التي تقر بطبيعتها لتبين التغير العميق في المنظور الذي صاحب عصر ما بعد الآلية كنسب للتفكير . فبدلاً من مادة شبه منحجرة في آلة نيوتن المترامية الأطراف ، لدينا شبكة مترابطة من تبادل المعلومات ، نظام مفتوح شمولي غير قطعي ، مزدحم بالامكانيات

وتمنع براء لا ينطبق ، وإن العقل البشرى لنجاح ثانوى من هذه العملية
المعلوماتية التسلسلية ، ولكنه نجاح ثانوى قادر على فهم أبعد العمليّة .
على الأقل جزئيا .

وقد لمس ديكارت عبود العقل البشرى كنوع من مادة خلّابية
توجد على استقلال عن الجسد ، وفي مرحلة متأخرة بكثير ، سحر
جيلبرت وايل Gilbert Wyle من هذا الازدواج بإشارة للجرح العقل
بـ « التسبب فى المادة » ، وقد عبر وايل عن لغته اللانحاز خلال مرحلة من
أوج انتصار المادية والآلية .

و « الآلة » التى أشار إليها كانت الجسد البشرى والعقل البشرى ،
باعتبارهما مجرد أجزاء فى آلة كونية أكبر . ولكن حين أطلق هذا التعبير
البليغ ، كانت الغيزياء الحديثة تنسّق طريقها ، عابطة بالنظرة للعالم التى
كانت الأساس لفلسفه - واليوم - وعن حافة القرن الواحد والعشرين ،
يمكننا أن نرى أن وايل كان على حق فى رفض ذلك التسبب فى الآلة ،
ليس لعدم وجود التسبب - بل لعدم وجود الآلة .

عوايش الفصل العاشر

(١) مقدمة: من الفلسفة التحليلية - بعض - «هارة» - (المترجم)

(٢) الهة الأرض عند الانشراح - (المترجم)

(٣) وهو فى الواقع تعبير اقدم عن عبادة التنظيم الدائى للنظم المعقدة - حية كانت
أو غير حية .

(٤) الجزئيات « العشوية » فى جزئيات نعتون على الكريون . وهو عنصر له
خاصية متميزة للكون جزئيات أكثر تعقيداً بالترابط بترابط عنصر آخر أهمها
الهيدروجين . هذه الجزئيات المعقدة مرتبطة بالانقسام الحية . ومن ثم كانت شبيهة
ولكنها يمكن أن تنتج أيضا بطرق أخرى . ولذا فهو أن كانت ضرورية لوجود الحياة .
فإنها ليست بالضرورة على وجود الحياة .

(٥) حازا على جائزة نوبل عام ١٩٦٦ (المترجم)

(٦) قصيدة للفيلسوف نظام فى كيبوك بكندا قد لا تصحى أية قيمة . ولكن ذلك لا يلقى
وجود القيمة على سطح الأرض .

(٧) اقرب للتصديق نظريا . حيث انه يوجد وفرة من الزمن . ونشأ أصعب تصديقا
من الناحية النظرية - حيث أن الذى التوسع للشروط الفيزيائية والكيميائية على مستوى
المجرة ككل يعمل من الصعب معرفة من أين يمكن البدء لوضع نظرية تصفية لنشأة
الحياة .

(٨) كلمة (a) تعنى وحدة المعلومات - وترجم « بيت » أو « بيت » أما التفسير
تفسر أنرى عدم بوجته - حيث سيقط معناه ككل الممارسات السيكونية المعتمدة على
التلاعب المنطقي - (المترجم)

كشاف

- أونيسفورد - جامعة : ١١٦
 أبونلو : ٤٤
 الأعمال : ٢٢٢
 الاتصالات : الشبكة العالمية : ٢٠
 الذين : ٢٧ ، ٢٨ ، ٣٠ ، ٦٧
 اجرام سماوية : حركة : ٢٢ ، ٢٣
 اجسام سالطة سقوط حر : ٤٣ ، ٨٠
 اجسام فضائية غامضة : ١٨٨
 اجسام مادية : ٦٨
 اجسام مرفقة : ٩٤ ، ١٨ ، ١٧٤
 اجسام متسلسلة : ١٣٠
 احصائية : نظم : ٢٢
 احصائيات اسبوعية : ١٢٤ ، ٢٣٥ ، ٢٣٦
 احصائيات ثورية : ٢٢٩
 اختصار مؤجل : ١٧٨
 ابلجئون - المسير ارثر : ٢٨ ، ٨٧ ، ٢١٥
 انقي : طاقة : ٤٤
 اذاعة : موجات : ٢٧
 ارنليوس : سفلات : ٢٤٠
 ارسطو : ٢٢٠
 ارسطو : مفهوم : ٩٢
 ارض : البعاج : ٦٤
 ارض : سرعة : ٦٦ ، ٦٧
 ارض : ٦٩ ، ٩٠ ، ٩١
 ارض : الغلاف الهوائي : ١٣٤
 ارض : حواف : ١٠٤
 ارض : نظام مغنط : ١١٢
 ارضية : اهتزازات : ١٦١
 لوريا : ٢٠
 اريكيو - مرصد : ٢٤٤ ، ٢٤٥
 اسبكت : الان : ١٨٥
 اسبكت : تجربة : ١٨٦
 اسفاليا : ٢٠ ، ٢١
 استواء : خط : ٦٤
 اسلامي : علم : ٢٩
 أسية : ٣٦
 اشعاع : حرارة : ١٢٧
 اشعاع : ٦٧ ، ١١٢
 اشعاعي : نشاط : ١١٧
 اشعة كونية : ١٣٣
 اصطناعي : لكاه : ١٩٠
 اطار اسلاك : ٢٧ ، ٦٤ ، ٧٦ ، ٨٠
 اعادة استنظام : ٢٠٠
 الحريق : ٥٩
 وفق أحداث : ٢١٩
 اقزام بيضاء : ٢٦٥
 القليس : ٥٩
 اكس : اشعة : ٦٧ ، ٢١٨
 اكسين : ثوابت : ١٣٠ ، ١٣٩
 اكسين : ١٥٢
 اكوان متعددة : ١٨٧ ، ١٨٨
 اكوان ولينة : ٢٢٨
 اكوان اخرى : ٩٩
 الان : طبيعة : ١٠٩
 آلات جيتارية : ١٧
 آلات : عصر : ١٦
 الان : طبيعة : ١٠٩
 الان : ٧٤
 الان : مفهوم : ٥٩
 انواء : ٥٣
 انقي : ٢٠
 انقا : الشعاع : ١٧٢
 انقا : انفصال : ١٦٧
 انقا : جسم : ١٦٨ ، ١٧٢ ، ١٨١
 الفين : هاتن : ١٢٤
 الفرون : مجال كهربي : ١٩٨
 الفرون : موجة : ١٢٥ ، ١٨٠
 الفرون : ٢٤ ، ٢٨ ، ٧٦ ، ١١٢ ، ١٢٢ ، ١٢٧ ، ١٦٨ ، ١٦٩ ، ٢١٠
 الفرون : جسم : ١٣٠
 الفرون : طاقة سالبة : ١٢٢
 الفرون : كتلة : ١٧٢
 الفرون : سرعة : ٢٢
 الفرون : طاقة : ١٧٠
 الفرونات : مستويات الطاقة : ١٩٦
 الفرونات : ٥١
 الفرونات : أجهزة : ٥٢
 الفرونات : موجات : ١٧٢
 الفرونات : الولايات المتحدة : ٢٠ ، ٦٧
 اليابان : ٢٠

[illegible]

جسم مرئي : ١٥٨ ، ٢١٨
جسم نظري : ١٢٥ ، ١٢٨ ، ١٤١ ، ١٩٥ ، ١٩٦ ، ٢١١
جسيم مضاد : ١٣٧
جسيمات ، اذواج : ١٣٦
جسيمات اقترضية : ١٦٧
جسيمات نظرية : ٢٠٧
جسيمات العالم دون الذري : ٢٠٦
جسيمات المادة النصاص : ٢٢٩
جسيمات التيونينو : ٢١٨
جسيمات أولية : ١٨ ، ٢١
٢٩ ، ٣١ ، ٤٧ ، ٥٩
جسيمات بيولوجية : ٢٥
جسيمات ناتوة دون ذرية : ١٣٢
جسيمات حقيقية : ١٢١
جسيمات لافعة : ١٤٢
جسيمات دون ذرية : ٢٤
٥٤ ، ٥٦ ، ٧٦ ، ١٢٩
١٧١ ، ١٨٤
جسيمات ذرية : ١١٣
جسيمات عالية الطاقة : ١٢٨
جسيمات لونية غير مرئية : ١٢١
جسيمات مادية حقيقية : ٢٠٤
جسيمات متكاملة : ١٦
جسيمات مضادة : ١٢٢
١٣٤ ، ١٣٥ ، ١٣٦ ، ١٣٧ ، ١٣٨
جسيمات : ١٢٤
جسيمات منفردة : ١٣٠
جسيمات : ١٢١
جلونات : ١٩٧ ، ٢٠٢
جسبة ملكية بادئذ : ٤٧
جنوبية ، شفرة : ٢٥
جوت ، الان : ١٤٦
جول ، كورت : ٨٥

جرديل ، كون التواء : ٩٩
جوزيلسون ، وصلة : ٥٢
جبريسكوب : ٨٦
جبلير ، جورج : ١٩ ، ٢٠
جيني ، كود : ٢٢٥
جينية ، معلومات : ٢٤٥
جينية ، مواد : ٢٤٥

ح

حاسب آلي : ٣٥ ، ٥٠ ، ٥٧
حاجت بزوغ علم : ٦٠
حاجت ، علم : ٧٧ ، ١٩٢
حادثة ، تكنولوجيا : ٢٤٣
حادثة ، ليزياء : ٨٩ ، ٩٦
١٢٩ ، ١٩٢ ، ٢٤٨
حادث : ١١٢
حراري ، اشعاع : ١٧٠
حراري ، موت : ١١٩ ، ١٢٥
حرارية ، اشعاعات : ٢٢
حرارية ، ديناميكا : ٢٣
حركة حقيقية وقطاعية : ٦٢
حركة دائرية : ٦٢
حركة غير متكاملة : ٨٢
حركة قوانين : ١١٠
حركة متغيرة : ٦٢
حركة متكاملة : ٩٣
حركة : ١٢٤
مؤثر الداخل : ١٧٥ ، ١٧٦
حارفات : ٢٦
حقيقية ، اعداد : ٤٠
حبة ، كائنات : ٩٧
حيوي ، حساب : ٢٢٨
حيوي ، مجال : ٢٢٢ ، ٢٢٣
حيوي ، مذهب : ٢٥
حيوي ، نظرية المذهب : ٢٥
حيوية ، مواد : ٢٢٤

خ

خامدة ، مادة حساب : ٥٧
خروج سلس : ١٤٧
خطية ، علاقة : ٤٤
خطية ، نظم معقدة : ٤٥
خطية ، نظم : ٤٤ ، ٤٥ ، ٤٩
خطية اشعاعية كونية : ٨٦
١٣٧ ، ١٤٣ ، ١٥٣ ، ١٥٨

خطية اشعاعية : ١١٤
خوارزم : ٢٩
خبال علمي : ٩١ ، ٢٤٩

د

د : ١٠ ، ٢٤ ، ٢٢٤ ، ٢٢٩ ، ٢٤١
داروين : ٢٢٣ ، ٢٢٤
داروين ، انتخاب طبيعي : ٢٢٥
ايسون ، فريمان : ١٩٠
ديرش ، هانز : ٢٤
درب الليانة ، مجرة : ١٠١ ، ٢٤٢ ، ٢٦٠
داسائق ثلاث أولي : ١٢٢ ، ١٢٤
دن ، جي : ١١٩
دنيا ، طاقة : ٥٦
دوائر متداخلة ، نموذج : ٢٣
دوائر متداخلة : ٢٣
دوار : ١٢٠
دواكتر ، رينلاند : ١٧
دويلر ، ظاهرة : ٩٣
دوران ، اشعاع : ٨٥
دوران ، مطلق : ٦٥

دوران : ٦٥ ، ٦٦ ، ٢٠٩
دورانية ، حركة : ٦٥
دولة ماهرة : ٢٠
دولة معقولة : ٢٠
دون ترات : ١٢٥
دون ذري ، عالم : ٥٦
مون ذرية ، ليزياء : ٢٢٩
دويفش ، لجرية : ١٨٩ ، ١٩١
دي بيروليني لويش : ١٧٠ ، ١٧١

دي سينر وليام ، نموذج : ٩٣
دي شاردين ، قايهارد : ٢٤٧
دي شاسو ، غيليب : ١١٢ ، ١١٣
دي فريز هذريك : ٤٧
ديراك ، واندرسون : ١٢٤
ديراك : ١٢٦ ، ١٢٢
ديكارتر : ٢١٢ ، ٢٤٨
ديفريش ، ١٥ ، ١٦
ديناميكا حرارية ، قوانين : ١٦٥
ديناميكا حرارية : ١١٥
ديناميكية ، نظم : ١٩

ذ

ذاتي ، خلق : ٢٢٢
ذاتي ، تصور : ٦٦ ، ٦٢
٧٧
ذرات عيارية : ٢٤٠
ذرات كربون وانسجين : ٢٢٤
ذرة : ١٢ ، ١٤ ، ١٧ ، ٢٩ ، ٣٠ ، ١٢٥ ، ١٢٤
ذرات ، مكونات أولية : ١١٢

ذرة ، نواة : ١٤١
ذري ، عالم : ٦٦٨
ذري ، مسلول : ٢٤
ذري : ٢٣٤
ذري ، موجيات : ٤٥ ، ١٦١

راديوي ، اشعاع : ٢٤٤
راديوي ، تليسكوب : ٢٤٢
راديوية ، اشعة : ٦٧
راديوية ، مرآة : ٢٤٤
راديوية ، نبضات : ١٦٢
رامدل ، سكوت جون : ٤٧ ، ٥٠
رايل ، جلبرت : ٢٤٨
راندولف ، ١٦٩
راندولف ، نموذج : ١٦٨
روزن ، ناثان : ١٨٤
رياضي ، تحليل : ٢٢ ، ٤٥ ، ١٥٩

رياضي ، مفهوم : ٢٩
رياضيات : ٤٤ ، ٩٨
رياضية ، حسابات : ٢٠٣
رياضية ، صنع : ٩٠
رياضية ، معادلات : ٢١
رياضية ، قوانين : ١٧
رياضية ، نظرية : ١٤٠
رياضيات ، هانز : ١١٨
ريمان ، جورج : ٨٢
زمكن ، اللواء : ٨٠ ، ١٦٠
زمكن ، الصيغة الرياضية : ٩٠

زمكن ، انشاء : ٢٢٣
زمكن مقوس : ٨٢ ، ٩١
زمكن ذري ابعاد أربعة : ٢٠٩
زمكن ، قوانين ميكانيكية : ٨٣
زمكن مفرد : ٢٢٤

زمكن ، مفهوم : ١٨٧
زمكن متحلي : ٩٧
زمكن ، وجهة نظر : ٩٧
زمكن : ٥٩ ، ٧٠ ، ٨٩ ، ١٢٢

زمكن ، هندسة : ١٩٤
زمكن ، بعد : ٧٣
زمكنية ، اتفاق : ٢٢٩
زمكنية ، مسافة : ٧٦ ، ٩١
زمن ، لتواء : ٩٦
زمن ، تمدد : ٨٨ ، ٨٩
زمن ، سريان : ١٢١
زمن ، سهم : ١١١ ، ١١٢ ، ١١٤ ، ١١٦

زمن : ٣٥ ، ٧٥ ، ٩٩ ، ١٠٠ ، ١٩٦ ، ١٩٢ ، ١٩٢ ، ١٩٢
زمن ، تقسيم الى عظمي
وحاضر ومستقبل : ٧٤
زمن ، طبيعة : ١٠٩ ، ١١٦
زيادة لسية : ١٤٣ ، ١٤٤

س

سببية مفهوم : ١٢٤
سببية : ٢١
سديم السرطان : ٢١٧
سقوط حر : ١٢٧
سفرات ، جي : ١١٨
سور نوكا : ١٦٢
سولينون : ٥١ ، ٥٠
سبيريا : ١٣٩
سيكولوجي ، انطباق : ١١٧
سيكولوجي ، اختراع : ١١٨
سيكليون : ٢٣٩

فيزيالك : وليام : ٨٦
 فيزياء : انريكو : ٢٤٥
 فيزيوس : ٢٣٦
 فيزياء جزئية : ٤٢
 فيزياء ذرية : ٤٢
 فيزياء : عمليات معقدة : ٢٤٠
 فيزياء : غولدستين : ٤٩ ، ٢٢
 فيزياء : ٩٤ ، ٩٩ ، ١١٣ ، ١٢٦
 فيزياء : ١٩٦ ، ٢٠٣ ، ٢١٩
 فيزياء كلاسيكية : ١٢٥
 فيزياء : ١٨ ، ٥٧
 فيزياء حديثة : ٢٤
 فيزياء : فروغ : ٢٣
 فيزيائي : عالم : ٣٦ ، ١٦١
 فيزياء : ١٠٧ ، ١٨٢
 فيزيائي : كون : ١٥٦ ، ٢١٦
 فيزيائي : ٢٤٦
 فيزيائية : عمليات : ١٠٠
 فيزياء : ١٠٨ ، ٢٢٥ ، ٢٣٦
 فيزيائية : كيمياء : ١٧١
 فيزيائية : ظواهر : ٧٤
 فيزيائية : نظم : ١٦١ ، ٢٤٤
 فيزيائية : ١٦

لوى قلوب : ١٩٧
 د
 كائنات حية : ٢٣٠ ، ٢٣٩
 كائنات مجرية : ٢٤١ ، ٢٤٣
 كائنات ميكروبية : ٢٢٧
 كارتو : براتسون : ١٩١
 كاسيمير : ناثير : ١٢٦ ، ١٢٥
 كاسيمير : نجريه : ١٢٨
 كاسيمير : هنريك : ١٢٥
 كالوزا : شيور : ٢٠٤
 كالسوزا : كلاين ، نظرية : ٢٠٨ ، ٢٠٤
 كاسبرج : جامعة : ٢٣٤
 كيريت : ٢٣٥
 كتلة : ٥٩
 كرميون : ٢٢٩ ، ٢٣٥
 كرميون : كيمياء : ٢٣٩
 كريستال : مارتين : ٥٠
 كرون : جيمس : ١٣٦
 كريك : فرانسيس : ٢٢٤
 كلاسيكية : فيزياء : ١٧٠
 كلاين : لوسكان : ٢٠٤
 كلن : كسوف : ٧٨
 كم : ناثير : ٢٦٥ ، ٢٢٢
 كم : ٢٢٧
 كم : جاذبية : ٢٠٤
 كم : عجائب : ١٩٠
 كم : فيزياء : ١٩ ، ٢٠٨
 كم : قواعد : ١٨٠
 كم : ميكانيكا : ٢٩ ، ٣٠
 كم : ٢٤ ، ٣٥ ، ١٢٠ ، ١٧٥
 كم : ١٩٢ ، ١٩٣ ، ١٩٨
 كم ونسبية ثورية : ٢٢٩
 كم : ذكاء : ١٩٢

كسي : عدم يقين : ١٩٨
 كسي : نقل : ١٨٩
 كسي : عالم مجهرى : ٣٠
 كسي : عالم : ١٢٧
 كمية : تأثيرات : ٤١ ، ١٢٢
 كمية : نظريات : ١٥٥
 كمية جاذبية : ٢٠٠ ، ٢٠٢
 كمية جاذبية : نظرية : ٢٠٠
 كمية : عمليات تجاذبية : ١٤٠
 كمية : عمليات : ١٣٧
 كمية : ١٤٨
 كمية : فيزياء : ٥٦
 كمية : كروموديناميكية : ١٩٦
 كمية : ٢٠٠
 كمية : مجالات : ٢٠٢
 كمية : نظرية مجالات : ٨٨
 كمية : ١٩٢ ، ١٩٤ ، ٢٠٢
 كمية : موجة : ١٨١ ، ١٨٦
 كمية : ميكانيكا : ١٧١ ، ١٩٣
 كمية : نظرية : ١٨ ، ١٨٤
 كمية : ١٩٤
 كهربي : قوة لجانب : ٢٣٥
 كهربي : ظاهري : ١٩٠
 كهربية : نسبية : ٥٢ ، ١٦١
 كهربية : طلاقة : ٤٢
 كهربية : لوى : ١٩٨
 كهروضعيفة : قوة : ١٩٦
 كهرومغناطيسي : ٢٧ ، ٢٨
 كهرومغناطيسي : ١٧٠ ، ١٧٠
 كهرومغناطيسي : اشعاعات : ٧٦ ، ١٣٤ ، ١٧٠
 كهرومغناطيسي : قوة : ١٩١
 كهرومغناطيسي : ١٩٦ ، ٢٠٩ ، ٢٠٥
 كهرومغناطيسي : موجات : ٦٧ ، ١٩١ ، ١٩٧
 كهرومغناطيسي : ٢٧
 كواركات : ٧٧ ، ١١٧ ، ٢١٠
 كمي : ٢١٩

كون مسارك : ١٤٧
 كون مضغوط : ٩٢ ، ١٠٠
 كون : ١٠٢ ، ١١٣ ، ١٣٠
 كون مثالي مطلق : نموذج : ٩٤
 كون مرسى : ١٠٢
 كون مغموس : ٢٠٠
 كون معدن : ٩٥
 كون معدن : نموذج بديل : ١٠٤
 كون واقعي : ١٠٢
 كون : ٩٩ ، ١٠٦ ، ١٠٨
 كون : ١٠٩ ، ١١٣ ، ١٤٠ ، ١٤١
 كون : ١٤٢
 كون : اصل : ١٢٩
 كون : انحناء : ١٠٥
 كون برون : ١١٤
 كون : توازن ثرموديناميكي : ١١٢
 كون : حافة : ١٠٣ ، ١٠٧
 كون : خلق : ١١٦
 كون : مادة : ١٠٧ ، ١٢٧
 كون : مراحل مبكرة : ١٢٥
 كون : مركز أو حافة : ١٠٧
 كون مقنوح : ١٠٥
 كون تقاطع : ٩٩ ، ١٣٨ ، ١٥٦
 كون : نموذج : ٢٢
 كون : مستوى : ٦٩ ، ٧٤
 كون : مضطرب : ٢٢٩
 كون : شاذ لاسلكي : ٢٤٤
 كون : تمدد : ١٠١
 كونيات : علم : ٩١ ، ٩٩
 كونيات : ١١٠ ، ١٢٨
 كونية : ابعاد : ٢٠٦
 كونية : حرارة : ١٤٨
 كونية : ساعة : ١٨ ، ٢١
 كونية : ١٥٠

كوبية : شبكة : ١٩٢ ، ٢٠٩
 كوبية : ٢١٧
 كوبية : خلفية إشعاعية : ١١٣
 كوبية : مادة : ١١٤
 كوبية : مسألة : ١١٢
 كونيون : ٩٩ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 كورينثيات : ١٢٩
 كيمياء بسيطة : فكرة : ٢٢٩
 كيمياء غريبة : مفهوم : ١٤٠
 كيميائي : نشاط : ٢٢٨
 كيميائية : تفاعلات : ٢٢٩
 كيميائية : عمليات : ٢٢٤
 كيميائية : مخلوطات : ٤٦
 كيمياء : ١٩٦
 كيمياء : خواص : ٧٧
 كيمياء : سلبية معقدة : ١٦
 كيمياء : سوداء : ١٥٢ ، ٢٠٤
 كيمياء : ١٩
 كيمياء مركبة : ١٥٢
 كيمياء : ١٢٢ ، ١٢٣ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٠٦
 كيمياء : وجود : ١٠٥
 كيمياء : ١٦ ، ٢٧ ، ٩٩ ، ١٠٩
 كيمياء : ١١٤ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٢٩ ، ١٤٠ ، ١٤٢ ، ١٤٤
 كيمياء : ١٤٨
 كيمياء : ١٨ ، ٢٠
 كيمياء : ثروة : ١٩
 كيمياء : مذهب : ١٦
 كيمياء : مركبة فضائية : ٢٦
 كيمياء : جامعة : ١٦١
 كيمياء : بولاند : ١٨
 كيمياء : ٢٧
 كيمياء : معادلات : ٢٠٤
 كيمياء : جامعة : ١٧٠
 كيمياء : موجات : ١٠٣
 كيمياء : الكوان : ٢٢٧
 كيمياء : خطوط : ٨٢
 كيمياء : عالم : ١٨٢

كوبية : شبكة : ١٩٢ ، ٢٠٩
 كوبية : ٢١٧
 كوبية : خلفية إشعاعية : ١١٣
 كوبية : مادة : ١١٤
 كوبية : مسألة : ١١٢
 كونيون : ٩٩ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 كورينثيات : ١٢٩
 كيمياء بسيطة : فكرة : ٢٢٩
 كيمياء غريبة : مفهوم : ١٤٠
 كيميائي : نشاط : ٢٢٨
 كيميائية : تفاعلات : ٢٢٩
 كيميائية : عمليات : ٢٢٤
 كيميائية : مخلوطات : ٤٦
 كيمياء : ١٩٦
 كيمياء : خواص : ٧٧
 كيمياء : سلبية معقدة : ١٦
 كيمياء : سوداء : ١٥٢ ، ٢٠٤
 كيمياء : ١٩
 كيمياء مركبة : ١٥٢
 كيمياء : ١٢٢ ، ١٢٣ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٠٦
 كيمياء : وجود : ١٠٥
 كيمياء : ١٦ ، ٢٧ ، ٩٩ ، ١٠٩
 كيمياء : ١١٤ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٢٩ ، ١٤٠ ، ١٤٢ ، ١٤٤
 كيمياء : ١٤٨
 كيمياء : ١٨ ، ٢٠
 كيمياء : ثروة : ١٩
 كيمياء : مذهب : ١٦
 كيمياء : مركبة فضائية : ٢٦
 كيمياء : جامعة : ١٦١
 كيمياء : بولاند : ١٨
 كيمياء : ٢٧
 كيمياء : معادلات : ٢٠٤
 كيمياء : جامعة : ١٧٠
 كيمياء : موجات : ١٠٣
 كيمياء : الكوان : ٢٢٧
 كيمياء : خطوط : ٨٢
 كيمياء : عالم : ١٨٢

كوبية : شبكة : ١٩٢ ، ٢٠٩
 كوبية : ٢١٧
 كوبية : خلفية إشعاعية : ١١٣
 كوبية : مادة : ١١٤
 كوبية : مسألة : ١١٢
 كونيون : ٩٩ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 كورينثيات : ١٢٩
 كيمياء بسيطة : فكرة : ٢٢٩
 كيمياء غريبة : مفهوم : ١٤٠
 كيميائي : نشاط : ٢٢٨
 كيميائية : تفاعلات : ٢٢٩
 كيميائية : عمليات : ٢٢٤
 كيميائية : مخلوطات : ٤٦
 كيمياء : ١٩٦
 كيمياء : خواص : ٧٧
 كيمياء : سلبية معقدة : ١٦
 كيمياء : سوداء : ١٥٢ ، ٢٠٤
 كيمياء : ١٩
 كيمياء مركبة : ١٥٢
 كيمياء : ١٢٢ ، ١٢٣ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٠٦
 كيمياء : وجود : ١٠٥
 كيمياء : ١٦ ، ٢٧ ، ٩٩ ، ١٠٩
 كيمياء : ١١٤ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٢٩ ، ١٤٠ ، ١٤٢ ، ١٤٤
 كيمياء : ١٤٨
 كيمياء : ١٨ ، ٢٠
 كيمياء : ثروة : ١٩
 كيمياء : مذهب : ١٦
 كيمياء : مركبة فضائية : ٢٦
 كيمياء : جامعة : ١٦١
 كيمياء : بولاند : ١٨
 كيمياء : ٢٧
 كيمياء : معادلات : ٢٠٤
 كيمياء : جامعة : ١٧٠
 كيمياء : موجات : ١٠٣
 كيمياء : الكوان : ٢٢٧
 كيمياء : خطوط : ٨٢
 كيمياء : عالم : ١٨٢

كوبية : شبكة : ١٩٢ ، ٢٠٩
 كوبية : ٢١٧
 كوبية : خلفية إشعاعية : ١١٣
 كوبية : مادة : ١١٤
 كوبية : مسألة : ١١٢
 كونيون : ٩٩ ، ١٠٧ ، ١٠٨
 كورينثيات : ١٢٩
 كيمياء بسيطة : فكرة : ٢٢٩
 كيمياء غريبة : مفهوم : ١٤٠
 كيميائي : نشاط : ٢٢٨
 كيميائية : تفاعلات : ٢٢٩
 كيميائية : عمليات : ٢٢٤
 كيميائية : مخلوطات : ٤٦
 كيمياء : ١٩٦
 كيمياء : خواص : ٧٧
 كيمياء : سلبية معقدة : ١٦
 كيمياء : سوداء : ١٥٢ ، ٢٠٤
 كيمياء : ١٩
 كيمياء مركبة : ١٥٢
 كيمياء : ١٢٢ ، ١٢٣ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٠٦
 كيمياء : وجود : ١٠٥
 كيمياء : ١٦ ، ٢٧ ، ٩٩ ، ١٠٩
 كيمياء : ١١٤ ، ١٢٤ ، ١٢٥
 كيمياء : ١٢٩ ، ١٤٠ ، ١٤٢ ، ١٤٤
 كيمياء : ١٤٨
 كيمياء : ١٨ ، ٢٠
 كيمياء : ثروة : ١٩
 كيمياء : مذهب : ١٦
 كيمياء : مركبة فضائية : ٢٦
 كيمياء : جامعة : ١٦١
 كيمياء : بولاند : ١٨
 كيمياء : ٢٧
 كيمياء : معادلات : ٢٠٤
 كيمياء : جامعة : ١٧٠
 كيمياء : موجات : ١٠٣
 كيمياء : الكوان : ٢٢٧
 كيمياء : خطوط : ٨٢
 كيمياء : عالم : ١٨٢

وزن سالب : ٢١٦
 وسطية : ٢٢٦
 وضع ابتدائي : ٤٠
 ويسر ، جوزيف : ١٦١
 ويل ، هيرمان : ١١٧
 ويلز ، هـ . ج . : ٩٢

ميولية ، كمية : ١٨٣
 ميولية ، نظم : ٢٧ ، ٣٨ ،
 ٤٠ ، ٤٢
 ميولية ، نظرية : ١٩
 ميولية : ٣٥ ، ٤٠

ميدروجين ، ذرة : ١٠٤
 ميدروجين ، نقيض : ١٢٨
 ميديوجيني ، وقود : ١١٢
 ميرفليطس : ١٥
 ميتل شمكي للبلورة : ١٧٣
 ميتل شمكي : ١٧٣

ميليوم : ١١٣ ، ١١٤
 ميولي ، نظام ، ٣٦ ، ٤١
 ميولي : ٣٢
 ميولية تحديدية : ٤٢
 ميولية ، حركة : ٢٧
 ميولية ، دراسة : ٤٢
 ميولية ، طبيعة : ١٧٧
 ميولية ، عمليات : ٤٠

و

ي
 يوازي ، هارولد : ٢٢٤
 يوازي - ميلر ، تجربة : ٢٣٨
 يورانيوم : ٢٠ ، ١٧٢
 يونج ، توماس : ١٧٥

واطين ، جيبس : ٢٣٤
 واقعي ، عالم : ٩٦ ، ٩٩
 وبائية ، موجات : ٢٤١
 وثر كوني : ١٥٥
 وزن الفضاء : ٢٢٦ ، ٢٢٧ ،
 ٢٢٨