كراسات « عروض »

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم اجتهادات حديثة حول العلم والمستقبل

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقى مدير التحرير أ. أحمد أمين

المراسلات :

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصرى

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

UKAS QUALITY MANAGEMENT

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

الحاصلة على شهادة الجودة

ISO 9002

Certificate No.: 82210

03/05/2001

نظرية كل شىء

obeikandl.com

obeikandl.com

نظريـــة كـــل شـــىء

عرض

الدكتور / محمد زكى عويس

الناشر

المكتبة الأكاديمية

شركة مساهمة مصرية

٢٠٠٣

obeikandl.com

هذه الكراسة تقدم عرضاً تفصيلياً لكتاب :

Stephen W. Hawking
The Theory of Everything
New Millennium Press, 2002.

opeikandi.com

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠٣م - ١٤٢٣هـ

حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

المكتبة الأكاديمية
شركة مساهمة مصرية
رأس المال المصدر والمدفوع ٩,٩٧٢,٨٠٠ جنيه مصرى
١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة
القاهرة - جمهورية مصر العربية
تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٣٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)
فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

هذه السلسلة

هى الثالثة فى مشروع « الكراسات » ، الذى تصدره « المكتبة الأكاديمية » . والكراسات تعنى بمحورين كبيرين : العلم والمستقبل . لذلك فقد حملة السلسلة الأولى عنوان « كراسات مستقبلية » ، وقد بدأ ظهورها عام ١٩٩٧ ، وفى عام ١٩٩٨ ظهرت السلسلة الثانية تحت اسم « كراسات علمية » . وقد فكرنا فى البداية أن تضم السلسلتين ، بجانب التأليف والترجمة ، عروضا مطولة لبعض الإصدارات الهامة ، التى لا تلاحقها حركة الترجمة . إلا أن أنشط أعضاء أسرة الكراسات ، وللكراسات أسرة ممتدة ترحب دائماً بالأعضاء الجدد ، أقول أن أنشط الأعضاء الصديق الدكتور محمد رؤوف حامد ، الأستاذ بهيئة الرقابة الدوائية ، اقترح أن تصدر العروض فى سلسلة خاصة بها . وقد كان اقتراحاً موفقا كما أرجو أن يوافقنى القارئ .

والكتب المختارة للعرض فى السلسلة لا تأتى فقط من اقتراحات هيئة التحرير ، حيث قدم أعضاء الأسرة مقترحاتهم التى حظيت بالترحيب . والباب مفتوح لكل من يرغب فى المشاركة . وإذا كانت السلسلة قد بدأت بمجموعة من الكتب الصادرة بالإنجليزية ، فإننا نطمح أن تشمل العروض القادمة كتبا تصدر فى لغات أخرى ، لا تشملها عادة خطط الترجمة كاليابانية والروسية والصينية ، بالإضافة إلى الفرنسية والألمانية . فرغم أن الأخيرتين أكثر حظاً نسبياً ، إلا أن كم المترجم والمعروض لايقارن بما يتم بالنسبة للإنجليزية .

والحديث عن « العروض » يذكرنا بالجهود السابقة ، التى لا تنكرها ، بل نحاول أن نكمل مسيرتها . فبالنسبة للعروض الموسعة ، تذكر جهود الهيئة العامة للاستعلامات بالنسبة للمجالات التى تهمها . كما أن العروض المتوسطة ، التى أصدرتها هيئة الكتاب فى التسعينيات ، ضمن سلسلة « تراث الإنسانية » لايمكن إغفالها . وهما مثالان يقصد بهما الإعتراف بفضل السبق ، دون أن ندعى الحصر . وإن كنا ، فى نفس الوقت ، نظن أن السلسلة الحالية هى الأولى التى تعنى بالعرض التفصيلى للكتب .

هذه الكراسة :

يقدم فيها الدكتور محمد زكى عويس ، أستاذ الفيزياء بكلية العلوم جامعة القاهرة ، والذى يعد من أكثر أفراد أسرة الكراسات نشاطاً ، عرضاً وافياً لكتاب ستيفن هوكنج الأخير عن الجهود المبذولة للوصول إلى نظرية فيزيائية تعرض كل القوى الطبيعية ، وتساعدنا على حل الأسئلة الكبرى عن الكون وفقه وجوده ، ولذلك فهى تسمى مجازاً «نظرية كل شىء» . والحقيقة أن العرض يتميز بنفس السلاسة التى تميز الكتاب ، والتى إشتهر بها هوكنج عندما قدم كتابه «التاريخ المعرض للزمان» ، الذى صار علامة فى تاريخ تقديم العلم لغير المتخصصين . إن هوكنج يعد ظاهرة بديعة ، حيث يجمع بين العجز البدنى الكامل والتوهج العقلى الفريد ، ويواصل العطاء على مستوى التخصص بالإضافة إلى إهتمامه أخيراً بتقديم موضوعات تخصصه الصعب إلى العامة . لذلك نرحب بعرض الدكتور عويس لكتاب هوكنج ، الذى قابله عام ١٩٧٩ فى مركز الفيزياء النظرية فى تريستا بإيطاليا ، وذلك فى الاحتفال بالذكرى المئوية لميلاد إينشتين .

احمد شوقى
٢٠٠٣

obeikandl.com

إهداء

إلى أجدادنا الفراعنة الذين
قدموا أول تصور بشرى عن الكون
وآمنوا بوحدانية خالقه !

محمد زكى عويس

obeikandl.com

المحتويات

الموضـــــوع	صفحة
تمهيد	١١
المحاضرة الأولي	
أفكار حول الكون	١٥
المحاضرة الثانية	
الكون المتمرد	٢١
المحاضرة الثالثة	
الثقوب السوداء	٢٧
المحاضرة الرابعة	
الثقوب السوداء ليست سوداء تماماً	٣٥
المحاضرة الخامسة	
مصور الكون ومصيرة	٤١
المحاضرة السادسة	
اتجاه الزمن	٥١
المحاضرة السابعة	
نظرية كل شيء	٥٥

obeikandl.com

obeikandl.com

نظرية كل شيء

تمهيد :

اهتدى الإنسان إلي معرفة المادة ومكوناتها ، فاكتشف الذرة وحاول دراسة خصائصها الفيزيقية التى بواسطتها استطاع صناعة التكنولوجيا التى وفرت له الوسائل المختلفة للبحث عن الظواهر الكونية ، وأطلق سفن الفضاء فى بعثات علمية متلاحقة ليفهم أين هو ؟ ولماذا يعيش على الأرض فقط ؟ وهل هناك حياة أخرى فى هذا الكون ؟ ولماذا تشكل الكون بهذه الطريقة ؟ وهل صحيحاً توجد فى الكون الثقوب السوداء التى تكون جاذبيتها لا نهائية ؟ وماذا عن حركة النجوم وتطورها ؟ ومتى يولد نجم جديد ؟ وكيف يموت ؟ كيف ترتبط النجوم بعضها ببعض ؟ ومتى نشأ الكون ؟ وهل الكون يتمدد فعلاً ؟ وما هو تاريخ الزمان ؟

ويعتبر العالم «ستيفن هوكنج» واحداً من أبرز علماء الرياضة والفيزياء النظرية فى النصف الثانى من القرن العشرين الذين اهتموا بدراسة الظواهر الكونية سابقة الذكر . استطاع أن يحقق أهم إنجاز فى تاريخ البشرية عام ١٩٧٨م عندما نظر إلى الثقوب السوداء على أنها نسيج المكان والزمان مشوهة بتأثير قوى للجاذبية لا يمكن تخيلها . وقد أثبت هوكنج أنها موجودة وأنها كثيرة ويقدر عددها فى مجرتنا وحدها بحوالى الألف مليون .

ولد ستيفن هوكنج عام ١٩٤٢م فى أكسفورد ونشأ فى مدينة سانت البانز فى لندن ، وفى سن التاسعة من عمره قرر هوكنج أن يصبح عالماً ، وقد أظهر موهبة فذة فى فك الساعات وأجهزة الراديو . وكان العلم بالنسبة له يكمن حيث العثور على حقيقة الأشياء المحيطة به ، ووجد أن الكثير من العلم ليس دقيقاً كفاية وكان يقول «إن العلوم البيولوجية هى وصفية وغامضة أكثر مما ينبغى» وعندما بلغ الرابعة عشرة قرر أن يصبح من الرياضيين أو الفيزيائيين ، فحاول وهو فى سن الخامسة عشرة إجراء تجارب كان يتم إجراؤها فى برنامج «ما وراء الحواس» فى جامعة ديوك . وبعد أن أتبع تجارب ديوك بدقة لبعض الوقت ، أصبح مقتنعاً أن برنامج ما وراء الحواس زائف وكان يقول «كلما ظهرت نتائج التجارب اتضح أن التقنية التجريبية تكون زائفة . وعندما تكون التقنية سليمة وصحيحة لا يكون ثمة نتائج جيدة . ولا يزال حتى الآن يعتقد أن البارسيكولوجيا هى مضيعة للوقت .

وفى عام ١٩٥٩م دخل «ستيفن» جامعة أكسفورد بمعدل نجاح مرتفع جداً ، وبرع فى الفيزياء إلى حد أنه كان يستطيع حل أى مسألة توضع أمامه . وفى ذلك الوقت كان ستيفن قد استقر رأيه على أن يكون مستقبله فى العمل فى الفيزياء

النظرية ، للتخصص فى علم الكونيات . فالنظريات الأكثر إثارة بالنسبة له هى نظريات علم الكونيات لأنها تتناول الإجابة على الأسئلة سابقة الذكر والذى حقق من خلالها جميع إنجازاته العلمية خاصة السؤال : من أين يأتى الكون ؟

بدأت علامات المرض الخطير تظهر على هوكنج فى سنته الأولى فى مدرسة الخريجين هذا المرض يؤدى إلى نقص القدرة على استعمال اليدين وشلل بسيط . وقد شخص الأطباء مرضه فى تلك الفترة على أنه ضمور عضلى من تليف الجانب الوحشى ، أو مرض العصبة الحركية وهو مرض نادر يمكن أن يسبب الإقعاد . وظلت حالة هوكنج الصحية تتدهور باستمرار ، ودفعه ترقب الموت إلى الاكتئاب طيلة عامين ، لم يحقق خلالها إلا القليل . بعدها بدأت حالته تستقر وارتفعت معنوياته وبدأ عمله يدور فى مجال عقلى صرف لا يتطلب أى مهارة بدنية .

وتزوج «هوكنج» عام ١٩٦٥م من «جين وايلد» التى استطاعت أن تلعب دوراً هاماً فى حياته وقدمت له الكثير من المساعدة حتى أنجز أطروحته . وأثناء السنوات التالية لحصوله على الدكتوراه ، عمل كباحث مشارك فى جامعة كمبريدج . وأنجز أول بحث رئيسى له عن «الإثبات الرياضى لبداية الزمن» . وبحلول أول السبعينات أخذت حالته الجسمانية تسوء حتى أصبح ملازماً لمقعده ذى العجلات . إلا أن ذهنه ظل سليماً وكان يحظى بذاكرة خارقة تساعده على حل وحفظ معادلات معقدة ونسج الهيروغليفيات الرياضية ، حتى أنه استطاع أن ينجز الكثير فى وقت كان الأطباء يعتقدون أن بقاء هوكنج حياً هو معجزة .

وفى عام ١٩٦٧م أثبت هوكنج أن القوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسية هما قوة واحدة . وتنبأ أن أحداثاً معينة ستحدث تحت ظروف معينة فى معجلات الجسيمات وهى تلك الأجهزة التى تسحق الذرات ويستخدمها الفيزيائيون لينزعوا الإلكترونات من ذراتها . كذلك تمكن من الوصول إلى نظرية موحدة للكون فيما يتعلق بالقوى الثلاث التى تقوم بالدفع والشد من داخل الذرة . وفى عام ١٩٦٨م قدم شرحاً وافياً لنظريته التى تقول «إن الكون بدأ كمفردة ذات كثافة نهائية تشبه الناتج الختامى لنجم فى تقلصه النهائى» . ثم وضع منهجاً رياضياً مفصلاً يمكن به للنقاط فى مكان ما أن تكون على علاقة سببية إحداها بالأخرى . والأمر ببساطة أنه فى النسبية العامة لا يمكن لحدثين أن يكونا على علاقة معاً إلا إذا أمكن وصلهما بسرعة تتساوى أو تقل عن سرعة الضوء .

وهوكنج مثل معظم الفيزيائيين النظريين يؤمن الآن أن السر فى أعظم هدف

محير بين كل الأهداف إنما يكمن فى الكون المبكر جداً ، فى اللحظة التى كان الزمن عندها يساوى جزء من التريليون من الثانية (١ على ١٠٠٠٠٠٠٠٠ من الثانية) بعد بدء الانفجار الأعظم ، عند هذه اللحظة كانت القوى الكلية فى الكون هى قوة واحدة . ويعتقد أن هناك تفسيرات عدة لبداية الزمان وأولها أنه لم يكن هناك أحد ليرصدها .

وفى عام ١٩٧٤م ، تم اختيار هوكنج عضو فى الجمعية الملكية ، وهى إحدى أشهر الهيئات العلمية فى العالم ، وقبوله فى الجمعية يعد نصراً كبيراً كان يعتقد منذ عشر سنوات أنه لن يعيش لعيد ميلاده الخامس والعشرين . ونال عام ١٩٨٢م شهادات شرفية من نوتردام وجامعات شيكاغو ونيويورك وبرنستون . كذلك منحته الملكة اليزابيث لقب كوماندور فى الإمبراطورية البريطانية .

وكما قال هوكنج أنه تأثر بالعالم جاليليو عالم الفلك الشهير الذى كان أول من عرف الجاذبية فى القرن السابع عشر والذى أعتبره هوكنج أنه «الجد الثقافي المباشر» ويصفه بأنه أول عالم بدأ بالفعل فى استخدام عينيه بالمعنى الفعلى والمجازى . وهو المسئول عن عصر العلم الذى نستمتع به الآن . وعلى العلماء اليوم أن يكونوا مثل جاليليو مستعدين لأن يخطوا خارج التيار الرئيسى ليخرجوا إلى ما يتجاوز الأفكار المقبولة ليصنعوا التقدم شرط أن يعرفوا أى طريق يسلكون . كما تأثر هوكنج بالعالم ألبرت أينشتين الذى كان يقول عنه أنه كان فيزيائياً بارعاً ، فمن نظريته النسبية أنطلق هوكنج للبحث فيما كان للزمان بداية ونهاية أم لا ؟ ومنذ عامين ألف هذا الموضوع كتاباً وضع له عنوان «التاريخ الموجز للزمان» هذا الكتاب تصدر قائمة المبيعات فى العالم والذى ترجمه إلي العربية الدكتور مصطفى فهمى .

وفى أحدث الإصدارات لعام ٢٠٠٢م نشر هوكنج كتاب بعنوان «نظرية كل شىء» استطاع فيه ومن خلال رحلته المثيرة عبر سبعة محاضرات أن يجعل القارىء يستمتع بالحقائق العلمية التى يبذلها العلماء من أجل معرفة الكون مثل نشأته حتى الآن .

فى المحاضرة الأولى بعنوان «أفكار حول الكون» تحدث هوكنج عن تاريخ الكون فى عصر بطليموس وحتى الآن . وطرح إطاراً فكرياً عن تطور الكون منذ لحظة الانفجار الأعظم إلى تكوين الثقوب السوداء . وفى المحاضرة الثانية بعنوان «الكون المتمدد» وصف هوكنج نظريات الجاذبية كما وضعها كل من نيوتن وأينشتين . وبين أن الكون لا يمكن أن يكون ساكناً . فإما يكون الكون متمدداً أو منضغطاً ،

وهذا يجعلنا نعود بالذاكرة إلى عشرة أو عشرين بليون سنة عندما كانت كثافة الكون لا نهائية ، هذا ما يسمى بالانفجار الأعظم .. وبداية الكون هكذا يقول هوكنج ! والمحاضرة الثالثة تتعلق بتكوين الثقوب السوداء فى الكون نتيجة لإنهيار النجوم العملاقة على نفسها بفعل جاذبيتها الذاتية . وبين هوكنج أوجه التناقض بين نظرية الجاذبية والنظرية الكمية الميكانيكية فى معالجة النقطة الانفرادية التى تصبح عندها الجاذبية لا نهائية . وفى المحاضرة الرابعة بين هوكنج كيف سمحت ميكانيكا الكم بأن تتسرب الطاقة من الثقوب السوداء ، وأن الثقوب السوداء ليست لونها أسوداً كما فى الدهانات . وفى المحاضرة الخامسة طبق هوكنج أفكار ميكانيكا الكم على الانفجار الأعظم ومصدر الكون . وهذه الأفكار تؤدى إلى أن الزمكانية (أبعاد الفراغ – والزمن) قد تكون محددة ولكن بدون فواصل أو حواف . وفى المحاضرة السادسة بين هوكنج كيف أن هذه الفواصل الجديدة المفروضة فسرت أن الماضي يكون مختلفاً عن المستقبل ، حتى أن قوانين الفيزياء تكون متناظرة زمنياً . وفى المحاضرة السابعة استعرض هوكنج الجهود المبذولة لمحاولة إيجاد نظرية موحدة لكل شيء تتضمن ميكانيكا الكم والجاذبية وجميع أنواع التفاعلات الأخرى فى الفيزياء ، وفى حالة بلوغ هذا الهدف ، عندئذٍ يمكننا فهم الكون وموقعنا عليه .

obeikandl.com

المحاضرة الأول
أفكار حول الكون

فى هذه المحاضرة يقول هوكنج منذ عام ٣٤٠ ق.م. قدم أرسطو فى كتابه عن «السماوات» جدلين هما :

١ – أن الأرض تكون على شكل كرة دائرية بدلاً من الفرض السائد بأنها كالبساط المستوى . ودعم هذا الاعتقاد مشاهدة ظل القمر وهو على شكل كرة دائرية عنها على شكل كرة بيضوية .

٢ – إن النجم القطبى يظهر فى السماء منخفضاً ، إذا نظرنا إليه من ناحية الجنوب عنها إذا نظرنا إليه من المناطق الشمالية . وقد تبين صحة هذا الاعتقاد بالمقارنة بين مشاهدة هذا النجم القطبى من مصر أو من اليونان .

هذا وقد خمن أرسطو طوى محيط الأرض بمقدار ربعمائة ألف ستاديا (والاستاديا هى وحدة الطول ومقدارها مائتان ياردة) وهذا المقدار يمثل ضعف محيط الأرض المعروف الأن .

وقد أضاف اليونانيون القدماء جدلية ثالثة حول كروية الأرض عند مشاهدة شراع السفن على المستوى الأفقى للبحر ، حيث يتم مشاهدة الجزء العلوى للشراع ثم يزداد حيز المشاهدة مع اقتراب السفن عن المشاهد . وفى طرحه أفكار حول الكون، يقول هوكنج أن أرسطو اعتقد أن الأرض لابد وأن تكون ساكنة وأن الشمس والقمر وباقى الكواكب والنجوم تتحرك فى مدارات دائرية حول الأرض . وبذلك تكون الأرض هى مركز الكون كله وأن المدارات الدائرية هى الأكثر ملائمة .

والجدير بالذكر أن العلماء فى العصر البطلمى ، تبنوا هذه الفكرة التى سادت القرن الأول بعد الميلاد من خلال وضع نموذج دراسى كونى متكامل . واعتمد برنامجهم هذا على فرض أن الأرض يجب أن تكون ساكنة وفى مركز الكون ويحوم من حولها ثمانى كرات تحمل القمر والشمس والنجوم وخمسة كواكب أطلق عليها اسم المشترى والزهرة والمريخ وجيوبتر والساترون . ولابد أن تحوم هذه الكواكب فى دوائر صغيرة مرتبطة بهذه الكرات من خلال مشاهدة المسارات المعقدة فى السماء. وتحمل الكرة الخارجية ما يسمى «بالنجوم الثابتة» التى تبقى فى مكانها بالنسبة لبعضها البعض والتى تدور حول الشمس .

ومن المعروف أن النموذج البطلمى هو نظام علمى دقيق للتنبأت بمواقع الأجسام السماوية . ومن أجل دقة التنبأ فرض البطالمة أن القمر يتبع مساراً حول

الأرض يصل إلى ضعف المسار الذى فرض حالياً . وهذا يجعل أن القمر يبدو أحياناً أكبر من حجمه ومقدار الضعف !

وفى عام ١٥١٤م ، وضع القس البولندى نيكولاس كوبرنيكوس نموذج مبسط للكون . وتتمثل فكرته بأن الشمس هى جسم ساكن فى المركز ويحوم حولها الأرض وباقى الكواكب .

وقد مكث هذا الاقتراح مدة قرن كامل من الزمان ، حتى أخذ العلماء هذه الفكرة بطريقة جدية ، خاصة بعد ظهور العالمان الفلكيان الألماني يوهانس كبيلر والإيطالى جاليليو جاليللى ودعمهما لنظرية كوبرنيكوس .

وفى عام ١٦٠٩م ، انتهت إلى ، لابد نظرية البطالمة ، وخلال هذا العام تمكن جاليليو من شاهدة السماء خلال الليل بمنظار اخترعه خصيصاً لهذا الشأن .

وقد استطاع جاليليو من مشاهدة الأقمار المختلفة التى تتبع باقى الكواكب . وفى نفس الفترة قدم كيبلر تعديلاً هاماً على نظرية كوبرنيكوس . وفى هذا التعديل افترض كبيلر أن الكواكب لا تتحرك فى دوائر ولكنها تتحرك فى مدارات بيضوية ، ولاحقاً ثم إثبات ذلك عن طريق المشاهدة العملية .

وفى عام ١٦٨٧م ، طرح نيوتن أسلوباً جديداً لتحليل حركة الأجرام السماوية. وفى هذا الشأن وضع نيوتن الفروض الأساسية لقانون الجاذبية العام . وينص هذا القانون علي ما يلي : «يتجاذب كل جسم فى هذا الكون مع جسم آخر بقوة . وتكون هذه القوة شديدة كلما ثقل الجسم وقرب من الجسم الآخر» . وهذه القوة هي القوة ذاتها التى تجعل الأجسام تهوى نحو الأرض .

وفى هذا الخصوص ، يروى هوكنج قصة إكتشاف الجاذبية وإرتباطها بسقوط التفاحة الشهيرة فوق رأس نيوتن ، ويقول أن نيوتن لم يقل ذلك ، بل أن إكتشاف قانون الجاذبية جاء بعد فترة صفاء كان نيوتن جالساً فى مزاج معتدل عندما جاءته الفكرة وكان ذلك فى مناسبة سقوط التفاحة . والجدير بالذكر ، أن نيوتن قد بين من خلال قانون الجذب العام ، يسبب دوران القمر فى مدار بيضوى حول الأرض وأن الأرض وباقى الكواكب يدوروا فى مسارات مختلفة بيضوية حول الشمس .

وبناء على ذلك ، وضع نيوتن تصوره عن الكون فى حدوده الطبيعية . وقد فرض نيوتن أن النجوم الثابتة تسلك نفس سلوك شمسنا ولكنها بعيدة جداً عنها . وفيما بعد اختلفت الآراء عن فكرة سكون النجم ، فطبقاً لقانون الجاذبية ، لابد أن تنجذب النجوم نحو بعضها البعض وهذا بالطبع لا يجعلها ساكنة .

وفى عام ١٦١٩١م ، دحض المفكر «ريتشارد بينتالي» وهو أحد مفكرى عصره

obeikandl.com

هذا الجدال ، بفرض أن الجاذبية تؤثر على عدد محدود من النجوم . أما فى حالة وجود عدد لا نهائى من النجوم موزعاً بطريقة أو بأخرى بشكل منتظم فى الفراغ اللانهائى ، فهذا التجاذب يحتاج لوجود نقطة مركزية تنجذب الأشياء نحوها .

وفى الكون اللانهائى ، تعتبر كل نقطة مركزاً مستقلاً ، وان كل نقطة تحتوى على عدد لا نهائى من النجوم على كل جانب منها . وبناء على هذه المعالجة ، اعتبر الوضع المحدود هو الذى تسقط فيه النجوم فوق بعضها البعض ، ويضيف هوكنج قائلاً ، نحن نعرف الآن ، أن وجود نموذج لا نهائى للكون الاستاتيكى مستحيل ، حيث أن قوة الجاذبية تكون جاذبة دائماً . ففى بداية القرن العشرين المنصرم ، كان هناك وجهتان للنظر هما :

١ – أن يتواجد الكون هكذا وفى وضع لا يتغير وقد خلق الكون فى شكل محدد فى الماضى وسيبقى هكذا إلى اليوم وفى المستقبل . وهناك اعتقاد داخلى بحقيقة أن الناس تكبر وتشيخ ثم يموتون ، بينما يبقى الكون على حاله دون أى تغيير .

والجدير بالذكر ، أن البعض أيقن أن نظرية نيوتن للجاذبية التى بينت أن الكون ليس كوناً استاتيكياً ساكناً ، لم يفكر هؤلاء أن الكون يمكن أن يتمدد . بل على العكس تماماً فقد حاول هؤلاء أن يجعلوا قوة الجاذبية تنافرية بين الأجسام التى تتواجد عند مسافات بعيدة . ولم يضيف هذا الفرض أى تأثير واضح على التنبأ بحركة الكواكب . إلا أنه قد يسمح فقط بالتوزيع اللانهائى للنجوم التى تبقى فى حالة توازن بين قوى الجذب مع النجوم القريبة وقوى التنافر مع النجوم البعيدة ويسود الاعتقاد أن هذا التوازن غير مستقر ، حيث أن النجوم فى منطقة ما قد تقع قريبة من بعضها ، فتكون قوة الجذب غالبة عن قوة التنافر وتصبح بالتالى هى القوة المؤثرة ، وهذا يجعل النجوم تتساقط باستمرار فوق بعضها البعض . أما إذا تغلبت قوة التنافر بين النجوم المتباعدة فهذا يجعلها بالضرورة تزداد تباعداً .

ويقول هوكنج ، أنه فى عام ١٨٢٣م ، استطاع العالم الألمانى «هينريتيش أولمار» أن يصف الكون اللانهائى الاستاتيكى عندما تضاء السماء كلها فى أحلق ظلمات الليل وتصبح كالشمس . وفى هذه الحالة فإن الضوء الصادر من النجوم البعيدة تخفت شدة إضاءتها عن طريق الامتصاص بواسطة المواد الكونية التى يتعرض لها ، حينئذٍ ترتفع درجة حرارة هذه الأجسام وتصل إلي درجة التوهج ، وبالتالي تصبح مضيئة وتتلألأ مثل النجوم .

بداية الكون : يقول هوكنج أن مناقشة بداية الكون منذ العهود الأولى قد حظيت بجهود مضنية من الفلاسفة والعلماء .

وتبعاً للأديان السماوية اليهودية والمسيحية والإسلام فإن الاعتقاد السائد هو أن الكون خلق هكذا وهو كون محدد تم تكوينه فى زمن قريب (وليس كما يتنبأ العالم بأن الكون نشأ فى الأزمنة السحيقة) . هذا الاعتقاد أدى إلى جدالين هما :

١ – لابد من وجود سبب أولى يشرح وجودية الكون !

٢ – ما هي التقنية التى أدت إلى تكوين الكون بهذه الصورة ؟

ويستطرد هوكنج ما عرضه القس «سانت أوجستين» فى كتابه عن «مدينة الآله» ، حيث قال أن الحضارة تتقدم ونحن نتذكر من أنجز لنا هذا التطور . والجدير بالذكر ، أن أوجستين قد قبل تاريخاً للكون مقداراً بحوالى ٥٠٠٠ عام قبل الميلاد كما ورد فى كتاب «تاريخ الكون» . وهذا العمر ليس بعيداً عن العصر الجليدى المحدد بعمر ١٠٠٠٠ عام قبل الميلاد ، والذى يعتبر التاريخ الحقيقى لبداية الحضارة.

كان أرسطو غير مقتنعاً بالأفكار اللاهوتية نحو نشأة الكون ، وأن البشر والعالم من حولهم خلقوا هكذا وسوف يستمرون إلي الأبد ، وهناك تنبؤات بأن العالم سوف يشهد حقبة من الكوارث الطبيعية والطوفان الذي سوف يعيد البشرية إلى الخلف عند بداية الحضارة فكثير من الناس يعتقدون أن ثبوت الكون أمر يتعلق بالميتافيزيقا . فأما وجد الكون هكذا فى حالة سكون وإلى الأبد وإما أنه كون متحرك نراه الآن فى زمن محدد كما لو أنه وجد هكذا وإلى الأبد .

ظل هذا الجدال بين ثبوت الكون وتحركه حتى استطاع العالم الفلكى «أدوين هابل» عام ١٩٢٩م . من مشاهدة حركة النجوم البعيدة مسرعة فى إتجاه بعيداً عنا.

وبناء على ذلك صرح هابل بأن «الكون يتمدد» .

وهذا يعنى أن الأجرام السماوية كانت قريبة من بعضها فى وقت مبكر ، منذ عشرة أو عشرين آلف مليون عام . هذا الاكتشاف وضع نهاية للسؤال حول بداية الكون ونقل الحوار إلى دائرة العلم . إن مشاهدات «هابل» فرضت أن هناك عصر يسمى الانفجار الأعظم عندما كان الكون منتهى الصغر ذو كثافة لا نهائية . فإذا كان هناك أى أحداث قبل ذلك ، فإنها بالطبع تكون أحداث مهملة لأننا لم نتمكن من مشاهداتها .

إذ يمكننا القول بأن الزمن قد بدء منذ الانفجار الأعظم ولكننا لا نستطيع تعريف هذا الزمن الأولى .

ففى حالة نموذج وصف الكون الاستاتيكى الذى لا يتغير لا يوجد أى معنى فيزيائى للزمن ، أما فى حالة أن الكون يتمدد ، لابد وأن يكون هناك سبب فيزيائى يجيب عن السؤال لماذا كان هناك بداية ؟ ومازال الاعتقاد بأن الله قد خلق الكون منذ لحظة الانفجار الأعظم . ولذلك لا يوجد أى معنى لوجود الكون قبل هذه اللحظة . فتمدد الكون لا يلغى وجودية الخالق ، بل وضع حداً للسؤال متى بدء العمل فى نشأة الكون ؟

obeikandl.com

obeikandl.com

المحاضرة الثانية

الكون المتمدد

ساد الاعتقاد ولفترة طويلة أن شمسنا والنجوم القريبة والتى تشكل «مجرة طريق اللبانة» تمثل الكون كله . إلا أن مشاهدات «هابل» عام ١٩٢٤م ، بينت أن مجرتنا ليست هى المجرة الوحيدة فى الكون ، بل هناك مجرات عديدة أخرى يفصل بينها فضاء فارغ .

وكان «هابل» يحتاج لإثبات ذلك إلى قياس المسافات بين المجرات . فنحن نستطيع بطرق فلكية تعيين المسافات بين النجوم عن طريق مشاهدتها وتحديد موضعها بالنسبة لدوران الأرض حول الشمس .

أما في حالة قياس المسافات بين المجرات البعيدة ، والتي تعتمد على تغيير مواضعها ، فلا تصلح هذه الطريقة الفلكية التقليدية ، حيث أن هذه المجرات تبدو لنا كما لو أنها ساكنة فى مكانها . ولذلك فقد لجأ «هابل» إلى استخدام طرق غير مباشرة لقياس المسافات بين المجرات المختلفة . فمن المعروف الآن ، إن بريق النجم يعتمد علي عاملين أساسيين هما : شدة الاستضاءة وبعد النجم عنا . ويمكن تعيين المسافات بين النجوم القريبة عن طريق قياس شدة استضاءتها .. وبالتالي يمكن تعيين المسافات بين المجرات الأخرى عن طريق ظهور بريق نجومها . وقد وجد «هابل» أن بعض النجوم القريبة من بعضها لها دائماً نفس درجة البريق . فإذا استطعنا قياس شدة الاستضاءة لعدد من النجوم فى نفس المجرة وكانت الحسابات تعطى نفس المسافة ، كان هذا تأكيد على صحة التخمين . وبهذه الطريقة نجح «هابل» فى قياس بعد عدد تسع مجرات مختلفة .

وتعتبر مجرتنا هى المجرة الوحيدة التى تحتوى على بضعة من مائة ألف مليون نجم والتى يمكن مشاهدتها بواسطة التليسكوب العصرى الحديث . وكل مجرة فى الكون تحتوى على مائة ألف مليون نجمة .

يقول هوكنج ، نحن نعيش على مجرة عمرها مائة ألف سنة ضوئية (السنة الضوئية هى المسافة التى يقطعها الضوء فى عام) . والنجوم بها تدور ببطىء على هيئة أذرع حلزونية حول مركز المجرة مرة واحدة كل مائة مليون عام . والجدير بالذكر أن شمسنا هى نجمة عادية صفراء متوسطة الحجم وتقع بالقرب من إحدى الحواف فى إحدى الأذرع الحلزونية . وتعتبر هذه المعلومات بعيدة كل البعد عن التصور الذى وضعه أرسطو والبطالمة منذ العصور الأولى بأن الأرض هى مركز الكون .

والنجوم البعيدة تظهر لنا على هيئة نقاط مضيئة ، فكيف نستطيع تعيين

حجَمها أو شكلها ؟ وكيف نفرق بين أنواعها ؟ فأغلبية النجوم تتفق فيما بينها بخاصية واحدة صحيحة يمكن ملاحظتها ، هذه الخاصية هى ألوان الطيف الخاصة بها .

لقد اكتشف «نيوتن» أن ضوء اشمس يتحلل إلى مركبات لونية مختلفة مثل قوس قزح ، إذا مر خلال منشور زجاجي . وبواسطة التليسكوب يمكن مشاهدة الأطياف الضوئية الصادرة من النجم ومقارنتها مع بعضها . وعن طريق معرفة الأطوال الموجية وشدة الاستضاءة يمكن تعيين درجة حرارة النجم . وقد لوحظ بفحص بعض أطياف النجوم إختفاء بعض الألوان بها وهذا يختلف من نجم إلى آخر . ويعود ذلك لإختلاف المواد الكيميائية على النجم . هذه المواد هى المسئولة عن امتصاص بعض من ألوان الضوء . وبمعرفة الأطوال الموجية للخطوط المختفية يمكننا معرفة العناصر التى يتكون منها المناخ الجوى حول النجم .

وفى عام ١٩٢٠م قـد عرف علماء الفلك أن أطياف النجوم فى المجرات الأخرى بالإضافة إلى تميزها بإختفاء بعض الخطوط الطبقية أن هذه الأطياف تزاح جميعها نحو الطرف الأحمر من الطيف . والتفسير الوحيد المقبول هو أن هذه المجرات تتحرك بعيداً عنا وأن تردد الموجات الضوئية ينخفض ويسمى هذا التأثير «بتأثير دوبلر» .

يمثل إكتشاف تمدد الكون أكبر ثورة ذكية فى القرن العشرين والمدهش فى الأمر هو أنه لم يفكر أحد من قبل فى ذلك ، فسلوك تمدد الكون يمكن تفسيره عن طريق نظرية نيوتن للجاذبية فى القرون السابقة . حتى عندما وضع «أينشتين» نظريته عن النسبية عام ١٩١٥م ، كان متأكداً من أن الكون ساكن ولا يتمدد . ونراه قد عدل من نظريته بإضافة ثابت كونى جديد أطلق عليه قوة «ضديد الجاذبية» .

وبرر نشأة هذا الثابت فى نسيج الزمكانية ، الذى يعمل على توازن الكون ومنع جميع المواد به من التجاذب، أى أنه توصل فى النهاية إلى نتيجة أن الكون ساكن .

نماذج فريدمان :

استطاع الفيزيائى الروسى «الكسندر فريدمان» أن يفسر تمدد الكون باستخدام النظرية النسبية العامة .

والمعروف أن حل معادلات النسبية العامة «لأينشتين» والتى تستخدم فى معرفة تطور الكون مع الزمن يكون صعباً ، من أجل ذلك ، وضع فرديمان فرضين بسيطين حول الكون هما :

١ – يكون الكون متماثلاً بالنظر إليه فى أى إتجاه .

٢ – يظهر الكون كما هو عند النظر إليه من أى مكان أخر .

وفى الحقيقة استطاع فريدمان عام ١٩٢٢م ، عن طريق هذين الفرضين أن يكتشف تمدد الكون كما اكتشفها «هابل» بعد ذلك . وفى عام ١٩٦٥م ، تأكد الفيزيائيان الأمريكيان «أرنو بينزايس» ، «وروبرت ويلسون» من صحة فروض فريدمان ، وذلك باستخدام كواشف حساسة لرصد الموجات الكهرومغناطيسية فى مدى الموجات الدقيقة التى تستخدم فى الأقمار الاصطناعية . وقد حازا كل منهم على جائزة نوبل فى العلوم عام ١٩٧٨ .

ومن أول نظرة لجميع هذه الدلائل عند مشاهدة الكون ويرى كما هو ومن أى مكان ينظر إليه يبدو لنا أن هناك شيء مميز فى مكاننا (على الأرض) فى هذا الكون . وعلى وجه الخصوص يبدو أننا ، نستطيع ملاحظة المجرات وهى تتحرك بعيداً عنا . إذاً لابد وأن نكون فى مركز الكون . ولكن يوجد هناك تفسير أخر .. هكذا يقول هوكنج : يظهر الكون كما هو بالنظر إليه من أى مجرة أخرى . وهذا هو الفرض الثانى «لفريدمان» .

نحن لا نملك أى أدلة لتأييد أو رفض هذا الاقتراح ، بل نعتقد أن هذا الفرض ما هو إلا أرضية متواضعة . ففى نموذج فريدمان تتحرك جميع المجرات فى إتجاه بعيداً عن بعضها البعض ، هذا الوضع يشبه وضع الهواء داخل بالون عليها بقع ملونة . فكلما تمدد البالون إزدادت المسافات بين البقع ، ولكن لا توجد أى بقعة يمكن القول بأنها مركز التمدد . وكذلك لما إزدادات المسافات بين البقع ، كلما إزدادت سرعة تحركها بعيداً ع بعضها .

وبالمثل في نموذج فريدمان تكون سرعة تحرك أى مجرتين بعيداً عن بعضهما متناسبة طردياً مع المسافة التي تفصل بينهما . وبناء على ذلك فقد جاء التنبؤ بأن الإزاحة نحو الطيف الأحمر للمجرة قد يتناسب مباشرة مع المسافة التى يبعد ها عنا، وهذا هو ما اكتشفه هابل بالضبط . وبالرغم من نجاح هذا النموذج وتنبؤاته بمشاهدات هابل ، إلا أن أعمال فريدمان ظلت غير معروفة فى الغرب ولمدة طويلة . لقد عرفت هذه الأعمال عام ١٩٣٥م عندما اكتشف الفيزيائى الأمريكى «هاورد روبيرتسون» وعالم الرياضيات الإنجليزي «آرثر ووكر» التمدد المنتظم للكون .

وبالإضافة إلي ما اكتشفه فريدمان هناك فى الحقيقة ثلاثة أنواع من النماذج التى تحقق فرضى فريدمان الأساسيين . النموذج الأول هو : يحدث تمدد الكون بطريقة بطيئة نتيجة لقوة التجاذب بين المجرات . هذه القوة تعمل على إبطاء التمدد أو حتى وقفه حينئذ ، تبدأ المجرات فى التحرك نحو بعضها البعض وينضغط الكون .

وعندما تبدو المسافة بين مجرتين متجاورتين أن تقترب من الصفر ، تتحرك المجرتين مبتعدة عن بعضها وتزداد المسافة بينهما حتى تصل إلى قيمة عظمى ثم تقل مرة أخرى إلى أن تقترب من الصفر ... وهكذا .

والنموذج الثانى هو نوع من الحل ، فالكون يتمدد بسرعة كبيرة لا تستطيع قوة الجذب الحد منها أو إبطائها بتاتاً .

فى هذه الحالة تبدأ المجرتان المتجاورتان فى التحرك بعيداً عن بعضهما عندما تكون المسافة بينهما صفر ، ثم يتحركان بعيداً بسرعة منتظمة . أما فى النموذج الثالث ، فإن الكون يتمدد بسرعة كافية تكفى فقط لمنعه من إعادة الإنهيار . فى هذه الحالة تكون المسافة بين المجرتين عند البداية صفراً ، ثم تزداد وإلى الأبد . وبالتالي تنخفض سرعة حركة المجرات رويداً رويداً ولكنها لا تصل أبداً إلى مقدار الصفر .

ويقول هوكنج . إذا أضفنا كتل جميع النجوم التى نراها فى مجرتنا والمجرات الأخرى ، فإن مجموعها لا يتعدى $\frac{1}{100}$ من الكمية الكتلية المطلوبة لوقف تمدد الكون . ولكننا نعرف أن مجرتنا والمجرات الأخرى لابد وأن تحتوى على مواد معتمة لا يمكن رؤيتها مباشرة وهى ذوات كتل كبيرة . بالطبع نحن نستشعر وجود هذه المواد المعتمة من خلال تأثير قوة جاذبيتها على المدارات الخاصة بالنجوم والغاز فى المجرات. بالإضافة إلى ذلك فقد وجد أن أغلب المجرات تتواجد فى عناقيد ، وبالمثل يمكن استشعار تأثير الأجسام المعتمة فى المجرات من خلال تأثيرها على حركة هذه المجرات فى عناقيدها . وعندما تجمع كتل هذه المواد المعتمة فإننا نحصل على $\frac{1}{10}$ من مقدار الكتلة المطلوب لإيقاف تمدد الكون . فحتى الأن لم نعرف بعد متوسط كثافة الكون لتحديد الكتلة الحراجة اللازمة لوقف تمدده .

وبناء على ذلك ، فإن الدليل الحالى يفرض تمدد الكون إلى الأبد . ولكننا لا نعول على هذا الافتراض ، والذى نحن متأكدين منه أنه حتى فى حالة حدوث إنهيار كونى ، فإن ذلك سوف يستغرق على الأقل عشرة آلاف مليون عام ، حيث أن تمدد الكون استغرق أكثر من ذلك وهذا بالطبع لا يشغل بالنا ، حيث أنه فى هذا الوقت المستغرق ، حتى إذا استطعنا بناء مستعمرات فيما وراء النظام الشمسى ، فإن العنصر البشرى سوف يفنى بموت شمسنا .

الانفجار الأعظم :

من خلال حلول فريدمان فإنه فى وقت ما من الماضى يتراوح بين عشرة إلى عشرين ألف مليون عام مضى ، كانت المسافة بين المجرات المتجاورة صفراً . عند هذا الوقت ، نحن ندعيه «الانفجار الأعظم» ، إن كثافة الكون وإنحناؤه الزمكانى لابد وأن يكون لا نهائياً . هذا يعنى طبقاً لقوانين النسبية العامة التى اعتمدت عليها

حلول فرديمان قد تنبأت بوجود نقطة انفرادية في هذا الكون . فجميع النظريات العلمية التي نعرفها تم صياغتها بفرض أن الزمكانية ملساء وتقريباً منبسطة . هذه الصياغة تتحطم جميعها عند انفرادية الانفجار الأعظم ، حيث يصبح الإنحناء الزمكاني لا نهائي . وهذا يعني حتى لو كان هناك أي أحداث قبل الانفجار الأعظم، فلا يستطيع أحد استعمالهم لتعيين ما قد يحدث بعد ذلك نظراً لأن هذا التنأ يتحطم عند الانفجار الأعظم .

وبناء على ذلك فنحن نعرف فقط ماذا حدث عند لحظة الانفجار الأعظم ولكننا لا نعرف ماذا حدث قبل ذلك ! وما يهمنا في الأمر أن أحداث ما قبل الانفجار الأعظم ليس لها أي جدوى ، فهي لا تشكل أي جزء من النماذج العلمية لهذا الكون . ولذلك فإننا نهمل وجود هذا الأحداث ويمكننا القول بأن الزمن قد بدأ عند الانفجار الأعظم .

وبعض الناس لا يروق لها فكرة أن للزمن بداية وهذا يعود إلى التفسيرات اللاهواتية في هذا الموضوع . وقد استعرض هوكنج المحاولات التي بذلت لدحض فكرة حدوث الانفجار الأعظم . وذكر جهود عالمان روسيان هما «ايفجني ليفشتز» و «اسحاق خالاتنيكوف» اللذان فرضا عام ١٩٦٣م ان الانفجار الأعظم قد يكون حالة خاصة في نموذج فريدمان وهو لا يتعدى سوى تقريب أولي للكون الحقيقي . ففي نماذج فريدمان تتحرك المجرات مباشرة متباعدة عن بعضها البعض ، فليس من المستغرب أنها عند وقت ما ف الماضي كانت جميعها في نفس المكان . إلا أن في الكون الحقيقي ، نرى أن المجرات لا تتحرك فقط بعيداً عن بعضها ولكن لها أيضاً يسرعات صغيرة جانبية ، ولذلك لا يمكن أن تتواجد هذه المجرات بالضبط في نفس المكان ، بل في أماكن قريبة منها . وربما يكون التمدد الكوني لم يحدث نتيجة للانفرادية عند الانفجار الأعظم بل نتيجة لطور انضغاطي سابق ، فعند انهيار الكون لم تتصادم جميع جسيماته ، وبعضها مرق بعيداً عن بعضها مسببة التمدد الحالي للكون .

فكيف يمكننا القول أن الكون الحقيقي قد بدأ عند الانفجار الأعظم . وبالرغم أن أعمال «ليفشتز وخالاتنكوف» كانت قيمة ، حيث أنها بنيت أن الكون له نقطة انفرادية هي الانفجار الأعظم ، إلا أنهما لم يستطيعا أن يجزما أن قوانين النسبية العامة قد تنبأت بهذا الانفجار الأعظم وأن للزمن بداية ! وقد جاءت الإجابة في منهج مختلف تماماً بدء عام ١٩٦٥م / عندما نجح الفيزيائي الإنجليزي «روج بنروز» من استخدام الشكل المخروطي للضوء كسلوك في النسبية العامة ليبين إنهيار النجوم تحت تأثير جاذبيتها الذاتية . هذه الجاذبية تكون حبيسة في منطقة تنكمش حوافه إلى أن

يصبح حجمها صفراً . وهذا يعنى أن كل المواد داخل النجم سوف تنضغط فى منطقة حجمها صفر ، حينئذٍ ، تصبح كثافة المادة والإنحناء الزمكانى لا نهائيان أي أن لدينا إنفرادية متضمنة فى منطقة زمكانية تعرف بالثقب الأسود . ولأسباب فنية تطلبت نظرية «بينروز» أن يكون للكون فراغ لا نهائى ، لذلك وكما يقول هوكنج فإنه استخدم هذه النظرية لإثبات أن الانفرادية تحدث فقط إذا كان الكون متمدداً بسرعة كافية لمنع الإنهيار الكونى مرة أخرى . وقد اشترك هوكنج مع نيروز عام ١٩٧٠ فى تطوير تقنية رياضية لإزالة الشروط الفنية السابقة وأثبتا أن انفرادية الانفجار الأعظم يمكن التأكد منها إذا صحت قوانين النسبية العامة وأن الكون لابد وأن يحتوى على مواد أخرى كثيرة لم نستطع مشاهداتها بعد .

obeikandl.com

المحاضرة الثالثة

الثقوب السوداء

مصطلح «الثقب الأسود» بدأ حديثاً عندما تمكن العالم الأمريكي «چون ويلر» عام ١٩٦٩ من استحداث فكرة الوصف الهندسي للكون طرحت هذه الفكرة منذ مائتى عام . فى هذا الوقت كان هناك نظريتان للضوء . أحدهما تفسر الضوء بأنه مركب من جسيمات دقيقة والأخرى تفسره بأنه يتكون من موجات .

وفى الوقت الحالى ، نحن نعرف أن كلتا النظريتين صحيحيتان وطبقاً للإزدواجية بين الموجية والجسيمية فى ميكانيكا الكم فإنه يمكن النظر إلى الضوء كما لو أنه موجة وجسيم فى آن واحد . ومن خلال النظرية الموجية ، ليس معروفاً بالضبط كيف يمكن أن يستجيب الضوء لقوة الجاذبية . أما إذا كان الضوء مكوناً من جسيمات ، فيمكننا التوقع أن هذه الجسيمات قد تتأثر بالجاذبية بنفس الطريقة التى تتأثر بها المقذوفات والصواريخ والكواكب وخلافه . وبناء على هذا الغرض أشار العالم الإنجليزى عام ١٧٨٣م «چون ميكل» إلى أن النجم الثقيل والمضغوط يكون له جاذبية شديدة هذه الجاذبية لا تسمح بالضوء الساقط على النجم بالهروب . فالضوء المنبعث من سطح النجم يسحب عائداً إلى الخلف تحت تأثير الجذب بفعل الجاذبية قبل أن يرحل بعيداً . وقد فرض «ميكل» أن هناك أعداداً كبيرة من النجوم لها هذه الخاصية . وبالرغم من عدم قدرتنا على رؤية هذه النجوم لعدم وصول الضوء الصادر منها إلينا ، إلا أننا مازالنا نستشعر بقوة جاذبيتها . هذه الأجسام نعرفها الآن باسم «الثقوب السوداء» .

والجدير بالذكر أن العالم الفرنسي «ماركوس دى لابلاس» استطاع بعد عدة سنوات من طرح فرض مماثل لما طرحه «ميكل» فى كتابه الذى أسماه «نظام العالم» ، وفى الحقيقة ليس معقولاً أن نعالج الضوء كما تعالج نظرية نيوتن للجاذبية المقذوفات نظراً لثبوت سرعة الضوء . فمثلاً عندما يقذف المقذوف إلى أعلى بعيداً عن الأرض ، سرعان ما تتباطأ سرعته حتى يتوقف ويسقط على الأرض مرة أخرى .

أما فى حالة الفوتون (وهو جسيم يحمل خاصية الضوء) لابد أن يستمر فى الصعود إلى أعلى بسرعة ثابتة .

إذاً ، كيف تؤثر قوة الجاذبية لنيوتن على الضوء ؟ يقول هوكنج أن إجابة هذا السؤال جاءت بعدما قدم أينشتين فروض النسبية العامة . ويضيف لكى نفهم كيف يتكون الثقب الأسود ، لابد أولاً فهم دورة حياة النجم . فالنجم يتكون عندما تبدأ كمية كبيرة من الغاز (معظمه غاز الهيدروچين) من الإنهيار على بعضه بفعل قوة

الجاذبية ويحدث تصادم بين ذراته . وينتج عن هذا التصادم رفع درجة حرارة الغاز . وعندما يسخن الغاز بدرجة كافية يحدث إندماج بين ذرات الهيدروچين وبالتالي يتكون غاز الهليوم والحرارة المنبعثة فى هذه الحالة تجعل النجم براقاً .

كما أن هذه الحرارة ترفع من ضغط الغاز حتى يحدث تعادل مع قوة الجاذبية ويتوقف الغاز عن الإنكماش . وهذا يشبه البالون والإتزان بين ضغط الهواء بالداخل والتى تعمل على تمدد البالون وشد المطاط فى محاولة لوقف هذا التمدد . والنجوم تبقى فى حالة الاستقرار والتوازن بين الحرارة الناتجة عن التفاعل النووى وقوة الجذب. ويخفق النجم عندما يفقد وقوده النووى (غاز الهيدروچين). والجدير بالذكر، أن شمسنا لديها وقود نووى يكفى لمدة خمسة آلاف مليون عام . وكذلك فإن النجوم الثقيلة لديها مخزون من الوقود النووي يكفى أن تستمر لمائة مليون عام ، وهذا العمر يعتبر قليلاً مقارنة بعمر الكون . وعندما يفقد النجم وقوده النووى تبدأ مرحلة التبريد وينكمش النجم . وقد تساءل الفليسوف الهندى «سوبرا همانيان شندرا سيخار» (الذى درس عام ١٩٢٠ علم الفلك مع الفلكى الانجليزى «سير أرثر ادبنجتون») ، عن بقاء النجم بعد فقد الوقود النووى : والفكرة فى ذلك هى عندما يصبح النجم صغيراً وتتقارب الجسيمات من بعضها ، وطبقاً «لمبدأ پولي» يقال أنه لا يمكن أن يتواجد جسمين فى نفس الموقع بنفس السرعة ، فهذا يفسر لنا أن الجسيمات تتحرك بسرعات مختلفة . وهذا يجعلها تتحرك بعيداً عن بعضها ويتمدد النجم .

وعند الإتزان بين قوة التنافر وقوة التجاذب يحتفظ النجم بنصف قطر ثابت . والنظرية النسبية وصفت حداً للقيمة العظمى للسرعات التى تتحرك بها الجسيمات بالنجم مقارنة بسرعة الضوء . وهذا يعنى أنه عندما يصبح النجم ذو كثافة كافية ، فإن قوة التنافر (نتيجة لمبدأ پولى) تكون أقل من قوة التجاذب . وقد تمكن «شندراسيخار» من حساب قوة الجاذبية اللازمة لاستقرار النجم وأطلق على ذلك «حد شندراسيخار» فى هذه الحالة تكون كتلة النجم مرة ونصف ضعف كتلة شمسنا ، وبالنسبة للنجوم الثقيلة فإنها بفعل إنكماشها تصل فى النهاية لحالة «القذم الأبيض» . ويكون قطر النجم فى هذه الحالة بضعة آلاف من الأميال وكثافته مئات الأطنان لكل بوصة مكعبة والنجوم التى تتجاوز كتلتها «حد شندراسيخار» تعاني من مشكلة كبيرة عندما تصل إلى نهاية وقودها النووى . فى بعض الحالات تنفجر هذه النجوم أو يمكنها قذف بعض المواد التى تحتويها لخفض كتلتها لتصبح أقل من هذا الحد .

ويقول هوكنج ، أنه من الصعب الاعتقاد بأن هذه الطريقة تحدث دائماً مهما

كبر النجم ! إذ ، كيف نعرف أن النجم فقد جزءاً من وزنه ؟ وماذا يحدث إذا أضفنا كتلة ما إلي القزم الأبيض أو (نجم النيترون الذى يحتوى على نيوترونات متعادلة كهربائيًا فقط) حتى يبلغ هذا الحد ؟ هل ينهار النجم حتى تبلغ كثافته لا نهاية ؟

لقد رفض «ادينجتون» نتائج «شندراسيخار» فلا يمكن للنجم أن ينهر بهذه البساطة إلي أن يصل إلى حيز النقطة . هكذا كانت هذه هى وجهة نظر العلماء ! حتى أينشتين قد كتب بحثًا يشكك إمكانية ضمور النجم إلى نقطة الصفر . ولم يتم معالجة إنهيار النجوم التى تزيد كتلتها عن حد شندراسيخار إلا فى عام ١٩٣٩ على يد العالم الأمريكى الشاب «روبرت أوبنهيمر» وكان ذلك فى إطار النسبية العامة . وقد فرضت نتائجه عدم إمكانية رصد أى مشاهدات لإنهيار النجوم بواسطة التليسكوب الفلكى الذى كان متوفراً فى ذك الوقت . والجدير بالملاحظة أن أحداث الحرب العالمية الثانية شغلت كثير من العلماء حتى أبوبنهيمر نفسه انغمس فى مشروع إنتاج القنبلة الذرية ، ونتج أن ذلك إهمال قضية إنهيار النجوم على نفسها بفعل قوة جاذبيتها حتى عام ١٩٦٠م .

ونحن نعرف الآن الصورة التى وضعها أبونهيمر كما يلي :

يغير مجال الجذب للنجم من مسار الأشعة الضوئية فى المحيط الزمكانى مقارنة بإنعدام وجوده فى هذه الحالة يصبح المسار الضوئى مخروطى الشكل ، وهذا يبين أن هذا المسار يتبع الفراغ والزمن عن طريق ومضات الضوء المنبعث من رأس المخروط وبالتالى ينحنى المسار الضوئى إلي الداخل بالقرب من سطح النجم . ويمكننا ملاحظة هذا الإنحناء عند مشاهدة كسوف الشمس . كلما إزدادت جاذبية النجم كلما زاد انضغاطة ويزداد بالتالى إنحناد الضوء إلى الداخل وهذا يجعل هروب الضوء من النجم صعباً للغاية ويبدو الضوء معتماً وتندر مشاهدته عن بعد .

وطبقاً لفروض النسبية العامة لا يوجد أي شيء يمكنه التحرك بسرعة أسرع من الضوء . وبناء على ذلك ، فإذا لم يستطع الضوء الهروب فلا يمكن لأى شيء آخر بالنجم الهروب أيضاً . فجميع الأشياء تنجذب إلى الخلف بفعل مجال الجاذبية ، ونحن لا يمكن متابعة هذه الأحداث وتصبح هناك منطقة زمكانية لا يمكننا تسجيل أو مشاهدة ما يجرى فيها من أحداث . وتعرف الآن ، هذه المنطقة الزمكانية «بالثقب الأسود» وتعرف حوافها بخط الأفق الذى يتحدد عند تطابق مسار الأشعة الضوئية مع تلك التى تبدأ فى العودة للخلف إلى الثقب الأسود .

ولكى نفهم ماذا يحدث عند إنهيار النجم ، علينا أن نتذكر أن الزمن المطلق غير موجود فى نظرية النسبية وبناء على ذلك يمكن لكل مشاهد قياس الزمن الخاص به.

فالزمن الذى يحدده أى أحد على نجم ما يختلف عن الزمن الذى يحدد على نجم أخر بعيد . وسبب الاختلاف هو جاذبية النجم . واختلاف الزمن نتيجة لاختلاف شدة مجال الجاذبية تم دراسته على الأرض عند ملاحظة فرق التوقيت للساعات الموضوعة أسفل وأعلى قمة برج مائى . وبفرض أن فلكياً موجوداً على سطح نجم فى حالة إنهيار أرسل إشارة كل ثانية تبعاً لتوقيت ساعته الموجودة فى سفينة فضائية فى مدارها حول النجم . على سبيل المثال ، إذا كان التوقيت لحظة إنكماش النجم هو الحادية عشرة ، ونتيجة لقوة جاذبية النجم عند هذه اللحظة لم تتمكن الإشارات المرسلة من الوصول إلى السفينة الفضائية . يلاحظ أن الأحداث التى تحملها الإشارات فى وقت أقل من الحادية عشرة قل عند الساعة ١٠,٥٩,٥٩ قد تتأخر أكثر مقارنة باللحظة عند الساعة ١٠,٥٩,٥٨ إلا أن الإشارة المرسلة عند الساعة الحادية عشرة قد تنتظر إلى الأبد ولا تصل أبداً إلى السفينة الفضائية .

وبناء على ذلك فإن الفترات الزمنية بين وصول موجات متتابعة إلى سفينة الفضاء سوف تزداد ويصبح الضوء الصادر من النجم خافتاً رويداً رويداً تم ينعدم وبالتالى يصبح النجم معتماً ولا يمكن رؤيته من سفينة الفضاء .

وقد تؤثر جاذبية الثقب الأسود علي سفينة الفضاء ذاتها وتنجذب إلى داخله .

وقد تحدث هوكنج عن الأبحاث التي أجراها مع روجر بنروز فى الفترة بين عام ١٩٦٥م وعام ١٩٧٠م ، حيث بينا أنه طبقاً لنظرية النسبية العامة لابد من وجود انفرادية للكثافة اللانهائية خلال الثقب الأسود ، مثل ما يحدث عند الانفجار الأعظم عند بداية الزمن ، فقط قد ينتهى الزمن عند إنهيار الجسم والفلكى . فعند نقطة الانفرادية تتحطم جميع التنبؤات والقوانين العلمية المصاحبة . إلا أن المشاهد البعيد عن هذه الانفرادية قد لا يتأثر بفشل هذه التنبؤات ، نظراً لعدم استقباله أى إشارة ضوئية من هذه النقطة الانفرادية وهناك بعض الحلول لمعادلات النسبية العامة يمكن من خلالها أن يشاهد الفلكى «الانفرادية العارية» . فقد يتمكن تحاشى التصادم مع الانفرادية وبدلاً عن ذلك يسقط فى «الثقب الملتوى» ويخرج فى المنطقة الأخرى للكون .

وهذا بالطبع سوف يخلق إمكانية للسفر عبر الفراغ والزمن ولسوء الحظ كما يقول هوكنج فإن هذه الحلول تبدو غير مستقرة ، فأى اضطراب مثل وجود الفلكى نفسه قد يغير من هذه الحلول وتجعله لا يرى الانفرادية حتى يصطدم بها وينتهى وقته . وبمعنى أخر فإن الانفرادية تقع دائماً فى مستقبله ولا تقع فى ماضيه أبداً .

والجدير بالذكر أنه فى عام ١٩٦٧م ، حدثت ثورة فى دراسة الثقوب السوداء

بعد نشر بحث فى مدينة دوبلن بأيرلندا بواسطة «ويرنر إسرائيل» ، الذى بين فيه أن أى ثقب أسود لا يدور يكون مستديراً تماماً أو كروى الشكل . ويعتمد حجم الثقب الأسود على كتلته فقط .

وهذه النتيجة كان من الممكن الوصول إليها منذ عام ١٩١٧م فى الحلول الخاصة لمعادلات أينشتين . وجاءت تفسيرات الناس للنتيجة التى توصل إليها هذا العالم بأن الثقب الأسود يتكون عند إنهيار الأجسام مستديرة أو كروية الشكل . ونظراً لأنه لا يوجد جسم فى شكل كروى تماماً ، هذا يعنى بصفة عامة أن الإنهيار الجاذبى قد يؤدى إلى «الانفرادات العارية» . وقد دافع «بنروز» عن هذه النتائج قائلاً أن الثقب الأسود يشبه كرة من المائع (السائل) . لقد بنيت النتائج التى توصل إليها «إسرائيل» على الثقوب السوداء التى تتشكل من أجسام لا تدور .

وبالمقارنة مع «كرة السائل» يتوقع المرء أن تكون الثقوب السوداء قد نشأت بواسطة إنهيار الأجسام الدائرة . وبناء على ذلك ، يكون شكل الثقب الأسود غير مستدير تماماً . وسوف يكون متفخاً عند خط الاستواء نتيجة لتأثير حركة الدوران . والجدير بالذكر ، أننا لاحظنا إنتفاخ صغير على شمسنا بسبب دورانها مرة كل خمسة وعشرون يوماً . وقد أوضح العالم النيوزلاندى «روى كير» عام ١٩٦٣م أن الثقوب السواء تدور بمعدل ثابت وأن حجمها وشكلها يعتمدان فقط على كتلتها ومعدل دورانها .

وفى عام ١٩٧٠م استطاع «براندون كارتر» أحد تلامذة هوكنج أن يخطو أول خطوة نحو إثبات تخمين «كير» سابق الذكر . وقد بين أن للثقب الأسود محور تماثل يجعل دورانه مستقراً مثل «برم» لعبة النحلة الذى يعتمد شكلها وحجمها فقط على كتلتها ومعدل دورانها . وقد أثبت هوكنج عام ١٩٧١م ، إن دوران الثقب الأسود المستقر بالقطع يتطلب هذا المحور التماثلى . وقد استخدم دافيد روبنسون من الكلية الملكية بلندن نتائج هوكنج وكارتر وبين صحة هذا التخمين وأن الثقب الأسود بالطبع هو أحد حلول كير ، فبعد الإنيهار الجاذبى يكون الثقب الأسود فى حالة دوران وغير نابض ويعتمد شكله على كتلته ومعدل دورانه ولا يعتمد على الطبيعة الذى إنهار وتشكل منها . وتعرف هذه النتيجة بالحكمة «ان الثقب الأسود ليس له شعر» ! وهذا يعنى أن الكم الهائل من المعلومات حول الجسم الذى إنهار تفقد تماماً بعد تكوين الثقب الأسود ، حيث أن كل ما يمكن قياسه بعد ذلك هو الكتلة ومعدل الدوران . وتعتبر الثقوب السوداء هى من الحالات القليلة فى التاريخ

العلمى الذى تقدمت فيه البحوث النظرية والنماذج الرياضية قبل أن تثبت المشاهدات صحتها : وكان الجدال الرئيسى الذى يعارض فكرة وجود الثقوب السوداء ناتج عن أن الحسابات بنيت أساساً على فروض النسبة العامة المشكوك فى أمرها .

والجدير بالذكر أن الفلكى «مارتن سميث» فى مرصد «ماونت پالومار» فى كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية اكتشف جسم هافت بشبه النجم فى إتجاه مصدر الموجات الراديوية أطلق عليه اسم 3C273 فى الرقم 273 من كتالوج كمبريدج للمصادر الراديوية . وعندما قام بقياس الحيود الحمراء للجسم ، اكتشف أنه كبير ولا يمكن أن يكون تكوينه بسبب مجال الجاذبية . فإذا كان الحيود الحمراء للجاذبية لكان الجسم ثقيلاً وقريب منا ، وبالتالي يؤثر علي حركة دوران الكواكب فى نظام المجموعة الشمسية . وهذا الأمر أدى إلى فرض تمدد الكون. وأن الجسم الذى تم مشاهدته بعيد جداً عنا وبريقه عالى وأنه يبعث بكميات هائلة من الطاقة .

والميكانزم الوحيد الذى قد يفكر فيه الناس هو أن إنتاج مثل هذه الكميات الكبيرة من الطاقة يبدو أنها بفعل الإنهيار الجاذبى ليس فقط للنجم بل فى كل المنطقة المركزية للمجرة . وهناك أعداد أخرى من أجسام شبه نجمية تسمي كوزارات أي «النجوم الزائفة» "quasars" منذ اكتشافها وأن جميعها لها حيود حمراء كبيرة. ولكنهم بعيدون عنا ومن الصعب مشاهداتهم من أجل إيجاد تأييد لوجود الثقوب السوداء .

والآن ومن مشاهدة النجوم المرئية المتحركة يمكن للمرء أن يعين أقل كتلة ممكنة تجعل الجسم غير مرئى . على سبيل المثال Cygnus X-1 الذى كتلته تكون ستة مرات ضعف كتلة الشمس ، وطبقاً لنتائج شندراسيخار لا يمكن أن يرى الجسم على أنه قزم أبيض . وهو كذلك ذو كتلة كبيرة ولا يمكن أن يكون نجم نيترونى ، لذلك لابد وأن يكون ثقباً أسوداً . وهناك نماذج عديدة تشرح أن Cygnus X-1 لا يشتمل على ثقب أسود بل أنهم جميعاً ثم جلبهم من بعيد . ويبدو أن الثقب الأسود هو التفسير الوحيد الطبيعى لهذه المشاهدات . وفى هذا الشأن يحدثنا هوكنج عن رهانة مع العالم «كيب ثورن» من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا على أن Cygnus X-1 لا يشتمل على ثقب أسود . وكان الرهان ذاته ناتج عن خبرات هوكنج واشتغاله فى مجال الثقوب السوداء . والجدير بالذكر أن هوكنج حقق نجاحاً كبيراً ووجد عام ١٩٧٥ أن هناك تأكيد ٨٠ ٪ أن يحتوى Cygnus X-1 على ثقب أسود . وفى الوقت الحالى نحن متأكدون بنسبة ٩٥ ٪ على صحة ذلك .

ويوجد حقائق عن الثقوب السوداء في بعض النظم الأخرى في مجراتنا وأن هناك ثقوب سوداء أكبر في مراكز المجرات الأخرى والنجوم الزائفة .

وهناك بعض التوقعات بإمكانية تكوين ثقوب سوداء ذوات كتل منخفضة بفعل الحرارة العالية والضغوط من الكون المبكر .

ويقول هوكنج أن الثقوب السوداء قد تتكون إذا كان الكون المبكر ليس أملسًا أو منتظمًا تمامًا .

في هذه الحالة تتواجد مناطق أكثر كثافة بالمقارنة بالمناطق الأخرى سرعان ما تنضغط ، وبهذه الطريقة يتشكل الثقب الأسود . فإذا أردنا أن نحصركم عدد الثقوب السوداء البدائية ، لابد من معرفة مراحل تكوين الكون المبكر . هذه الثقوب السوداء تكون كتلتها أكثر من ألف مليون طن . وهذه الكتلة يمكن رصدها عن طريق تأثير قوة جاذبيتها على المادة المرئية أو تأثيرها على تمدد الكون .

obeikandl.com

obeikandl.com

المحاضرة الرابعة

الثقوب السوداء ليست سوداء تماماً

قبل عام ١٩٧٠م ، كانت أبحاث هوكنج مؤلف هذا الكتاب مركزة أساساً حول هل للكون نقطة إنفرادية ؟

فى ذلك التاريخ لم يكن هناك تعريف دقيق عن أى من النقاط فى الزمكانية تقع داخل الثقب الأسود وأى منها يقع خارجها . ووضع هوكنج تعريف للثقب الأسود بأنه مجموعة من الأحداث التى لا يمكنه الهروب منها إلى مسافات أكبر . وهذا هو التعريف المقبول فى الوقت الحالى ، ويعنى أن حافة الثقب الأسود التى تمثل أفق الحدث قد تشكلت بواسطة شعاع الضوء الذي فشل فى الابتعاد عن الثقب الأسود . ويشبه ذلك بحافة الظل . وبفرض أن هناك ثقبين أسودين تصادما معاً ونتج عن ذلك تكوين ثقب أسود واحد . وبناء على ذلك فإن أفق الحدث للثقب الأسود النهائي يكون أكبر ويمثل مجموع مساحات أفاق الأحداث للثقوب السوداء الطبيعية .

وخاصية عدم زيادة مساحات آفاق الأحداث وضع قيداً مهماً علي السلوك الممكن للثقوب السوداء .

القانون الثانى للديناميكا الحرارية :

إن سلوك عدم زيادة مساحة الثقب الأسود مرتبط بسلول كمية فيزيائية تسمي الأنتروبى (عدم النظام) الذي يقيس درجة الفوضى فى النظام . وجرت العادة من التجارب أن تميل درجة الفوضى إلى الزيادة إذا تركت الأشياء لذاتها . وتعرف هذه الفكرة بالقانون الثانى للديناميكيا الحرارية والذى ينص على :

مقدار درجة الفوضى فى النظام المعزول لا تقل أبداً مع زيادة الزمن . وبالإضافة إلى ذلك فإنه فى حالة إندماج نظامين معاً فإن درجة الفوضى للنظام المركب تكون أكبر من مجموع درجات الفوضى لكل نظام على حدة .

على سبيل المثال ، إذا اعتبرنا نظام مكون من غاز موضوع فى صندوق : فإن جزيئات ذلك الغاز تشبه كرات البلياردو الصغيرة التى تتصادم باستمرار مما يجعلها تقفز إلي أعلى جدران الصندوق . وبفرض أن الجزيئات فى البداية محكومة فى الجانب الشمالى للصندوق بواسطة مجزىء أو حاجز .

فعند إزالة هذا الحاجز تنتشر الجزيئات وتحتل كلا نصفى الصندوق . وقد تأتى لحظة ما بالصدفة تعود الجزيئات مرة أخرى إلى النصف الأيمن أو إلى النصف الأيسر من الصندوق . والاحتمال الأكثر استحواذاً هو أن يكون هناك تقريباً عدد متساوى من الجزيئات فى نصفى الصندوق . هذه الحالة قد تكون أقل نظاماً أو أكثر فوضى

عنها فى الحالة الأساسية والتى تواجد فيها الجزيئات فى أحد نصفى الصندوق . وعندئذ يقال أن درجة الفوضى للغاز قد أزيلت .

بالمثل بفرض أن المرء ابتدأ بصندوقين ، أحدهما يحتوى على جزيئات غاز الهيدروچين والآخر يحتوى على جزيئات النيتروچين . فعند اتصال الصندوقين معاً وإزالة الحائط الذى يفصل بينهما فإن جزيئات الأكسچين سوف تختلط مع جزيئات النيتروچين وفى النهاية قد تحصل على خليط منتظم من جزيئات الأكسچين والنيتروچين موزعة على الصندوقين ، هذه الحالة تكون أقل انتظاماً ، وبالتالى لها درجة فوضى أعلى من الحالة الابتدائية التى كان عندها الصندوقين مفصولين .

والقانون الثانى للديناميكا الحرارية هو حالة مختلفة عن القوانين العلمية الأخرى. على سبيل المثال ، قانون نيوتن للجاذبية هو قانون مطلق ويتحقق دائماً . والقانون الثانى للإحصاء لا يتحقق دائماً بل يتحقق فى بعض الحالات ، فاحتمال تواجد جزيئات الغاز فى أحد نصفى الصندوق عند وقت متأخر هو احتمال صغير بقدر بواحد على مليون المليون ، ولكن هذا الاحتمال قد يحدث . ولذلك فإذا كان هناك ثقباً أسوداً يدور ، يبدو من السهل إنتهاك القانون الثانى للديناميكا الحرارية عن طريق قذف بعض المواد مع أنتروبى كثيرة كما حدث فى حالة الغاز فى الصندوق . فإن الأنتروبى الكلية للمادة خارج الثقب الأسود سوف تقل ومازال يمكننا القول بأن الأنتروبى الكلية متضمنة الإنتروبى داخل الثقب الأسود لم تتلاشي . ولكن نظراً لعدم وجود طريقة ننظر بها إلى داخل الثقب الأسود ، لا نستطيع أن نري كم تكون الأنتروبى للمادة بداخله .

إشعاع الثقوب الاسود

يقول هوكنج أنه أثناء زيارته لموسكو عام ١٩٧٣م ، تناقش مع الخبيرين السوفيتين «باكوف زيلدوفنش وإلكسندر ستار وبينسكي» ، وتوصلوا في ذلك الوقت أنه طبقاً لمبدأ اللايفين فى ميكانيكا الكم يمكن للثقوب السوداء الدوارة أن تخلق أو تطلق جسيمات . واستمر هوكنج فى البحث عن هذه الإمكانية ووجد بطريقة مدهشة أن الثقوب السوداء غير الدوارة يمكنها أن تخلق أو نطلق جسيمات بمعدل ثابت . ولقد تأكد هوكنج من أن طيف الجسيمات المنبعثة ينطبق مع الطيف المنبعث من الجسم الساخن . وبناء على ذلك ، فإن الثقب الأسود يطلق الجسيمات بمعدل صحيح لتجنب إنتهاك القانون الثانى للديناميكا الحرارية . وجميع الحسابات التى جاءت بعد ذلك أيدت أن الثقب الأسود يبعث بالجسيمات والإشعاع كما يفعل الجسم الساخن ويعتمد ذلك على كتلة الثقب الأسود ، فكلما إزدادت الكتلة كلما إنخفضت درجة درجة الحرارة . ويمكننا فهم ذلك بالتفكير فى أن الفضاء الفارغ لا يمكن أن يكون فارغاً تماماً لأن ذلك يؤدى إلى أن تكون مجالات الجاذبية والأشعة

الكهرومغناطيسية فيه تساوى صفر . إلا أن قيم هذه المجالات ومعدلات تغيرها مع الزمن مثل تغير معدل الموضع والسرعة فى الجسيمات فطبقاً لمبدأ اللايقين إذا عرفنا أحد هذين المقدارين بدقة كبيرة يمكننا أن نعرف المقدار الثاني بدقة أقل .

وبناء على ذلك ، فى الفضاء الفارغ لا يمكنه أن يثبت مقدار المجال بالقيمة صفر نظراً لأن كلا المقداران سوف يساويان صفراً ، ومعدل التغير يساوى صفراً أيضاً. وبدلاً عن ذلك يوجد كمية صغرى من اللايقين (عدم التحديد) أو التذبذب الكمى فى قيمة المجال . ويمكن التفكير فى هذه التذبذبات على أنها زوج من الجسيمات الضوئية أو الجاذبية والتى تظهر معاً لبعض الوقت ثم يبتعدان عن بعضهما ثم يجتمعان معاً مرة أخرى ويفنيان معاً . هذه الجسيمات تسمى «الجسيمات الافتراضية» ولا يمكن مشاهداتها بطريقة مباشرة عن طريق جهاز كاشف الجسيم . إلا أن هناك طرق غير مباشرة للتأثيرات مثل التغيرات الصغيرة فى مناسيب لكافة الإلكترونات فى الذرات يمكن معرفة درجة التنبؤ النظرى بطريقة دقيقة .

وطبقاً لقانون بقاء الطاقة فإن أحد هذه الجسيمات الافتراضية تكون طاقته موجبة والجسيم الشريك الأخر تكون طاقته سالبة . والأخير يكون عمره قصير ، وذلك لأن الجسيمات الحقيقية دائماً لها في الأوضاع العادية طاقة موجبة . وبالتالى فهى تبحث دائماً عن الشريك الأخر وتعمل على إفنائه .

ونظراً لأن مجال الجاذبية داخل الثقب الأسود يكون شديداً جداً لدرجة أن تكون طاقة الجسيم الحقيقي سالبة هناك . ومن الممكن أن يسقط جسيم افتراضى ذى طاقة سالبة إلى داخل الثقب الأسود باحثاً عن جسيم حقيقي لإفنائه ، إلا أنه يتحول إلى جسيم حقيقى ولا يمكن أن يفنى . ومن الممكن أن يهرب إلى المالانهاية كجسيم حقيقى . وبالنسبة للمشاهد عن بعد يبدو له الجسيم كما لو انبعث من الثقب الأسود . فكلما صغر الثقب الأسود كلما انخفضت المسافة للجسيم ذى الطاقة السالبة قبل أن يتحول إلى جسيم حقيقى . وبناء على ذلك ، يزداد معدل الإنبعاث وترتفع درجة الحرارة الظاهرة للثقب الأسود . ويحدث التوازن بين الإشعاع الخارج بطاقة موجبة وسيل الجسيمات ذوات الطاقة السالبة المتجهة إلى داخل الثقب الأسود .

وطبقاً لمعادلة أينشتين الشهيرة $E = mc^2$ ، (حيث تمثل E مقدار طاقة الجسيم ، m مقدار كتلته و C^2 يمثل مقدار مربع سرعة الضوء في الفراغ) ، هذه المعادلة توضح تكافىء الطاقة والكتلة . وبناء على ذلك ، فإن سيل الطاقة السالبة إلى داخل الثقب الأسود يؤدى إلى إنخفاض كتلته ، وبالتالى صغر مساحة أفق الحدث ؛ إلا أن هذا يخفض مقدار الأنتروبى (أو درجة الفوضى) للثقب الأسود .

وهذا الإنخفاض فى الأنتروبى لا يمكن تعويضه بالأنتروبى للإشعاع المنبعث . ولذلك لا يمكن أبداً إنتهاك القانون الثاني للديناميكا الحرارية .

إنفجارات الثقب الأسود

كلما إنخفضت كتلة الثقب الأسود ، كلما إرتفعت درجة حرارته . وكلما فقد الثقب كتلة ، أدى ذلك إلى إرتفاع درجة الحرارة وكذلك معدل الإنبعاث الإشعاعى . فماذا يحدث إذا فقد الثقب الأسود كتلته وأصبح صغيراً للغاية ؟

هذا الوضع غير واضح ، وكما يقول هوكنج فإن التخمين الأكثر قبولاً هو إختفاء الثقب الأسود من خلال إنبعاث دفعات نهائية تكافىء انفجار ملايين من القنابل الهيدروچينية .

على سبيل المثال ، فى حالة ثقب أسود تقدر كتلته بأضعاف قليلة من كتلة الشمس ، قد تكون درجة حرارته ١ : ١٠٠,٠٠٠ درجة أعلى من درجة الصفر المطلق . وهذه الدرجة أقل كثيراً من درجة حرارة الموجات الدقيقة التى تملأ الكون. وإذا كانت درجة حرارة الثقب الأسود ٢,٧ أعلى من درجة الصفر المطلق ، فسوف يعطى هذا الثقب طاقة أقل مما يمتص حتى إذا كان هذا بمقدار ضئيل .

وإذا كان الكون فى حالة تمدد وإلى الأبد ، تكون درجة حرارة الأشعة فى مدى الموجات الدقيقة منخفضة بدرجة أقل من درجة حرارة الثقب الأسود . فى هذه الحالة يمتص الثقب كمية أقل مما يبعث وبالتالي يبدأ في فقدان كتلته . وعند ذلك فإن درجة الحرارة منخفضة وتحتاج إلي $١٠^{٦٦}$ عاماً لكى يتبخر تماماً . وهذا الزمن أطول كثيراً من عمر الكون والذى يقدر بـ $١٠^{١٠}$ عاماً .

ومن ناحية أخرى لقد تعلمنا أن الثقوب السوداء البدائية ذوات الكتل الصغيرة قد نشأت نتيجة للإنهيار غير المنتظم فى مراحل تكوين الكون المبكر . هذه الثقوب السوداء لديها درجة حرارة مرتفعة جداً وتبعث أشعة بمعدلات عالية . ويتراوح عمر هذه الثقوب عمر الكون ويمكن لهذا الثقب الأسود إدارة عشرة محطات كبيرة للطاقة .

البحث عن الثقوب السوداء البدائية :

حتى إذا لم نستطع رصد الانبعاثات من الثقوب السوداء البدائية ، فما هى الفرص التى لدينا لمشاهدتهم ؟ يمكننا النظر إلي إشعاعات جاما التى تنبعث من تلك الثقوب خلال مراحل العمر . وبالرغم أن شدة هذا الإشعاع قد تكون ضعيفة جداً لبعد هذه الثقوب عنا ، إلا أن مجموع شدة الإشعاع الناتج عنها جميعاً يمكن رصده . فنحن بالطبع نرصد الخلفية المرجعية لأشعة جاما . إلا أن هذه الخلفية المرجعية من المحتمل أن تكون تولدت أثناء عمليات أخرى نتج عبر تلك الخاصة بالثقوب السوداء البدائية . وبناء على ذلك ، فإن رصد إشعاعات جاما لا يعطى

حقائق إيجابية لوجود الثقوب السوداء البدائية ، إلا أن النتائج وفرت لدينا المعلومات بأن هناك ثلاثمائة ثقب أسود صغير فى حجم يقدر لكل سنة ضوئية مكعبة من الكون . ويعنى هذا الحد أن الثقوب السوداء البدائية تمثل واحد على المليون من متوسط الكثافة الكتلية للكون . وعلى الرغم من أن هذه الثقوب البدائية تبدو نادرة ، إلا أن هناك شعور بوجود أحدها بدرجة كافية بالقرب منا يمكن رصدها . ويمكن بفعل الجاذبية جذب هذه الثقوب نحو أي مادة وهذا الأمر شائع فى المجرات . وإذا وجدت هذه الثقوب فإنه يمكن القول بأن أقربها يبعد عنا بمسافة تقدر بألف مليون كيلو متر أى ما يقرب من بعد كوكب بلوتو عنا ، وهو أبعد الكواكب عن الأرض . وحتي عند هذه المسافة لا يمكننا رصد أى انبعاثات من الثقوب السوداء حتى بقدرة عشرة آلاف ميجاوات . وبالطبع إذا كان الثقب الأسود قريباً منا كما قرب كوكب بلوتو فإنه بذلك يكون قد وصل إلى نهاية حياته وسرعان ما ينفجر . وبالتالى يمكننا رصد الدفعات الطاقية النهائية المنبعثة . أما فى حالة بعث الثقب الأسود بلا شعاعات قبل عشرة أو عشرين ألف مليون عام ، فإن الفرصة أن يبالغ الثقب نهاية عمره خلال السنوات القليلة القادمة تكون ضئيلة . فقد تقدر فترة باقى العمر بضعة ملايين من السنين فى الماضى أو فى المستقبل . ولكى نرصد أى انفجارات قد تحدث خلال سنة ضوئية واحدة نحتاج إلى كاشف كبير لأشعة جاما ، يمكن بواسطته من رصد أى كميات من أشعة جاما الناتجة من هذه الانفجارات . ويكفينا فقط ملاحظة وصول جميع الإشارات فى فترات زمنية قصيرة لكى نتأكد أنها جميعاً ناتجة من نفس الدفعة الطاقية .

عند هذا الحد ، يقول هوكنج نحن لا نستطيع حتى الآن من تشييد كاشف كبير لأشعة جاما . وعندما تسقط أشعة جاما ذات الطاقة العالية على الغلاف الجوى للأرض فإنها تخلق زوج من الإلكترونات والبوزيترونات . وعندما تصطدم هذه الجسيمات بالذرات فإنها تخلق مزيد من الإلكتروناات والبوزيترونات (اليوزيترون هو جسيم مماثل للإكترون ولكنه مشحون بشحنة موجبة) ، وهكذا يستمر التفاعل المتسلسل وفى النهاية نحصل على ما يعرف بحمام إلكترونى .

هذه النتيجة هى إحدى أشكال الضوء الذى يسمى «إشعاع كيرينكوف» . ويمكن للمرء حينئذٍ رصد دفعات من أشعة جاما بالنظر إلى الوميض الضوئى فى سماء الليل .

النسبية العامة وميكانيكا الكم

اعتمدت فكرة التنبؤ على انبعاث الأشعة من الثقوب السوداء على نظريتين كبيرتين ظهرتا فى القرن العشرين هما نظرية النسبية العامة وميكانيكا الكم . وقد صار جدال كبير حولهما ، خاصة فى تفسير وجود الثقوب السوداء .

وحكى لنا هوكنج كيف تعرض إلى هجوم شديد من المعارضين خلال طرح نتائج حساباته فى مؤتمر عقد بمعمل راذرفورد بالقرب من أكسفورد بمدينة لندن ، وكيف احتج رئيس الجلسة «چون تيلور» من الكلية الملكية واصفاً البحث بالهراء . إلا أنه فى النهاية اقتنع معظم الناس ومنهم «جون تيلور» بأن الثقوب السوداء يجب أن تشع كما يحدث فى الأجسام الساخنة إذا صحت نظريتا النسبية العامة وميكانيكا الكم .

ويبدو أن وجود إشعاع من الثقوب السوداء تجعل فكرة الإنهيار الجاذبى ليست النهائية كما كنا نعتقد من قبل . فإذا سقط عالم ذلك فى الثقب الأسود ، فإن كتلته ستزداد ، وأن الطاقة المكافئة لزيادة كتلته سوف تعود إلى الكون على شكل إشعاع . بهذا الحس ، فإن الفلكى سوف يعاد دورته أنه نوع ضعيف من الخنود ، بالرغم من الشعور بأن الفلكي قد زهق من الوجود فى النهاية بتواجده داخل الثقب الأسود حتى أن أنواع الجسيمات التى بعثت بواسطة الثقب الأسود قد تختلف عن تلك المواد التى يتكون منها جسم الفلكى ، إلا أن الذى يبقى فى النهاية للفلكى هو كتلته أو طاقته .

والجدير بالذكر أن التقريبات التى استخدمها هوكنج فى استنتاج الانبعاث الإشعاعى من الثقوب السوداء كانت تعمل جيداً عندما تكون كتلة الثقب الأسود أكبر من جزء من الجرام . إذا أن هذا التقريب لا يصلح عند نهاية عمر الثقب الأسود وتصبح كتلته صغيرة جداً .

فمعظم النتائج تجعل الثقب الأسود يختفى فى النهاية عندئذ ، تأخذ معها الانفرادية وكل شىء بداخل الثقب الأسود . هذه هى أول إرهاصات ميكانيكا الكم من أجل إزالة الانفراديات التى تنبأت بها النسبية العامة الكلاسيكية . وقد أعلن هوكنج عن فشل محاولاته مع آخرين عام ١٩٧٤م ، عندما درس تأثيرات الكم الجاذبية ، وأنه لم يستطع الإجابة عن التساؤلات التى أثيرت حول إمكانية حدوث انفراديات فى الجاذبية الكمية . وفى هذا الشأن أضاف هوكنج بأنه استطاع عام ١٩٧٥م أن يقدم تطويراً قوياً فى معالجة الجاذبية الكمية معتمداً على فكرة «فيمان» للجمع على مراحل التاريخ . هذه المعالجة طرحت أن يكون للكون بداية ليست النقطة الانفرادية وهذا لا يتطلب بالضرورة تحطم القوانين الفيزيائية عند نشأة الكون .

المحاضرة الخامسة
مصدر الكون ومصيره

اشتغل هوكنج فى عقد السبعينات من القرن العشرين فى موضوع الثقوب السوداء . وزاد إهتمامه بالأسئلة التى أثيرت حول مصدر ونشأة الكون بعد حضوره مؤتمراً عام ١٩٨١م على الكونيات فى الفاتيكان . والجدير بالذكر ، أن الكنيسة الكاثوليكية إرتكبت خطأ جسيماً مع «جاليليو» عندما حاول وضع قانون علمى يدحض فيه أن الشمس تدور حول الأرض . والآن ، وبعد عدة قرون ... هكذا يقول هوكنج قررت الكنيسة دعوة عدد من الخبراء لأخذ مشوراتهم حول علم الكونيات . ويروى لنا هوكنج أن الحضور فى المؤتمر تم دعوتهم لجلسة استماع مع «بابا الفاتيكان» والذى صرح فى حينه بموافقته على دراسة تطور الكون بعد الانفجار الأعظم وأصر على عدم الدخول فى تفاصيل الانفجار الأعظم ذاته لأن هذه هى لحظة الخلق وهى خاصة «بعمل الرب» !

وقد سر هوكنج أن «بابا الفاتيكان» لم يستمع إلى محاضرته التى ألقاها قبل عقد اجتماعه بهم ، حيث ذكر مازحاً أنه لم يرغب فى مشاركة مصير جاليليو الذى يشعر بنحوه بتعاطف شديد ، خاصة أن مولد هوكنج جاء بعد ثلاثمائة عام كاملة بعد وفاة جاليليو .

النموذج الساخن للإنفجار الأعظم

فى هذا الجزء من الكتاب وصف هوكنج التاريخ المقبول عن الكون طبقاً لما هو معروف بالنموذج الساخن «للإنفجار الأعظم» وهو النموذج الذى وصف بنموذج «فريدمان» . فى هذا النموذج وجد أن الكون يتمدد وأن حرارة المادة والأشعة انخفضت . ونظراً أن درجة الحرارة هى مقياس للطاقة المتوسطة للجسيمات ، فتبريد الكون سوف يؤثر على المادة به . فعندما ترتفع درجة الحرارة تتحرك الجسيمات حول بعضها بسرعة كبيرة وبدرجة كافية تجعلها تستطيع الهروب من تجاذبهم نحو بعضهم. قوة التجاذب هذه تحدث بفعل القوى النووية والكهرومغناطيسية . وكان من المتوقع عند التبريد أن تتجاذب الجسيمات مع بعضها وتبدأ فى التجمع معاً .

عند الإنفجار الأعظم ذاته كان حجم الكون صفراً ، وبالتالى يجب أن تكون سخونته لا نهائية ، وعند التمدد الكونى تنخفض درجة حرارة الأشعة . وبعد ثانية واحدة من حدوث الإنفجار إنخفضت الحرارة إلى نحو عشر آلاف مليون درجة . هذا المقدار يمثل ألف مرة ضعف درجة الحرارة عند مركز الشمس . ونحن لا يمكننا الحصول على هذه الحرارة إلا عند تفجير قنبلة هيدروچينية . عند هذا الوقت كان الكون يحتوى معظمه على جسيمات أولية دون ذرية هى الفوتونات والإلكترونات

والنيوترينوات وضديداتهم مع وجود بعض البروتونات والنيوترونات . وعند استمرار تمدد الكون وإنخفاض درجة الحرارة ، أصبح معدل التصادم بين الإلكترونات أقل من معدل الإفناء بين أزواج الإلكترونات واليوزيترونات (واليوزنيرون جسيم ضديد للإلكترون) . وبناء على ذلك فإن معظم الإلكترونات وضديداتها قد فنيت وتولدت نتيجة لذلك فوتونات كثيرة ولم يترك إلا عدد قليل من الإلكترونات .

وبعد مرور مائة ثانية بعد حدوث الإنفجار الأعظم هبطت درجة الحرارة لتصبح ألف مليون درجة ، وهذا المقدار يمثل درجة الحرارة داخل أسخن النجوم . وعند درجة الحرارة تلك ، لا تملك البروتونات والنيوترونات الطاقة الكافية للهروب من القوة النووية الشديدة . ويبدأوا فى الإرتباط معًا ويتم إنتاج نوى ذرات عنصر الديوتيريوم . (أحد نظائر الهيدروچين) والذى تحتوى نواته على واحد بروتون وواحد نيوترون . وتتحد نوى الدبوتيربوم مع بروتونات ونيوترونات أخرى وتكون نوى عنصر الهليوم التى تحتوى على بروتونين ونيوترونين ، وسوف يتواجد كميات ضئيلة من عدد من العناصر الأثقل مثل عنصر الليثيوم والبريليوم . فى هذا النموذج الساخن للإنفجار الأعظم وجد بالحساب أن ربع كمية البروتونات والنيوترونات قد تحول إلى نوى عنصر الهيلوم مع كميات صغيرة من بعض العناصر الأثقل . والنيوترونات المتبقية تتضمحل وتتحول إلى بروتونات والتى تعتبر نـوى ذرات الهيدروچين الاعتيادية . وهذه التنبؤات تتفق جيداً مع المشاهدة . كما تنبأ هذا النموذج بإمكانية مشاهدة الأشعة الباقية من المراحل الساخنة المبكرة .

ويضيف هوكنج قائلاً ، قد تنقص درجة الحرارة وتصبح درجات قليلة فوق الصفر المطلق نتيجة لتمدد الكون . وهذا يفسر خلفية الأشعة فى مدى الموجات الدقيقة التى اكتشفها «بنزايس وويلسون» عام ١٩٦٥ . فنحن الآن على ثقة بأن لدينا صورة حقيقية عن نشأة الكون على الأقل إلى نحو ثانية بعد الانفجار الأعظم . وخلال بضعة ساعات من الإنفجار الأعظم يتوقف إنتاج الهليوم والعناصر الأخرى . وبعد ذلك بنحو مليون عام تالية أو ما يقرب من ذلك بدأ الكون فى الاستمرار فى التمدد دون أى أحداث تذكر . وعندما تنخفض درجة الحرارة لتصبح بضعة آلاف درجة لا تملك الإلكترونات والقوى طاقة كافية للتغلب على التجاذب الكهرومغناطيسى ويبدأوا فى الإرتباط معًا وتتكون الذرات .

وقد يستمر الكون كله فى التمدد وتنخفض حرارته باستمرار إلا أن هناك بعض المناطق تكون كثافتها أعلى من القيمة المتوسطة وبالتالى تقل سرعة التمدد بفعل قوة التجاذب الإضافية . وقوة التجاذب هذه قد تؤدى إلى وقف التمدد فى بعض المناطق وتسبب لهم بداية الإنهيار . ومع إنهيارهم تسحب الجاذبية المادة خارج هذه المناطق

والتى تبدأ فى الدوران قليلاً .. وعندما تصبح هذه المناطق صغيرة بدرجة كافية وتزداد سرعة برمها لدرجة كافية يحدث إتزان بينها وبين قوة الجاذبية . وبهذه الطريقة تتولد المجرات على هيئة قرص دوار .

ومع استغراق الوقت تتكون فى المجرات سحب غازية صغيرة سرعان ما تنهار فوق بعضها بفعل الجاذبية . ونتيجة لهذا الانضغاط تزداد درجة الحرارة إلى أن تصل إلي حرارة كافية لبدء التفاعلات النووية . وهذا التفاعل يؤدى إلى إندماج نوى الهيدروچين وتوليد مزيد من نوى الهليوم ، ومع إرتفاع الحرارة يرتفع الضغط ويتوقف إنضغاط السحب . وقد تبقى هذه الحالة لمدة طويلة تكفى لحرق الوقود النووى بالنجوم وفى شمسنا وتحوله إلى الهليوم مع إنبعاث الطاقة على هيئة حرارة أو ضوء .

ماذا يحدث بعد ذلك ؛ الإجابة ليست واضحة تماماً ! يبدو أن المناطق المركزية بالنجم تبدأ فى الإنهيار إلى أن تصل إلى حالة شديدة الكثافة كما هو حادث فى النجم النيترونى أو الثقب الأسود . أما المناطق الخارجية فتنتفخ وتحدث إنفجارات هائلة تسمى «سوبرنوفا» . وتظهر السوبرنوفا على هيئة بريق لامع من جميع النجوم فى المجرة . وبعض العناصر الثقيلة التى يتم إنتاجها بالقرب من نهاية حياة النجم تقذف وتتحول إلى غاز فى المجرة ، وتكون مادة أساسية للجيل الثانى من النجوم .

ويقول هوكنج أن شمسنا تحتوى على ٢ ٪ من العناصر الثقيلة لأنها تعتبر من الجيل الثانى أو الثالث من النجوم لقد تشكلت الشمس منذ خمسة آلاف مليون عام، نتيجة لوجود سحابة غازية دوارة تحتوى على حطام السوبرنوفا المبكرة . ومعظم الغاز فى هذه السحابة استخدم فى تشكيل الشمس والباقية القليلة منه تجمعت معاً وشكلت أجسام تدور الآن حول الشمس فى مدارات كالكواكب ومنها كوكب الأرض .

الأسئلة المفتوحة :

إن صورة الكون الذى بدأ ساخناً جداً ثم برد عند تمدده تتفق تماماً مع جميع الحقائق التى نشاهدها اليوم . إلا أن هناك عدد من الأسئلة الهامة لم تجد إجابة عليها. أول هذه الأسئلة هو : لماذا كان الكون المبكر ساخناً لهذه الدرجة العالية ؟

والسؤال الثانى : لماذا كان الكون منتظماً تماماً على المقياس الكبير ؟ : ولماذا يرى الكون كما هو من جميع النقاط فى الفضاء ومن جميع الإتجاهات ؟ والسؤال الثالث : لماذا بدأ الكون بمعدلات حرجة للتمدد لتجنب إعادة الإنهيار ؟ فإذا كان معدل التمدد بعد ثانية واحدة من الانفجار الأعظم صغيراً جداً حتى لو قدر بجزء من مائة ألف مليون المليون ، فإن الكون سوف يعاد إنهياره على نفسه قبل أن يصل إلى الحجم الذى نراه فى الوقت الحالى .

أما إذا كان معدل التمدد بعد ثانية واحدة من الإنفجار الأعظم كبير بنفس الكمية ، فقد يتمدد الكون بدرجة كبيرة ويصبح فارغًا الآن .

والسؤال الرابع : بالرغم من حقيقة أن الكون منتظماً ومتجانس على المقياس الكبير ويحتوى على كتل مختلفة مثل النجوم والمجرات . وكان الفكر المطروح هو التطور من حالة الفروق الصغيرة فى كثافة الكون المبكر من منطقة إلى أخرى .

فما هو مصدر هذا التقلب فى الكثافة ؟ يقول هوكنج أن النظرية العامة للنسبية بذاتها لا تستطيع التفسير أو الإجابة على هذه التساؤلات . وذلك بسبب تنبؤها بأن الكون قد بدأ بكثافة لا نهائية عند إنفرادية الإنفجار الأعظم . فعند الانفرادية ، نجد أن النسبية العامة وباقى قوانين الفيزياء تتعطل !

وهذا يعنى كما لو أن المرء قطع بعض الأحداث من النظرية . هذه الأحداث يتوقع أنها قد جرت قبل الانفجار الأعظم ، وبالتالى ليس لها أى تأثير على مشاهداتنا .

فالزمكانية لها حافة عند بداية الإنفجار الأعظم . فلماذا ابتدأ الكون هكذا مما أدى إلى أن نشاهده على هذا الوضع اليوم ؟ ولماذا يتمدد الكون بمعدلات حرجة تمنع من إنهياره ولماذا هو منتظم ؟ فالمرء يشعر بالسعادة حول ذلك إذا بين له أى أحد أشكال ابتدائية مختلفة للكون ، يمكنها أن تتطور وينتج عنها هذا الكون الذى نشاهده اليوم . فإذا كان هذا هو الحال ، أن يتطور الكون من بعض أنواع الأجواء الإبتدائية العشوائية ، فقد يشتمل على مناطق تشبه ما نشاهده . وأيضاً لابد أن يوجد مناطق أخرى مختلفة ، إلا أنه من المحتمل أن تكون هذه المناطق غير مناسبة لتكوين النجوم والمجرات . وهناك حاجة إلى تطور الحياة الذكية ، على الأقل تلك الحياة التى نعرفها . لذا فإن هذه المناطق غير مؤهلة بالبشر الذى يشاهد اختلافها .

وعندما يأخذ المرء فى الاعتبار علم الكونيات ، لابد أن يتبين مبدأ الاختيار بأننا نعيش فى منطقة من الكون تكون مناسبة للحياة الذكية . وهذا ما يسمى «مبدأ الإنسى» بمعنى (التصور الإنسانى للكون) .

النموذج التضخمي :

ولكى نتحاشى الصعوبات مع المراحل المبكرة فى نموذج الإنفجار الأعظم الساخن ، وضع «الن جوث» من معهد ماسيتشوستس للتكنولوجيا ملامح نموذج جديد . فى هذا النموذج أشكال إبتدائية مختلفة للكون قد تطور إلى شىء يشبه الكون الحالى . لقد فرض أن الكون المبكر له دورة سريعة جداً «أو أسية» للتمدد ، هذا التمدد يقال عنه التمدد التضخمى ، مثل ذلك التضخم فى الأسعار الذى يحدث بدرجة كبيرة أو صغيرة فى كل بلد . فالعالم سجل تضخم السعر فى ألمانيا

بعد الحرب العالمية الأولى عندما كان سعر رغيف الخبز أقل من مارك ألمانى ثم أصبح سعره ملايين الماركات فى غضون عدة أشهر .

ولكن التضخم الذى نعنيه هو تضخم فى الحجم . فقد يكون حجم الكون كبيراً جداً بمقدار مليون المليون المليون المليون المليون ضعف فقط فى جزء ضئيل من الثانية . ويعلق هوكنج مازحاً ، بالطبع حدث ذلك قبل تشكيل الحكومة الحالية (يقصد الحكومة العمالية الإنجليزية برياسة تونى بلير الحالية) .

لقد فرض «جوث» أن الكون بدأ من الإنفجار الأعظم الساخن جداً . وقد يتوقع المرء أنه عند هذه الحرارة العالية تتحد القوة الكهرومغناطيسية مع القوى النووية الشديدة والضعيفة وينشأ عن ذلك قوة موحدة واحدة . وعندما يتمدد الكون فإنه يبرد وتنخفض طاقة جسيماته . وفى نهاية الأمر لابد وأن يوجد ما يسمى «طور الإنتقال» فقد يتحطم التماثل بين القوى . وتصبح القوة النووية الشديدة مختلفة عن القوة النووية الضعيفة أو القوة الكهرومغناطيسية . والمثال الشائع على «طور الإنتقال» يتعلق بتجمد المياه عند تبريدها . فالماء فى طوره السائلى يكون متماثل عند كل نقطة وفى جميع الإتجاهات إلا أنه عندما تتشكل بلورات الثلج تكون فى مواقع محددة وتأخذ بعض الاتجاهات . وهذا يحطم تماثل الماء .

وفى هذه الحالة ، يمكن للمرء أن يقوم بعملية التبريد الفائق ، حينئذٍ ، تنخفض درجة الحرارة إلي نقطة التجمد عند درجات الصفر المئوى دون أن يتكون الثلج . وقد فرض «جوث» أن الكون يسلك نفس الطريق . فدرجة الحرارة قد تنخفض تحت قيمة حرجة دون أن يتحطم التماثل بين القوى . فإذا حدث ذلك ، يصبح الكون فى حالة غير مستقرة وبطاقة أكبر من تلك القيمة المناظرة لحالة تحطم التماثل . هذه الطاقة الخاصة المضافة تبين «تأثير ضديد الجاذبية» ويمكن أن يمثل ذلك الثابت الكون .

والجدير بالذكر أن أينشتين قدم ثابتاً كونياً فى النسبية العامة عندما حاول طرح النموذج الإستاتيكى للكون . فى هذه الحالة يزيد تأثير التنافر من معدل تمدد الكون ويجعل مناطقه تتمدد بطريقة التضخم المتسارع .

وعند تمدد الكون فإن جسيمات المادة تتباعد عن بعضها . وقد يترك المرء فى الكون المتمدد وحيداً دون وجود أى جسيم . وقد يبقى الكون فى حالة التبريد الفائق، بحيث لا يتحطم التماثل بين القوى . فعدم الإنتظام فى الكون يمكن ببساطة معالجته بواسطة التمدد كما هو الحال فى التجاعيد على البالون . التى تصبح ملساء عند نفخها . هكذا هو الحال فى الكون المنتظم الأملس الذى تطور

نتيجة لتطور حالات مختلفة غير منتظمة . ومعدل التمدد سوف يميل ناحية المعدل الحرج المطلوب لمنع إعادة الإنهيار . إن فكرة الكون التضخمى قد تفسر لماذا يوجد مواد كثيرة فى الكون ، فيوجد ما يقرب من ١٠٨٠ جسيم فى المنطقة التى نشاهدها من الكون .

من أين تأتى جميع هذه الجسيمات ؟ والإجابة تكون طبقاً لنظرية ميكانيكا الكم فإن الجسيمات قد تخلق بطاقة فى شكل زوج من الجسيم وضديده . ولكن هذا يجعلنا نطرح السؤال : من أين جاءت هذه الطاقة ؟ والإجابة أن مقدار الطاقة الكلية للكون تساوى صفراً تماماً ، فالمادة فى الكون يكون لها طاقة موجبة ، والمادة تجذب بعضها بواسطة قوة الجاذبية . فعندما تقترب قطعتين من المادة من بعضهما تكون طاقتهما أقل من مقدار الطاقة المناظرة للتفريق بينها . فى هذه الحالة يجب أن تسحبهما قوة ضديد الجاذبية التى تجذبهما . وبهذا الحس ، يوجد مجال الجاذبية له طاقة سالبة . وفى حالة الكون كله يمكن للمرء أن يبين أن طاقة الجاذبية السالبة تلغى الطاقة الموجبة للمادة ، وتصبح الطاقة الكلية للكون مساوية صفراً .

والأن ، فإن ضعف الصفر يساوى صفر ، هكذا يمكن مضاعفة الطاقة الموجبة للمادة وأيضاً مضاعفة طاقة الجاذبية السالبة دون إنتهاك لقانون بقاء الطاقة . وهذا لا يحدث فى التمدد العادى للكون ، حيث أن كثافة الطاقة للمادة تنخفض كلما كبر الكون . إلا أن ذلك قد يحدث فى حالة التمدد التضخمى ، لأن كثافة الطاقة فى حالة التبريد الفائق تبقى ثابتة عند تمدد الكون .

وبناء على ذلك ، فعندما يتضاعف حجم الكون ، تتضاعف أيضاً مقدار الطاقة الموجبة للمادة وطاقة الجاذبية السالبة ، وتظل الطاقة الكلية مساوية للصفر . وخلال الطور التضخمى يزداد حجم الكون بكمية كبيرة وبالتالى تكون كمية الطاقة الكلية المتاحة لصنع الجسيمات كبيراً للغاية . وقد أوضح جوث ذلك بقوله ، لا يوجد مثل هذا الشىء كما فى «الغذاء المجانى» ، إلا أن الكون المطلق هو غذاء مجانى .

نهاية التضخم :

يقول هوكنج ، اليوم لا يتمدد الكون بطريقة التضخم تلك . وفى هذا الشأن يرى أنه لابد من إيجاد آلية لإزالة التأثير الكبير لما يسمي بالثابت الكونى . وإزالة هذا الثابت فى طرق الحساب سوف يغير من مقدار معدل التمدد . ويتحول التمدد المتسارع إلى تمدد بطىء بفعل الجاذبية ونظراً أن الكون يتمدد ويبرد ، لابد وأن يتوقع المرء فى النهاية بتحطم التماثل بين القوى كما فى حالة التبريد الفائق للماء الذى دائماً يتجمد فى النهاية . وبناء على ذلك ، فإن الطاقة الإضافية لحالة التماثل غير المحطم سوف تنطلق وتعيد تسخين الكون . وبالتالى يذهب الكون فى عملية التمدد والتبريد بالضبط كما هو حادث فى نموذج الإنفجار الأعظم الساخن .

والأن يوجد تفسير لماذا يتمدد الكون بالضبط بمعدل حرج ولماذا هناك مناطق فى الكون مختلفة لها نفس درجة الحرارة . وفى هذا الشأن طرح عالم شاب روسى يدعى «اندريا لندى» فكرة التحطم البطىء للتماثل ، وكانت هذه الفكرة محاولة لشرح لماذا يتمدد الكون بهذه الطريقة . والجدير بالذكر أن «لندى» عام ١٩٨٣ طرح نموذج أفضل هو «النموذج التضخمى الفوضوى» . هذا النموذج لا يعتمد على الأطوار الانتقالية ويعطى الحجم الصحيح لتغيرات خلفية الموجات الميكروية الدقيقة . فطبقاً لنموذج التمدد التضخمى ، فإن الكون قد نشأ من عدد كبير من الأشكال الابتدائية المختلفة ، وهذه الحالة لا يمكن أن تكون كذلك ، نظراً لأن كل شكل بدائي قد يؤدى أن يشابه الكون ما نشاهده اليوم . حتى النموذج التضخمى لم يقل لنا لماذا الشكل الابتدائى كان هكذا حتى يمكننا أن نشاهد الكون كما هو الأن.

الجاذبية الكمية :

لكى نتنبأ كيف بدأ الكون ، يحتاج المرء إلى قوانين متماسكة وصالحة عند بداية الزمن . فإذا كانت النظرية الكلاسيكية للنسبية العامة صحيحة ، فإن نظرية الانفرادية تبين أنه عند بداية الزمن تحدث عند نقطة كثافتها لا نهائية وإنحناؤها كذلك لا نهائى . عند هذه النقطة تتحطم جميع قوانين العلم . ويمكن للمرء من فرض قوانين تصلح عند الانفرادية ، ولكن من الصعب صياغتها عند هذه النقاط ذوات السلوك الشاذ ، بالإضافة أننا لا نملك أى مشاهدات توجهنا إلى صحة هذه القوانين ، إلا أن نظرية الانفرادية أوضحت لنا أن مجال الجاذبية يكون شديداً ، ويصبح بالتالى التأثير الكمى للجاذبية فى غاية الأهمية . فالنظرية الكلاسيكية لم تعد جيدة لوصف الكون . لذا لابد للمرء من استخدام نظرية الكم للجاذبية عند مناقشة المراحل المبكرة للكون . إن قوانين الكم العادية هى قوانين صحيحة صالحة فى كل مكان حتى عند بداية الزمن . ولذلك ليس من الضرورى فرض قوانين جديدة للانفراديات لأننا لا نحتاج إليها جميعاً فى نظرية الكم .

يقول هوكنج ، نحن لا نملك نظرية متوافقة ومتكاملة لإندماج ميكانيكا الكم مع الجاذبية . إلا أننا بالقطع لدينا بعض المميزات التى يجب أن تتوفر فى النظرية الموحدة . لقد حاول «فينمان» صياغة نظرية الكم فى حدود الجمع عبر مراحل التاريخ . فى هذه المعالجة فإن الجسيم الذى يذهب من A إلى B ليس له تاريخ وحيد كما هو الحال فى النظرية الكلاسيكية . بدلاً عن ذلك ، يفترض متابعة المسارات الممكنة فى الزمكانية . هذه المراحل التاريخية تكون مصحوبة ومرتبطة بأعداد، أحدها يمثل الحجم الموجى للجسيمة والأخر يمثل موقعها فى الدورة وطورها . واحتمال أن الجسيم سار من نقطة معينة يمكن إيجاده بجمع الموجات المصحوبة لكل المسارات الممكنة الذى مر بها عند هذه النقطة .

وفى الحقيقية أن هذا الأمر يحتاج إلى مهارات لأنه يعانى من مشاكل تكتيكية عديدة . والطريق الوحيد لفعل ذلك وهو أن يجمع المرء الموجات المناظرة لتواريخ الجسيمة التى هى ليست فى الزمن الحقيقى الذى نعرفه جميعاً ، بل أنه يحدث فى الزمن التخيلى .

ويضيف هوكنج قائلاً ، إن الزمن التخيلى يسمع كما أنها خيالاً علمياً ، ولكنه فى الحقيقة معرف جديداً كقاعدة رياضية . ولكى نتحاشى الصعوبات الفنية مع جمع «فينمان» على مراحل التاريخ ، لابد أن يستخدم المرء الزمن التخيلى ، وهذا يعتبر تأثيراً هاماً على الزمكانية : نظراً لأن التمييز بين الزمان والمكان يتلاشى تماماً . وفى الزمكانية ، الأحداث التى يكون لها قيم تخيلية فى الإحداثى الزمنى تسمى «ايكليديان» لأنها على المقياس المترى تكون باليقين موجبة . فى الزمكانية الايكليدينية ، لا يوجد فرق بين إتجاه الزمن والاتجاهات فى الفراغ . فالإتجاه الزمنى يقع خلال مخروط ضوئى والاتجاهات الفراغية تقع خارجه .. ويمكن للمرء النظر إلى الزمن التخيلى على أنه ليس إلا جهاز رياضي (أو حيلة) لإيجاد الإجابات حول الزمكانية الحقيقية .

لا شروط أساسية :

فى نظرية الجاذبية الكلاسيكية التى تعتمد على الزمن الحقيقى فإن سلوك الكون يتحدد بطريقين هما : أما أن يتواجد عند زمن لا نهائى أو أنه بدأ عند إنفرادية عند زمن محدد من الماضى . والإمكانية الثانية قد حددتها نظريات الانفرادية . ومن ناحية أخرى ، فإن نظرية الكم للجاذبية تعطى إمكانية ثالثة ، لأنه حين يستخدم المرء الإحداثيات الزمكانية الإيكليدينية ، فإن إتجاه الزمن هو نفس الإتجاهات الفراغية الأخرى ، ومن الممكن تحديد الزمكانية إلى درجة ما لا يوجد عندها إنفرادية والتى تشكل الحافة أو الحدود . والزمكانية تشبه سطح الأرض ولكن فقط ببعدين أو أكثر . وسطح الأرض محدد لمدى ما ولكنه ليس له أى حواف . فإذا أبحر المرء فى وقت غروب الشمس فإنه لا يسقط عند الحافة أو يجرى نحو الإنفرادية .

وبناء على ذلك ، فقد فتحت لنا النظرية الكمية للجاذبية إمكانية جديدة لمعرفة كيف بدأ الكون . لذا ليس هناك ضرورة لتحديد السلوك عند الحواف ولا إلى وجود إنفراديات تتحطم عندها القوانين العلمية . ويمكننا القول «الشرط الأساسي للكون ان لا يوجود حدود» . فالكون كامل ذاتياً فى محتواه ولا يتأثر بأى شىء خارجه . فلا يمكن خلقه أو افناؤه ، فهو هكذا .

وقد استعرض هوكنج فكرة الزمن التخيلى بأنه قد يكون فى الحقيقة هو الزمن الأساسى . أما الذى تسميه بالزمن الحقيقى هو شىء أخر خلقناه فقط فى عقولنا .

ففى الزمن الحقيقى للكون بداية ونهاية يكونان عند الانفرادية التى تشكل الحدود الزمكانية ويتحطم عندها قوانين العلم . أما فى حالة الزمن التخيلى ، فلا توجد حدود ولا انفراديات ، ولذا من الممكن أن يكون من القواعد الرئيسية . والذى نطلق عليه الزمن الحقيقى هو مجرد فكرة ابتداعناها لمساعدتنا فى وصف كيف كان الكون .

obeikandl.com

obeikandl.com

المحاضرة السادسة

إتجـــاه الزمـــــن

يقول هوكنج ، كتب ل. پ. هارتلى فى كتابه «الذهاب خلال» «إن الماضى هو بلد أجنبى . أنهم يفعلون هناك كل شىء مختلف – ولكن لماذا يختلف الماضى عن المستقبل ؟ لماذا نتذكر الماضى ولكن لا نتذكر المستقبل ؟» وبمعنى أخر لماذا يذهب (أو يتقدم) الزمن إلى الأمام ؟ هل هذا متصل بحقيقة أن الكون يتمدد ؟

نحن نعرف أن قوانين الفيزياء لا تميز بين الماضى والمستقبل وبدقة أكثر فإن قوانين الفيزياء لا تتغير تحت إندماج العمليات المعروفة بالحروف اللاتينية C و P و T حيث يعنى الحرف C تغير الجسيمات إلي ضديداتها ، و P تعنى أن الصورة اليمنى واليسرى فى المرآه يتبادلان ، و T تعنى عكس إتجاه الحركة يجعل الأجسام تجرى إلى الخلف . وبكلمات أخرى ، قد تكون الحياة هى نفسها على كوكب آخر مأهول الذى يعتبر بصور مرآه لنا ، والذى يتكون من ضديد الجسيمات . ويطلق هوكنج على ذلك مازحًا ، إذا تقابلت مع أحد من هؤلاء من الكوكب الأخر ومد لك يده فلا تسلم عليه ، فقد يكون مصنوع من ضديد المادة و فى هذه الحالة سوف تفنيان معًا وتتحولان إلى وميض من الضوء. إلا أن هناك بالقطع فرق كبير بين إتجاه الزمن للأمام أو للخلف فى حياتنا العادية . فتخيل فنجانًا من الماء يسقط على المنضدة ويتكسر إلى قطع تتناثر على الأرض . فإذا سجلت ذلك فى فيلم ، يمكنك التحكم فى حركة الفيلم إلى الأمام أو إلى الخلف ، فإذا جرى الفيلم إلى الخلف فإنك ترى أن القطع المتناثرة تتجمع فجأة مع بعضها من على الأرض ثم تقفز عائدة على شكل فنجان على المنضدة . لكن مثل هذا السلوك لا يحدث مطلقاً فى الحياة العادية .

أسهم الزمن :

والتفسير الخاص الذى يعطى لنا عدم رؤية قفزة الفنجان عائداً إلى المنضدة غير مسموح بها فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية .

هذا القانون يقول لنا أن درجة الفوضى أو الأنتروبى تزداد دائماً مع الزمن . هذا هو قانون «ميرفى» – الأشياء تصبح أسوأ . فالفنجان السليم على المنضدة يمثل حالة فى أعلى درجات النظام ، أما حالة الفنجان المكسور على الأرض فتمثل حالة فى أقصى درجات الفوضى ، إذاً يمكن الذهاب من حالة الفنجان الكامل على المنضدة فى الماضى إلى الفنجان المسكور على الأرض فى المستقبل وليس العكس بالعكس . وزيادة درجات الفوضى أو الأنتروبى مع الزمن هو أحد الأمثلة التى يطلق عليها «سهم الزمن» ، شىء يعطى إتجاه للزمن ويميز الماضى من المستقبل . ويوجد على الأقل ثلاثة أسهم للزمن مختلفة . الأول سهم الديناميكا الحرارية للزمن – والذى فيه تزداد

الأنتروبى مع الزمن . والثانى السهم النفسى للزمن . هذا الإتجاه – يجعلنا نشعر بالزمن الذى مضى – وإتجاه الزمن الذى نتذكره فيه الماضى وليس المستقبل . والثالث السهم الكونى للزمن وهو يحدد إتجاه الزمن الذى يكون فيه الكون متمدداً عنها مضغوطاً . والسؤال الذى يطرح نفسه ، لماذا تزداد درجة الفوضى فى نفس إتجاه الزمن الذى يتمدد فيه الكون ؟

سهم الديناميكا الحرارية :

طبقاً للقانون الثانى للديناميكا الحرارية يوجد حالات كثيرة من حالات الفوضى عنها فى الحالات المنظمة . وبفرض أن نظاماً بدأ عند عدد صغير من الحالات المنتظمة مع استمرار الوقت فإن النظام سوف يتطور تبعاً لقوانين الفيزياء وتتغير حالته. وفى النهاية يوجد هناك احتمالية مرتفعة أن تكون الحالة فى منتهى الفوضى ، ببساطة لأن هناك حالات فوضى كثيرة . إذاً تميل درجة الفوضى إلى الزيادة مع الزمن إذا اتبع النظام الشرط الابتدائى أن يكون فى أعلى إنتظام .

السهم النفسى :

أنه من الصعب الحديث عن ذاكرة البشر لأننا لا نعرف كيف يعمل المخ بالتفصيل . ولكننا نعرف كيف تعمل ذاكرة الكمبيوتر . لذا سوف نتحدث عن السهم النفسى للكمبيوتر . ويمكن مقارنة ذلك بالبشر .

تعتبر ذاكرة الكمبيوتر جهاز أساسي تتواجد فى حالة أو حالتين . على سبيل المثال مصنوع فى حالة مرور تيار كهربائى فى إطار مصنوع من سلك فائق التوصيل. فإذا مر التيار الكهربائى فى الإطار فسوف يستمر فى السريان لأنه لا يوجد مقاومة فى السلك .

ومن ناحية أخرى إذا لم يوجد تيار كهربائى ، سوف يستمر الإطار بدون تيار . عندئذٍ ، يمكن تصنيف هاتين الحالتين من الذاكرة بواحد أو صفر .

وقبل تسجيل أى موضوع فى الذاكرة ، تتواجد الذاكرة فى حالة متساوية من الاحتمالات للواحدات والأصفار . وبعد تفاعل الذاكرة مع النظام الذى تريد تذكره ، فسوف تتواجد فى أحد الحالات أما فى حالة واحد أو فى حالة صفر طبقاً لحالة النظام . وبناء على ذلك ، فإن الذاكرة تمر من حالة الفوضى إلى حالة الانتظام . ولكى نجعل الذاكرة فى الحالة الصحيحة ، من الضرورى أن تستخدم كمية محددة من الطاقة . تستهلك هذه الطاقة على هيئة حرارة وبذلك يزداد درجة الفوضى فى الكون . ويمكن للمرء أن يبين أن زيادة درجة الفوضى يكون أكبر من زيادة درجة الانتظام فى الذاكرة . حينئذٍ ، عندما نسجل أى موضوع فى ذاكرة الكمبيوتر ، فإن كمية الفوضى فى الكون ترتفع .

وإتجاه الزمن الذى جعل الكمبيوتر يتذكر الماضى هو نفسه الذى يجعل درجة الفوضى تزداد .

هذا يعنى أن الإحساس بإتجاه الزمن ، والسهم النفسى للزمن يمكن تعينه من سهم الديناميكا الحرارة للزمن . وهذا يجعل القانون الثانى للديناميكا الحراية تافهاً . فزيادة درجة الفوضى مع الزمن لأننا نقيس الزمن فى الإتجاه الذى تزداد فيه درجة الفوضى . فأنت لا تملك رهاناً أمناً من ذلك ! .

الشروط الاساسية للكون :

طرح هوكنج سؤلاً : لماذا يكون الكون فى درجة نظام عالية عند أحد نهايات الزمن ، هذه النهاية نسميها «الماضى» ؟ ولماذا لا يتواجد الكون فى حالة الفوضى الكاملة على جميع الأزمنة ؟ ولماذا يكون إتجاه الزمن بحيث تزداد درجة الفوضى بنفس الطريقة التى يتمدد بها الكون ؟

يبدو أن الكون قد تطور طبقاً لقوانين محددة جداً ، نأمل أن تكون قد تحققت عند بداية الكون . ففى النظرية الكلاسيكية للنسبية العامة ، فإن بداية الكون انها انفرادية عند الكثافة اللانهائية فى الإنحناء الزمكانى . عند هذه الشروط تتحطم جميع قوانين الفيزياء . لذا لا يمكن للمرء استعمالهم للتنبؤ كيف بدأ الكون .

فى نظرية الكم للجاذبية تعتبر جميع حالات التطور التاريخى هى حالات ممكنة. مصحوباً بكل حالة من مراحل التاريخ عدد مرتبط ، أحدهما يمثل حجم الموجة والأخر يمثل وجه الموجة وهل هى عند القمة أو عند القاع . واحتمال أن يملك الكون خاصية مميزة يمكن أن يعطى بواسطة الجمع المتصاعد للموجات لكل مراحل التاريخ التى تتميز بهذه الخاصية ، هذه التواريخ قد تكون فضائيات منحنية تمثل تطور الكون مع الزمن . ومازال المرء يتساءل عن التواريخ المحتملة التى تحدد سلوك الكون عند حافة الزمكانية فى الماضى نحن لا ولم نستطيع معرفة الشروط الأساسية للكون فى الماضى . ويمكن تحاشى ذلك بالقول بأنه لا يوجد أى شرط ، وأن الكون عند جميع التواريخ الممكنة يكون محدد إلى حد ما ولا يكون له حواف أو حدود أو إنفراديات . وهذا يعنى أن الكون قد بدأ فى التمدد فى حالة إنتظام مستقرة جداً ، وأنه لا يمكن أن يكون منتظماً تماماً ، لأن ذلك سوف ينتهك مبدأ اللايقين فى نظرية الكم ، لابد وأن يكون هناك تأرجح فى قيم كثافة وسرعة الجسيمات .

هل ينعكس سهم الزمن ؟

ماذا يحدث لو توقف تمدد الكون وبدء فى الانضغاط مرة ثانية ؟ هل ينعكس سهم الديناميكا الحرارية وتبدأ درجة الفوضى تنخفض مع الزمن ؟ هذا سوف يؤدى إلى نوع من الخيال العلمى تشبه الاحتمالات الممكنة للناس الذين بقوا على قيد الحياة من طور التمدد إلى طور الانضغاط فهل يستطيع هؤلاء أن يتذكروا الغد ؟

أنه شعور أكاديمى بالقلق عما يحدث عندما يبدأ الكون فى الإنهيار مرة أخرى. وبالرغم أن بداية الانضغاط لا تبدأ إلا بعد إنقضاء عشرة آلاف مليون عام ، إلا أن هناك طريق سريع للبحث عما سوف يحدث : القفز إلى الثقب الأسود . فالنجم المنهار يشكل ثقباً أسوداً يشبه الحالات المتأخرة لإنهيار الكون كله . عندئذٍ ، فإن درجة الفوضى تنخفض فى الطور المنضغط للكون والذى يتوقعه المرء بأنه يقل داخل الثقب الأسود .

لقد أشار العالم «دون بيج» أحد أصدقاء هوكنج ، بأن عدم وجود أى شرط أساسى لا يتطلب بالضرورة أن يكون الطور الانضغاطى هو العكس الزمنى لطور التمدد.

obeikandl.com

المحاضرة السابعة

نظريـــة كـــل شـــيء

يقول هوكنج ، إنه من الصعب أن نبنى نظرية موحد كاملة لكل شيء ، الكل فى واحد . بدلاً عن ذلك ، لقد تقدمنا إلى حدٍ ما فى إيجاد نظريات جزئية . هذه النظريات الجزئية تصف أحداث فى مدى محدود وتهمل المؤثرات الأخرى ، أو وضع تقريب لها بإضافة أرقام معينة . على سبيل المثال فى علم الكيمياء ، نحن نحسب التفاعل بين الذرات دون معرفة التركيب الداخلى لنوياتها (نواة الذرة تمثل مركز الذرة ويتركز بها البروتونات بشحنتها الموجبة والنيوترونات المتعادلة والتى تحتويها الذرة) . وفى النهاية يأمل المرء فى إيجاد نظرية موحدة متكاملة تشمل جميع النظريات الجزئية كتقريبات . وهذه النظرية الموحدة تعرف باسم «توحيد الفيزياء» .

لقد أمضي أينشتين معظم سنواته الأخيرة باحثًا عن النظرية الموحدة ، لكن بلا جدوى ولم ينجح ! ومضى الزمن .

فى ذلك الوقت كان القليل عن القوى النووية معروفًا . بالإضافة إلى أن أينشتين رفض الاعتقاد بحقيقة الدور الهام لميكانيكا الكم التى تلعبه فى تطور هذه القوى . ويبدو أن مبدأ اللايقين هو من المميزات الأساسية للكون الذى نحيا فيه . والنظرية الموحدة الناجحة يجب أن تجسد هذا المبدأ .

إن آفاق إيجاد مثل هذه النظرية الموحدة يبدو أفضل فى الوقت الحالى ، حيث أننا نعرف الكثير عن الكون ، ولكن لابد أن نحترس من الثقة الزائدة . لقد كان من قبل باكورة زائفة . على سبيل المثال ، عند بداية القرن العشرين كانت الفكرة أن كل شيء يمكن تفسيره باستخدام الخواص للمادة المستمرة مثل معامل المرونة والتوصيل الحرارى . واكتشاف التركيب الذرى ومبدأ اللايقين وضع نهاية ذلك . ومرة أخرى عام ١٩٢٨م صرح «ماكس بورن» أمام مجموعة من الزائرين فى جامعة جوتنجن بألمانيا ، «أن الفيزياء التى نعرفها سوف تنتهى بعد ستة شهور» .

وقد بني ثقته على الاكتشاف الحديث الذى قدمه «ديراك» فى معادلة تسيطر على الإلكترون . وكان من الظن أن معادلة مشابهة تسيطر على البروتون ، الذى كان الجسيم الوحيد دون الذرى المعروف فى ذلك الوقت ، وهذا سوف يؤدى إلى نهاية الفيزياء النظرية . إلا أن اكتشاف النيوترون والقوى النووية بطش بهذه المعادلات .

ويقول هوكنج ، أنه مازال يعتقد أن هناك أرضية من الأمل المستمر بأننا أصبحنا قريبين من نهاية البحث عن قوانين نهائية للكون . ففى الوقت الحالى لدينا عدد من النظريات الجزئية . لدينا نظرية النسبية العامة والنظرية الجزئية للجاذبية والنظريات

الجزئية التى تسيطر على القوى النووية الضعيفة والشديدة وكذلك القوة الكهرومغناطيسية .

والقوى الثلاث الأخيرة قد اتحدت معاً فيما عرف بالنظريات الموحدة الكبرى . وهذه النظريات غير مرضية لأنها لا تشمل الجاذبية . والصعوبة الرئيسية لإيجاد نظرية توحد الجاذبية مع القوى الأخرى يكمن فى أن النسبية العامة هى نظرية كلاسيكية ولا تحقق مبدأ اللايقين فى ميكانيكا الكم .

ومن ناحية أخرى ، فإن النظريات الجزئية الأخرى تعتمد على ميكانيكا الكم بطريقة أساسية . لذا وكخطوة أولى ، من الضرورى ربط النسبية العامة بمبدأ اللايقين. وبالطبع هذا سوف يؤدى إلى نتائج ملحوظة مثل أن يكون الثقب الأسود ليس أسوداً وأن يكون الكون الكامل محتوى ذاتياً بدون حواف . والإنزعاج فى ذلك أن مبدأ اللايقين يعنى أنه حتى الفضاء الفارغ يكون مملؤاً بأزواج من الجسيمات الإفتراضية وضديد الجسيمات . وتمتلك هذه الأزواج كمية لا نهائية من الطاقة . وهذا يعنى أن قوة جاذبيتهم سوف تحدب الكون إلى حجم متناه الصغر ، وبشيء من التشابه يبدو أن حدوث اللانهائيات يكون غير منطقى فى النظريات الكمية الأخرى . فى هذه النظريات تتلاشى اللانهائيات بما يعرف بعملية «إعادة التطبيع» renormalization وهذا يشمل ضبط كتل الجسيمات وشدة القوى فى النظرية بكمية لا نهائية . وبالرغم أن هذه التقنية مشكوك بها رياضياً ، إلا أنه يبدو أنها تعمل فى التجربة .

لقد استخدمت هذه التقنية للتنبؤ بتحديد دقة المشاهدة وتقنية إعادة التطبيع لها نقاط ضعف جادة فى إيجاد النظرية الموحدة . فعند طرح ما لا نهاية من الملانهاية ، فإن الإجابة تكون أى شيء تريده . هذا يعنى أن القيمة الفعلية للكتل وشدة القوة لا يمكن التنبؤ بها من النظرية . وبدلاً عن ذلك اختاروا ضبط النتائج مع المشاهدات العملية ، فى حالة النسبية العامة يوجد فقط كميتان يمكن ضبطهما هما : شدة الجاذبية وقيمة الثابت الكونى ، وبضبط هاتين الكميتين لا يكفي أن نزيل جميع اللانهائيات . لابد للمرء أن يكون له نظرية يتنبأ بها بكميات معينة مثل أن يكون الإنحناء فى الزمكانية لا نهائياً فى الحقيقة .

وفى محاولة للتغلب على هذه المشكلة فرض عام ١٩٧٦م ، نظرية سميث «الجاذبية الفائقة» هذه النظرية ما هى إلا النسبية العامة مضاف إليها بعض الجسيمات الإضافية . وفى النسبية العامة يعتقد بأن هناك جسيم يحمل خاصية قوة الجذب . هذا الجسيم ذو عدد برمى يساوى ٢ ، ويسمي «الجرافيتون» والفكرة هى إضافة جسيمات أخرى جديدة بعدد برمى $\frac{٣}{٢}$ و $\frac{١}{٢}$ وصفر . وبنفس الشعور يمكن

النظر إلى جميع هذه الجسيمات على أنها مظاهر مختلفة من نفس «الجسيم الفائق» فزوج من الجسيم الإفتراضى وضديده لعدد برمى $\frac{١}{٢}$ و $\frac{٣}{٢}$ يكون لهما طاقة سالبة . وهذا يميل إلى إلغاء الطاقة الموجبة لأزواج افتراضية ذو برم صفر و ١ و ٢ . بهذه الطريقة تلغى العديد من اللانهائيات الممكنة ، إلا أن اللانهائيات المريبة هى التى تبقى . ويجب إجراء الحسابات لبيان أى من هذه اللانهائيات ترك دون إلغاء . وهذه الحسابات تكون طويلة فى العادة ولا يرغب أحد فى إجرائها حتى باستخدام الكمبيوتر قدر أن هذه الحسابات نستغرق على الأقل أربعة أعوام .

ونظراً لهذه المشكلة ، كان هناك تبادل لوجهات النظر فى قبول ما يسمى «نظريات الوتر» . فى هذه النظريات فإن الأشياء الأساسية ليست الجسيمات التى تحتل نقطة وحيدة فى الفضاء . إنما إلي حد ما هى أشياء لها طول فقط وليس لها أبعاد أخري مثل الإطار الرقيق جداً من الوتر . فالجسيم يحتل نقطة واحدة فى الفضاء عند كل لحظة من الزمن . وبالتالى يمثل تاريخه بخط فى الاحداثيات الزمكانية أطلق عليه «خط العالم» . والوتر من ناحية أخرى يحتل خط فى الفضاء عند كل لحظة من الزمن . وبالتالى يكون تاريخه فى الزمكانية بسطح ذو بعدين يسمي «لوح العالم» . وأى نقطة على هذه اللوح يمكن وصفها بعددين أحدهما يصنف الزمن والأخر يصنف موقع النقطة على الوتر واللوح الوترى للعالم هو على شكل أسطوانى أو أنبوبى والشريحة خلال الأنبوبة هى دائرة وتمثل الموقع على الوتر عند زمن مميز .

والجدير بالذكر أن قطعتين من الأوتار يمكن أن يرتبطا معاً ويتشكل وتر وحيد . وهذا يشبه أن رجلين ارتبطا فى زوج من البنطلونات . بالمثل يمكن لقطعة وترية واحدة أن تقسم إلى وترين . فى نظريات الوتر ، فإن كل ما فكرنا به من قبل على أنه جسيمات ، أصبح الأن فى صورة موجات تنتقل خلال الوتر . وإنبعاث أو إمتصاص أى جسيم يتم بواسطة الأوتار التى قسمت أو ارتبطت معاً .

على سبيل المثال ، قوة جاذبية الشمس للأرض تناظر أنبوبة على شكل حرف H . فنظرية الوتر تشبه طريقة السمكرة فإن الموجات على الجانبين الرأسيين لحرف H تناظر جسيمات من الشمس والأرض ، والموجات على خط التقاطع الأفقى تناظر قوة الجاذبية التى تنتقل بينهما . ونظرية الوتر لها فضول تاريخى ، ابتكرت فى الأصل أواخر عقد الستينات من القرن العشرين ، فى محاولة لوصف القوة الشديدة . والفكرة هى أن جسيمات مثل البروتون والنيوترون يمكن أن ينظر إليها كما لو أنها موجات على وتر . والقوى الشديدة بين الجسيمات هى القطع المناظرة من الوتر والتى ذهبت بين الأجزاء (الفتات) الأخير من الوتر . ويشبه ذلك شبكة العنكبوت .

لقد بين العالمان «چول شيرك وچون شفارز» عام ١٩٧٤ أن نظرية الوتر يمكنها وصف قوة الجاذبية ، أما إذا زاد الشد فى الوقت عن طن فإن التنبؤات التى نحصل عليها من نظرية الأوتار تعطى نفس التنبؤات التى نحصل عليها بإستخدام النسبية العامة . إلا أن هذه التنبؤات تختلف بين النظريتين فى حالة المقياس الصغير أى عند مسافات لا تتعدى $١٠^{-٣٣}$ سنتمتر . والجدير بالذكر أن معظم الناس هجروا العمل بنظرية الوتر خاصة بعد وفاة شيرك فى ظروف غامضة ، وفى عام ١٩٨٤ استعادت نظرية الوتر الاهتمام ، خاصة بعد النجاح فى بيان أن الجاذبية الفائقة المحدودة يمكنها تفسير أنواع الجسيمات التى تشاهدها ، ونظريات الوتر تؤدى أيضاً إلي اللانهائيات ، ولكن يعتقد أن جميعها يلغى فى نص النظرية الوترية المتباينة . والمشكلة الرئيسية الكبرى التى تواجه نظرية الوتر أنه تكون متوافقة فقط فى الزمكانية ذو عشرة أو ستة وعشرين بعداً بدلاً من الأربعة أبعاد الاعتيادية . بالطبع زيادة الأبعاد فى الزمكانية مرتبط أساساً بالخيال العلمى . بالقطع هناك ضرورة إلى ذلك ، وإلا أن النسبية تدل فى الحقيقة على عدم قدرة المرء على الانتقال بسرعة أسرع من سرعة الضوء . وهذا يعنى أن يستغرق الانتقال من مجرتنا وقتاً طويلاً . وفكرة الخيال العلمى هى أخذ طريق مختصر خلال البعد الأعلى ، ويمكن توضيح الصورة كما يقول هوكنج بالطريقة التالية : تخيل أن الفضاء الذى نعيش فيه له بعدين وأنه منحنى مثل مسطح الكعكة على هيئة حلقة . فإذا كان المرء على أحد جوانب الحلقة وأنك ترغب فى الوصول إلى نقطة على الجانب الأخر ، لابد وأن تذهب على طول المسار الدائرى للحلقة . فإذا كنت قادراً على الانتقال من بعد ثالث ، فيمكنك أن تعبر مباشرة إلى الجانب المطلوب .

لماذا لم نلاحظ هذه الأبعاد الإضافية إذ كانت حقيقة هناك ؟ لماذا نري فقط ثلاثة أبعاد فراغية هى (الطول والعرض والإرتفاع) وبعد واحد للزمن ؟ ان الفرض بأن الأبعاد الأخرى انطويت فى الفضاء إلي حجم صغير جداً يقدر بجزء إلي مليون المليون المليون المليون المليون من البوصة . وهذا حجم صغير جداً ، وهذا المقدار ضئيل جداً ولا يمكن ملاحظته . نحن نرى فقط ثلاثة أبعاد فراغية وبعد واحد للزمن حتى تكون الزمكانية مستوية .

إن ذلك يشبه سطح البرتقالة ، فإذا نظرت بالقرب منها فنراها مجعدة ومنحنية ، أما إذا نظرت عن بعد فسوف تظهر ملساء . وهذا بالضبط بالنسبة للزمكانية ، على المقياس الصغير ذو عشرة أبعاد يبدو منحنياً كثيراً ولكن على المقياس الكبير فلا ترى الإنحناء ولا الأبعاد الإضافية . فإذا صحت هذه الصورة ستكون أبعادها سيئة للمسافرين عبر الفضاء ، نظراً لأن الأبعاد الإضافية سوف تكون صغيرة جداً ولا

تسمح بالسفينة الفضائية بالاختراق . وهناك مشكلة كبرى أخرى ، لماذا تلتف بعض وليس كل الأبعاد على شكل كرة صغيرة ؟ من المحتمل أن تكون كل الأبعاد منحنية فى الكون المبكر جداً .

لماذا تستوى الأبعاد الفراغية الثلاثة مع بعد الزمن ، بينما الأبعاد الأخرى تبقى متناهية الصغر وملتفة ؟ وأحد الإجابات الممكنة هو «المبدأ الإنسى» .

فعبدان فراغيان لا يكفيان لخلق بشر مثلنا . على سبيل المثال تخيل حياة الناس ببعدين على الأرض ذى البعد الواحد ، تتسلق فوق بعضها لكى تمر من بعضها البعض . أما فى حالة وجود أبعاد فراغية أكثر من ثلاثة أبعاد ، سوف يؤدى ذلك إلى مشاكل أخرى ، فإن قوة الجاذبية بين جسمين سوف تقل بسرعة مع المسافة بمعدل أسرع منها فى حالة الأبعاد الثلاثة .. وهذا سوف يتضح من دوران الأرض فى مدار غير مستقر حول الشمس على الأقل يحدث اضطراب للمدارات الدائرية التى تنشأ بفعل قوة جاذبية الكواكب الأخرى مما يجعل الأرض تدور فى مسار حلزونى حول الشمس . فى هذه الحالة أما أن تتجمد أو تحترق . وفى الحقيقة يؤدى نفس السلوك للجاذبية مع المسافة إلى عدم استقرار الشمس ذاتها . فقد تتحطم إلى أجزاء صغيرة أو تنهار وتشكل ثقباً أسوداً . وفى كلتا الحالتين لا يكون لدينا أى مصدر للحرارة أو للضوء من أجل استمرار حياتنا على الأرض . وعلى المقياس الأصغر ، فإن القوى الكهربائية التى تجعل الإلكترونات تدور فى مداراتها حول النواة فى الذرات سوف تسلك نفس الطريق كما فى حالة قوى الجاذبية . عندئذ ، إما تقفز الإلكترونات معاً هاربة من الذرات أو أنها تتحرك حلزونياً حول النواة . وفى كلتا الحالتين لا يحصل المرء على الذرات التى نعرفها .

يبدو لنا واضحاً أن الحياة على الأقل التى نعرفها تتواجد فى المناطق الزمكانية التى تكون أبعادها الفراغية ثلاثة وبعد واحد للزمن . غير ملتفة . وهذا يجعلنا نطمئن فى المبدأ الأنسى .

وبعيداً عن السؤال عن عدد الأبعاد الزمكانية ، فإن نظرية الوتر مازالت تعانى من بعض المشاكل والتى يجب أن تحل قبل أن تتوج كنظرية نهائية موحدة للفيزياء فنحن لا نعرف بعد إذا كانت جميع اللانهائيات تلغى بعضها البعض أو كيف ترتبط الموجات على الوتر لتمثل نوع خاص من الجسيمات التى نشاهدها . ومع هذا يبدو أن هذه الأسئلة لا تجد إجابات خلال السنوات القليلة القادمة . ومن المحتمل فقط خلال هذه السنوات أن نعرف ما إذا كانت نظرية الوتر هى النظرية الموحدة المنشودة للفيزياء . هل يمكن أن توجد حقيقة نظرية موحدة لكل شىء ؟ أم أننا نتبع السراب ؟ يبدوان هناك ثلاثة احتمالات هم :

- هناك حقيقة نظرية كاملة موحدة سوف نكتشفها يوماً ما إذا كنا أذكياء بدرجة كافية .
- لا يوجد نظرية نهائية للكون ، بل يوجد سلسلة لا نهائية من النظريات التى تصف الكون بدقة أكثر فأكثر .
- لا يوجد أى نظرية للكون . وان الأحداث لا يمكن التنبأ بها فيما وراء مدى محدد ولكنها تحدث بطريقة اختيارية عشوائية .

فمع مجيء ميكانيكا الكم أدركنا أن الأحداث لا يمكن التنبأ بها بدقة كاملة ولكن دائماً يوجد درجة من اللايقين، وفى العصور الحديثة أزالفا حدوث الاحتمال الثالث بعد إعادة تعريف هذا العلم . فهدفنا هو صياغة مجموعة من القوانين تساعدنا علي التنبأ بالأحداث طبقاً لمبدأ اللايقين .

أما الاحتمال الثانى ، ووجود سلسلة لا نهائية من النظريات يتفق مع جميع خبراتنا حتى الأن . فنحن رفعنا من حساسية القياس وأقمنا فصل جديد من المشاهدات فقط من أجل البحث عن ظواهر جديدة لم تتنبأ بها هذه النظريات والتي تحتاج بعد ذلك إلى تطوير نظريات متقدمة .

ونحن لا نستغرب إذا اكتشفنا تحطم النظريات الموحدة الكبرى التى نعرفها الآن ، عند اختبار أكبر وأقوى معجلات الجسيمات .

ويبدوان الجاذبية قد تعطى حداً لهذه السلسلة من النظريات التى تعتبر «صناديقاً داخل صناديق» .

ويتوقع هوكنج أنه بنهاية القرن الحادى والعشرين قد يكون أمامنا فرصة جيدة لدراسة الكون المبكر .

ماذا يعنى لنا إذا اكتشفنا فعلاً نظرية نهائية للكون ؟ سوف ينقلنا ذلك إلى نهاية فصل طويل مجيد من تاريخ كفاحنا من أجل فهم الكون ، سوف يكون ذلك ثورة فى فهم الإنسان العادى حول القوانين التى تسيطر على الكون بالإضافة إلى سرعة التقدم فى التعلم بالمدارس والجامعات وسوف تتكاثر المعارف .

وفى نهاية هذه المحاضرة المثيرة يقول هوكنج أنه حتى الأن مازال كثير من العلماء المنشغلين بتطوير نظريات جديدة لوصف الكون يطرحون السؤال لماذا !

وهناك ناس كثيرون كل همهم الشاغل هو هذا السؤال ؟

وفى القرن الثامن عشر اعتبر الفلاسفة أن جميع المعارف الإنسانية متضمنة العلم هى من تخصصهم .

obeikandl.com

لقد ناقشوا أسئلة مثل : هل للكون بداية ؟ أما فى القرنين التاسع عشر والعشرين أصبح العلم أكثر دقة تكتيكياً ورياضياً وهذا جعل الأمر صعباً على الفلاسفة للمتابعة فيما عدا بعض المتخصصين القلائل .

ففى حالة إكتشاف نظرية كاملة تكون مفهومة لكل فرد ولا تقتصر على العلماء فقط حينئذٍ ، سوف نكون قادرين على مناقشة لماذا تواجد الكون ، وإذا وجدنا إجابة على ذلك فإنه يكون بمثابة الانتصار النهائى للعقل البشرى .

obeikandl.com

obeikandl.com

رقم الإيداع : ٢٠٠٣/٢٦٣٣
ISBN: 977-281-224-X

obeikandl.com

obeikandl.com

مطابع الدار الهندسية /القاهرة
تليفون / فاكس (٢٠٢) ٥٤٠٢٥٩٨