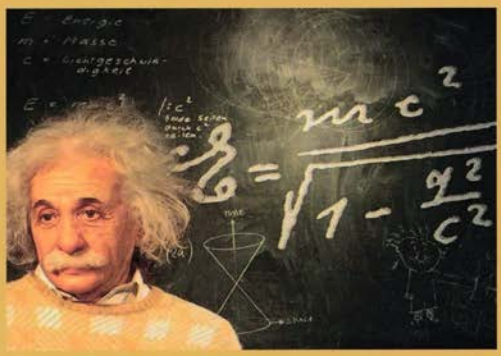
مكتبة ١١٧٥

د. بول ديفيد

حول الزمن

ثورة آينشتاين التي لم تكتمل



ترجمة: م. نظير مصطفى الدنان

نينوى

مكتبة | 1175

حـــول الـزمـــن

ثـــورة (آينشـــتاين)
التي لم تكتمل

تأليـــف
د. بول ديفيز

ترجمـــة
المهندس نظير مصطفى الدنان

مكتبة
t.me/soramnqraa

25 5 23

ABOUT TIME

Einestin's Unfinished Revolution

By

PAUL DAVIES

تصميم الغلاف : م. نادين نظير الدنان

جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

الطبعة الأولى

مطبعة الداودي – ريف دمشق ٢٠٠٧

إهداء المترجم

أهـــدي هذا العمل إلى زوجتي غالية ، وإلى بناتي دانه ، نادين ، نور ، ولين ، لعلّ ذلك يعوضهم عن بعض معاناتهم خـــلال فـــترات سفري بعيداً عنهم ، مثل ما كان جليسي الوحيد أثناء فترات بعدهم عني .

نظير الدنان

إهداء المؤلِّف

أهـــدي هـــذا الكتاب إلى عائلتي التي عانت طويلاً أثناء كتابتي لـــه ، حيث أن الوقت الذي أمضيته في ذلـــك كان ملكاً لهم .

بول ديفيز

المحتويات

مكتبة
t.me/soramnqraa

مقدمـــة المترجم ١١
مقدمـــة المؤلّف ١٥
تمهيـــد ١٩

١ – الفصل الأول : نبذة تاريخية مختصرة عن الزمن ٢٩
١-١ زمن مَنْ هو ؟ ٢٩
١-٢ البحث عن الأبدية ٣١
١-٣ الهروب من الزمن ٣٣
١-٤ العوالم الدَّورية وعودة الأبدية ٣٧
١-٥ زمن (نيوتن) وآلية الساعة الكونية ٤٠
١-٦ زمن (آينشتاين) ٤٣
١-٧ هل الكون في طريقه إلى الفناء ٤٥
١-٨ عودة العودة الأبدية ٤٩
١-٩ نقطة البداية لكل شيء ٥١
١-١٠ إنها تحدث عندما تحدث ٥٤

٢ – الفصل الثاني : زمن للتغيير ٥٩
٢-١ هبة من السماء ٥٩
٢-٢ وداعاً للأبد ٦٤
٢-٣ هل بالوقت المناسب ٦٨
٢-٤ الزمن المطاطي (المتمدد) ٧٤
٢-٥ لغز التوائم ٧٩
٢-٦ وداعاً للحاضر ٨٨
٢-٧ الوقت من ذهب ٩١

٢-٨ مشهد الزمن ٩٤

الفصل الثالث : مكابح الزمن ١٠٥

٣-١ حاجز الضوء ١٠٥

٣-٢ الحركة الدائمة والمقاومة المتصاعدة ١١٣

٣-٣ لماذا يجري الزمن بسرعة أكبر في الفضاء ؟ ١١٨

٣-٤ الساعة داخل الصندوق ١٢٢

٣-٥ أفضل ساعة في الكون ١٣٠

٣-٦ الصدى الذي وصل متأخراً ١٣٤

٣-٧ الارتقاء إلى العالم ١٣٦

٤ – الفصل الرابع : الثقوب السوداء : بوابات نحو نهاية الزمن ١٤١

٤-١ لانهائية عامل الكبح ١٤١

٤-٢ لغز الظلام ١٤٦

٤-٣ اختراق الدائرة السحرية ١٥١

٤-٤ مشكلة استثنائية (النقط المتفردة) ١٥٣

٤-٥ خلف نهاية الزمن ١٦٣

٤-٦ هل هم هناك فعلاً ؟ ١٦٦

٥ – الفصل الخامس : بداية الزمن : متى كانت بالضبط ؟ ١٧٣

٥-١ ساعة السماء العظيمة ١٧٣

٥-٢ الانفجار العظيم وما الذي حدث قبله ١٧٧

٥-٣ أقدم من الكون ١٨١

٥-٤ غلطة (آينشتاين) الكبرى ١٨٥

٥-٥ توقيتين للكون ١٩٣

٦ – الفصل السادس : أعظم انتصار لـ (آينشتاين) ٢٠١

٦-١ آثار الله ٢٠١

٦-٢ هل حدث الانفجار العظيم ٢٠٥

٦-٣ ماذا تعني بضعة بلايين من السنين بين الأصدقاء ٢١٠
٦-٤ مشكلة التنافر ٢١٧
٦-٥ الكون المتواني (المتلكئ) ٢٢٠

٧ – الفصل السابع : الزمن الكموني ٢٢٧
٧-١ الزمن داخل النفق ٢٢٧
٧-٢ الغلاّية المراقبة ٢٣١
٧-٣ محو الماضي ٢٣٥
٧-٤ إشارات الأشباح والجسيمات الخارقة للطبيعة ٢٤١
٧-٥ أسرع من الضوء ؟ ٢٤٦
٧-٦ الزمن يتلاشى ٢٤٨

٨ – الفصل الثامن : الزمن التخيلي ٢٥٥
٨-١ زيارة أخرى للثقافتين ٢٥٥
٨-٢ كيف بدأ الزمن ٢٥٨
٨-٣ نظرية (هارتل) – (هوكنج) ٢٦٢
٨-٤ الساعات التخيلية ٢٦٩

٩ – الفصل التاسع : سهم الزمن ٢٧٥
٩-١ إمساك الموجة ٢٧٥
٩-٢ إشارات من المستقبل ٢٨٣
٩-٣ مسألة انعكاس الزمن ٢٨٧
٩-٤ الجسيم الذي يستطيع أن يشير للزمن ٢٩٢
٩-٥ الكون المنكفئ ٣٠٠

١٠ – الفصل العاشر : التوجه بعكس الزمن ٣٠٩
١٠-١ في داخل الانعكاس ٣٠٩
١٠-٢ التفكير بالعكس ٣١٢
١٠-٣ العوالم المضادة ٣١٥

١٠-٤ ملء الساعة إلى الوراء ٣١٨
١٠-٥ غلطة (هوكنج) الكبرى ٣٢٣
١٠-٦ زمن لكل شخص ٣٢٥

١١ – الفصل الحادي عشر : سفر الزمن : حقيقة أم خيال ٣٢٩
١١-١ إرسال الإشارات إلى الماضي ٣٢٩
١١-٢ زيارة الماضي ٣٣٣
١١-٣ آلات الزمن في الثقوب السوداء ٣٤١
١١-٤ الثقوب الساخنة والأوتار ٣٤٤
١١-٥ مفارقة ٣٤٩

١٢ – الفصل الثاني عشر : ولكن كم هو الوقت الآن ؟ ٣٥٥
١٢-١ هل الزمن يجري حقاً ؟ ٣٥٥
١٢-٢ أسطورة المعبر ٣٥٩
١٢-٣ هل يطير سهم الزمن ٣٦١
١٢-٤ لماذا الآن ؟ ٣٦٣

١٣ – الفصل الثالث عشر : تجارب على الزمن ٣٧٣
١٣-١ كم يستمر الحاضر ؟ ٣٧٣
١٣-٢ الآن تراها ، الآن لا تراها ٣٧٦
١٣-٣ ملء الزمن ٣٧٩
١٣-٤ الزمن الذاتي ٣٨٣
١٣-٥ الباب الخلفي إلى عقولنا ٣٨٧

١٤ – الفصل الرابع عشر : الثورة التي لم تنتهي ٣٩٣
الخاتمـــة ٣٩٩

مقدمة المترجم

بسم الله الرحمن الرحيم ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد خير المرسلين وخاتم النبيين ، خير ما أبدأ به بعضاً من آيات الذكر الحكيم :

﴿ إن في خلـــق السموات والأرض واختلاف الليل والنهار لآيات لأولي الألباب ۞ الذيـــن يذكرون الله قياماً وقعوداً وعلى جنوبهم ويتفكرون في خلق السموات والأرض ربنا ما خلقت هذا باطلاً سبحانك فقنا عذاب النار ﴾ .

سورة آل عمران (١٩٠-١٩١)

﴿ أولم يـــتفكروا في أنفسهم ، ما خلق الله السموات والأرض وما بينهما إلا بالحق وأجلٍ مسمًّى وإن كثيراً من الناس بلقاء ربهم لكافرون ﴾ .

سورة الروم (٨)

صدق الله العظيم

الكـــون مليء حولنا بالمعجزات ، فكيف ما نظرنا وأينما سرنا نجد آيةً من آيات الله عـــز وجـــل تدعونا للتفكير بها وبخلقها لندرك بذلك مدى القدرة الإلهية وحكمتها اللامحدودة ، وإن الأبحاث والكتب والعلوم تزيد من اندفاع الإنسان نحو التفكير لما تلقي مـــن أضواءٍ وتفتح من مواضيع تكون مثار تساؤلات وأفكار جديدة ، وخاصةً ما يتعلق منها بعلوم الكون والطبيعة .

كنـــت في الصف الثاني الإعدادي أبلغ من العمر أربعة عشر عاماً عندما شغفت بأخـــبار الفضـــاء والعلوم الكونية فعملت لوحةً ضخمةً ألصقت عليها صوراً للصواريخ والأقمـــار الصناعية التي كان يتسابق على إطلاقها كل من الاتحاد السوفييتي وأميركا ،

وتابعت باهتمام بالغ أنباء رحلة أول رائد فضاء سوفييتي إلى الفضاء الخارجي (يوري جاجارين) ، وأذكر تماماً كيف بدأت بعد ذلك أبحث عن الكتب التي تتحدث عن كواكب المجموعة الشمسية واكتشافاتها ، حتى أنني جمعت معلومات مفصّلة عنها وكتبتها في كراسٍ صغير (حوالي سبعين صفحة بخط اليد) اعتقدت أنه كتاب من تأليفي وسميته « مجرتنا » وزينته بمجموعة كبيرة من الصور والرسوم التي قصصتها من الكتب والمجلات العلمية المختلفة .

كنت أحاول وأنا في تلك السن الصغيرة أن أربط بين ما أقرأ في الكتب العلمية عن الأكوان والفضاء وبين ما فطرت عليه من إيمان بالله وكتبه ورسله ، وأذكر أنه بعد ذلك بعامين أو ثلاثة لفت نظري كتاب عنوانه « العلم يدعو للإيمان » فازدادت قناعتي بعد قراءته بأنه كلما زادت معرفة الإنسان وازداد علمه كلما ازداد عمقاً في إيمانه بالله وقرآنه الحكيم . وأتذكر أيضاً كيف كنت في أوائل الستينات أقرأ المقالات العلمية التي كانت تُنشر في مجلة « العربي » وكان رئيس تحريرها في تلك الفترة الدكتور أحمد زكي (رحمه الله) ، وكم كان إعجابي بالغاً بأسلوبه العلمي الأدبي المتميز ، حتى أنني بحثت في كافة مكتبات دمشق يومها عن كتابه الذي كان بعنوان « مع الله في السماء » حتى حصلت عليه وقرأته وكنت في غاية السعادة ، وهكذا ــ وقبل أن أحصل على الثانوية العامة كنت قد قرأت أيضاً كتاب « الكون الأحدب » للدكتور عبد الرحيم بدر ودخلت عالم النسبية المذهل وعرفت عن (آينشتاين) الشيء الكثير ، وعن محاولاته المتكررة لإيجاد نموذج للكون قريب من الواقع وأعجبني يومها نموذج البالون الذي تنتشر على سطحه نقط كثيرة تكون قريبة من بعضها ولكنها تتباعد كلما انتفخ البالون وازداد حجمه .

لم أتوقف منذ ذلك الحين عن متابعة كل ما هو جديد في علوم الفضاء والعلوم الكونية وفلسفة العلوم ، وإلى جانب ذلك كانت لي هواية أخرى هي الترجمة والتعريب، وقد دخلت هذه الهواية إلى حيز الممارسة العملية عندما قمت مع أربعة من الزملاء الكرام بترجمة موسوعة علمية عنوانها « الآلات في حياتنا — كيف تعمل » وهي موسوعة علمية للناشئة تتكون من أربعة أجزاء وقامت بطبعها ونشرها في الكويت « الجمعية الكويتية لتقدم الطفولة العربية » في الأعوام ما بين ١٩٨٤ و ١٩٨٩

وفي أحـــد المحادثـــات الهاتفية مع ابن عمي الدكتور ناصر دنان الذي يعمل طبيباً للأطفال في أميركا أخبرني أنه قرأ بعض الكتب لعالم فيزيائي معاصر اسمه (بول ديفيز)، وقـــد أثارني إعجابه الشديد بهذه الكتب التي تتناول فلسفة الفيزياء والعلوم وعلاقتها مع الطبيعة والكون والزمن ، فطلبت منه إرسال بعض هذه الكتب إليّ ، ووصلت الكتب في أوائـــل شهر يونيه (حزيران) من عام (٢٠٠٠) إلى الكويت (حيث أعمل) وقد لفت نظـــري منها كتاب عنوانه « حول الزمن – ثورة آينشتاين التي لم تكتمل » فتصفحته لفـــترة قصيرة ثم قررت فوراً ترجمته إلى اللغة العربية ، لإحساسي القوي بعمق الأفكار الـــتي يتناولها وحداثتها ، فهو يستعرض نتائج تجارب تمت في التسعينات ، وبدأتُ فعلاً بالـــترجمة في أوائل شهر يونيه (حزيران) من عام (٢٠٠٠) وفرغتُ من ترجمته بعون الله قـــبل نهاية عام (٢٠٠٠) بقليل ، وإنني إذ أحمد الله على أنه أعانني على إنهاء هذه المهمة بالشكل الذي يرضيني ، فإنني أرجو الله أن تنال هذه الترجمة رضا القراء وأن تُغنيهم عن الـــرجوع إلى الكـــتاب الأصلي ، كما أرجو أن أكون قد وُفقتُ في الانتقاء وأن يكون اختياري قد كان في محله لترجمة هذا الكتاب .

لم تكـــن المهمـــة سهلة فقد واجهتُ كالعادة مشكلة المصطلحات العلمية وتعدد المفـــردات المقابلـــة للكـــلمة الإنكليزية الواحدة حسب اللهجات العربية المستخدمة ، فحاولـــت قـــدر الإمكـــان أن أستخدم أكثر المفردات انتشاراً وكنت أوضح ذلك في الهوامـــش والحواشـــي . كمـــا أنـــي فضلتُ في معظم الاحيان أن لا أكتب الكلمات الإنكليزية التي تقابل المصطلح المقابل له باللغة العربية لدى وروده في النص لما يتبع ذلك مـــن تشتيت لأفكار القارئ وقطع لتسلسل السياق ، بل إنني عمدت بدلاً من ذلك إلى إضـــافة ملحق كامل فيه ثبتٌ لترجمة المصطلحات والمفردات الإنكليزية إلى العربية وهي مرتبة حسب الحروف الأبجدية الإنكليزية ، ويستطيع القارئ الرجوع إليها عند الحاجة .

لابـــد في نهايـــة هذا التقديم أن أتقدم بشكري العميق لكل من ساهم بتقييم هذه الترجمة ومراجعتها وطباعتها وتنسيقها لتصل بهذا الشكل الأنيق إلى أيدي القراء .

كمـــا لا أنسَى أن أقدم شكري العميق أيضاً للدكتور ناصر دنان لقيامه بمراجعة ترجمة الفصل الثالث عشر أثناء إجازته القصيرة إلى دمشق في شهر مارس (آذار) من عام (٢٠٠١) ، حيث كان لمراجعة الأفكار الطبية والمصطلحات الإنكليزية لهذا الفصل دور

هام في إيصال المعنى باللغة العربية كما يقصده المؤلّف تماماً .

وأود التـــنويه أخيرا بأن الله لم يكتب لهذا العمل أن يخرج إلى النور الا بعد سبع سنوات من انتهائه وفي ذلك حكمه أكيده لا يعلمها الا هو.

الكويت ٢٥/١٠/٢٠٠٧

المهندس نظير الدنان

المقدّمة

هذا هو الكتاب الثاني الذي أكتبه حول موضوع الزمن ، فقد نُشر الكتاب الأول في عام ١٩٧٤ وكان يُخاطب الفيزيائيين المختصين . لقد كنت أحاول دوماً تأليف كتاب آخر في هذا الموضوع للقارئ العادي المثقف ولكنني لم أكن أجد الوقت أبداً، وأخيراً تحقق لي ذلك .

إن الافتتان بلغز الزمن قديم قِدَم تفكير الإنسان ، حيث يظهر جلياً من السجلات المكتوبة القديمة مدى الحيرة والالتباس والغموض الذي أحاط بطبيعة الزمن ، فالكثير من **الفلسفة اليونانية كانت مهتمة بتقريب مفاهيم الأبدية مقابل سرعة الزوال** ، كما أن الزمن كان موضوعاً أساسياً في جميع الأديان السماوية في العالم ، مما أفضى إلى كثيرٍ من الصراعات المذهبية عبر القرون الأخيرة .

وعلى الرغم من أن الزمن قد دخل مجال العلوم كمقدار قابل للقياس في إطار جهود كلٍ من (غاليليو) و (نيوتن) ولكنه لم يتطور ويصبح موضوعاً قائماً بذاته إلا إبّان القرن الحالي (العشرون) ، وقد كان (آينشتاين) هو المسؤول أكثر من أي شخص آخر عن هذا التطور . إن قصة الزمن في القرن العشرين هي بجدارة قصة « زمن آينشتاين » ، وبالرغم من أنني أوردت بعض التفاصيل عن حياة (آينشتاين) الشخصية حيث كان مناسباً ، إلا أنه لا يمكن اعتبار هذا الكتاب سيرة ذاتية له حيث نُشر العديد منها منذ الاحتفال بذكرى مولده المئوية عام ١٩٧٩ . كما أنني لم أسعى لكتابة دراسة جدولية أو شاملة للزمن ، وبدلاً من ذلك فقد انتقيت مختارات من المواضيع التي وجدتها شخصياً محيِّرة وغامضة واستخدمتها لتوضيح المفاهيم العامة للزمن التي نحن مُقبلون على تحليلها .

على الرغم من أن عمر نظرية (آينشتاين) النسبية العامة يقترب من القرن الآن ، إلا أن تنبؤاتها العجيبة ما تزال غير معروفة بشكل واسع ، ويتعلمها الناس بشكل ثابت ،

بخوف وبهجة وحيرة ، وقد تم تخصيص معظم محتويات الكتاب لتغطية النتائج الصحيحة للنظرية ، وان الاستنتاج الواضح الذي توصلت إليه على أية حال هو أننا بعيدون عن الإمساك بشكل جيد بمفهوم الزمن . لقد استطاعت أعمال (آينشتاين) أن تشعل ثورة في فهمنا لهذا الموضوع ولكن النتائج مازالت تحتاج إلى بحث وتمحيص ، كما أن معظم مضامين النظرية النسبية مازال كالمناطق المجهولة يحتوي على مفاهيم حاسمة مثل إمكانية سفر الزمن الذي لقي اهتماماً واسعاً في الآونة الأخيرة فقط . هناك أيضاً مسائل أساسية تشير إلى وجود قيود موضوعية في عمق النظرية تفضي إلى تناقضات مخيفة تتعلق بعمر الكون ، وإلى عقبات كأداء أمام توحيد « **زمن** » (آينشتاين) مع الفيزياء الكمومي ، حيث يعتبر ذلك من أكثر الصعوبات الملحّة ، وربما يكون الأكثر إقلاقاً أن « **زمن** » (آينشتاين) فعلاً على خلاف مع الزمن الذي نعرفه نحن بني البشر ، كل ذلك يقودني للاعتقاد بأن علينا أن نحتضن أفكار (آينشتاين) بشرط أن نتقدم ونتابع المسيرة ، لأن الفهم التقليدي فقط للزمن غالباً ما يجنح بنا عن الطريق ويتركنا غارقين في لجة من التناقضات والحيرة والالتباس ، كما أن « زمن » (آينشتاين) برأيي غير كافٍ لتفسير العالم الفيزيائي وإدراكنا له بشكل كامل .

لقد كانت الدراسات العلمية للزمن مثيرة للاضطراب والفوضى والذهول ، وهي مربكة أيضاً ، وحيث أن هذا الكتاب موجّه للقارئ المثقف الذي لا يمتلك خلفية رياضية أو علمية تخصصية فإنني اكتفيت بالحد الأدنى من المصطلحات العلمية الغريبة ، وتجنبت الأرقام والحسابات إلا فيما كان ذلك ضرورياً للغاية ، على أنني لا أنكر أن الموضوع معقد وفيه قدر كبير من التحدي الفكري . كما لجأت أحياناً إلى استخدام وسيلة قدمت فيها صوت شخص شكّاك تخيلي وديع يقدم بين الفينة والأخرى بعض ما يجول في خاطر القارئ من تساؤلات واعتراضات . عزيزي القارئ ، قد تزداد فكرتك عن الزمن التباساً بعد قراءة هذا الكتاب عما كانت عليه سابقاً ، فلا تقلق ، لأنني أنا شخصياً اختلط عليّ الأمر أيضاً بعد كتابة هذا الكتاب.

العديد من الأشخاص ساعدوني على تكوين وبناء أفكاري عن الزمن على مرّ السنين ، وقد استفدت بشكل خاص من مناقشاتي ومناظراتي مع كلٍ من: (جون بارو) و (جورج إفستاثيوس) و (ماري جيلمان) و (إيان موس) و (جيمس هارتل)

و (ستيفن هوكنج) و (دون بيج) و (روجر بيزوز) و (فرانك تيبلر) و (ويليام آنرو) و (جون ويلر) . أما الآخرون الذين كان لأعمالهم الأثر الكبير عليّ فهم مذكورون في سياق الكتاب . كما ينبغي عليّ أيضاً أن أقدم شكري لزملائي وأصدقائي الحاليين الذين قدموا لي العديد من الأفكار المفيدة والتلميحات الذكية حول الموضوع ومنهم : (دايان آدي) و (دافيد بلير) و (بروس داوسون) و (روجر كا) و (فيليب ديفيز) و (سوزان ديفز) و (ميشيل درابر) و (دينيس جامبل) و (موراي هاميلتون) و (أنجاس هيرست) و (أندرو ماتاز) و (جيمس ماكارثي) و (جيسبر مونش) و (جراهام نيرليك) و (ستيفن بوليتي) و (بيتر سيكرز) و (جاسون تواملي) و (دافيد ويلتشاير) ... وأخيراً وليس آخراً (آن – ماري غريزوغونو) التي كان لقراءتها النقدية لمخطوطة الكتاب والمناقشات الاعتراضية حول مادة المواضيع الدور الكبير والأثر الهام الذي لا يُقدّر بثمن .

أديلايد – جنوب أستراليا

مكتبة
t.me/soramnqraa

لقد شاهدت الأبدية في تلك الليلة ،
مثل حلقة عظيمة من الضوء الصافي الذي لا نهاية له ،
الكل في صمت مطبق حيث كان لامعاً ،
وكان الزمن دونها دائرياً ، زمن الساعات والأيام والسنين ،
يُقاد بالكواكب السيَّارة ،
مثل ظل متسع يتحرك فيه العالم ،
وكل قافلتها كانت مرتمية ...

(هنري فوجمان)

– « العالَم » –

تمهيـــد

كـــل واحد منا يعشق البطل ، وقد ثبت أن الإنجازات التي يحققها نفر من الأفراد تكـــون أكثر سحراً وفتنةً للناس من منجزات المجتمعات ككل ، ويتجلّى ذلك بوضوح منذ الأساطير اليونانية إلى المعجزات الرياضية ، وصولاً إلى نجوم الفن الذين فرقعوا العالم المعاصر . ولا نستثني من ذلك العلوم ، فأسماء لامعة مثل (أرسطو طالس) و (غاليليو غاليـــلي) و (إســـحاق نيوتن) و (شارلز داروين) تقف بالتأكيد خارج الزحام ، ويُعتـــبر هـــؤلاء من المحركين والمحرضين على الثورات العلمية . من بين هذه القائمة من عباقرة العلم نجد اسماً مثّل في آن واحد التألق الفكري والإثارة المرافقة للتغير الدراماتيكي في شـــكل العـــالم ، هـــو (ألبرت آينشتاين) ، فبالإضافة إلى كونه أسطورة في حياته الشخصـــية فإنه يمثل بصورة مصغرة كل ما من شأنه أن يدمج الجمهور مع الإبداعات العلمية . كان مظهره الخارجي غريباً وغير مرتب ويتكلم الإنكليزية بلكنة ألمانية ، كما كانـــت نظرياته موضوعة في قالب رياضي أشبه بالطلاسم ، ومن الواضح والأكيد أنه قدَّم معظم أفكاره التي هدمت المعتقدات الكلاسيكية بشكل منفرد تقريباً حيث أنه اقتلع الأفكار الغريبة الجديدة من المملكة الأفلاطونية المجردة ، واكتشف أن الطبيعة تتقبل ذلك بطواعية .

وكما في كل الأساطير ، فإن أسطورة (آينشتاين) تشير إلى أن هذا العالم يقبض على شيء من الحقيقة . لقد كان عبقرياً لأنه أحدث ثورة في العلوم ولأن معظم أعماله (إن لم تكـــن جميعها) تُعزى إليه وإلى جهده الخاص الشخصي بشكل أساسي . كان أيضـــاً عنـــيداً ومكابـــراً على عدد من الإفكار العلمية الخاطئة ، (آينشتاين) الرجل ، والزوج ، والأب ، والفيلسوف والموسيقي ورجل الدولة ، هذا الرجل كان أكثر تعقيداً مـــن ذلك . إن العشق الذي أحاط بهذا الرمز المحيِّر والغامض لعدة عقود من الزمن بدأ ينســـلخ عنه رويداً رويداً بعد مرور قرن تقريباً على ولادته ، ويُلاحظ ذلك من خلال عدد من السير الذاتية التي كُتبت عنه والتي خفّفت من تسليط الأضواء عليه وأعادته إلى

مكانته العادية بين البشر .

ومهمـــا يكـــن من أمر فقد كان (آينشتاين) رجل عصره ، ولدى دخول هذا القـــرن كانت الفيزياء تقف أمام مفترق طرق خطير . فقد أصبح هذا الفرع من العلوم ناضـــجاً تماماً وذا قواعد راسخة وقوانين مختبرة ومجرّبة ، وسجلٍ مدروس بعناية ودقة ، حـــتى وقـــر في قلوب بعض الفيزيائيين أن هذا الفرع من العلوم برمته يقترب من حالة الاكـــتمال ، كما اقترب البعض من الاعتقاد بأن قوانين (نيوتن) في الحركة والثقالة ، ونظـــرية (ماكسويل) في الكهرطيسية ، وقوانين الترموديناميك ، ومجموعة أخرى من المـــبادئ الأخرى ، يمكن أن تكون كافية تماماً لكي تُعبّر عن جميع الظواهر الفيزيائية في الكـــون ، وضـــمن هذا المنظور فقد بدا للبعض أن الفيزياء في نهاية القرن التاسع عشر ســـوف لن تختلف كثيراً عن الفيزياء في نهاية القرن العشرين ، كما بدا أن نظرية شاملة نهائـــية - نظرية كل شيء - أصبحت في متناول اليد . ولكن لسوء الحظ ، وكما نرى الآن فـــإن ألغازاً مستعصية أعتمت الطريق الذي كان من الممكن أن يؤدي إلى النجاح . لقـــد أبرزت النتائج التجريبية الكثير من هذه الألغاز ، فاكتشاف النشاط الإشعاعي ألمح إلى وجـــود عـــالم من الطاقة يكمن وراء مفاهيم الثقالة والكهرطيسية ، كما أن العمر الهـــائل للأرض المستنبط من تاريخ المستحاثات لا ينسجم مع أي عملية معروفة لإبقاء الشـــمس مشـــعةً ، وكذلك فإن الخطوط الحادة التي تظهر في أطياف الغازات تتحدى التفسير من خلال استخدام أي نموذج معروف للذرة .

الأكـــثر أهمـــية وجدّيـــة من ذلك هو وجود بعض التناقضات داخل النظريات الأساســـية نفســـها وكأنها صخور مختفية تحت سطح الماء تتحين الفرص لإغراق سفينة الظفـــر والفخار العائدة للفيزياء الكلاسيكية ، فمن غير الممكن بناء نظرية شاملة للكون مـــن مكوّنـــات لا تنســـجم مع بعضها انسجاماً تاماً . ومن هذه الزاوية امتزج حدثين غريبين بشكل خاص وفرضا نفسيهما في النهاية على القائمة التي بحوزة الفيزيائيين .

كانت **المسألة الأولى** تتعلق بمزج نظرية الإشعاع الكهرطيسي مع الترموديناميك . لقـــد كـــان كل من هذين الموضوعين ناجماً بمفرده بشكل استعراضي مثير ، فقد كانت معـــادلات (ماكســـويل) في الكهرطيســـية تفســـر بأناقة كبيرة التداخل بين الحقول الكهربائـــية والمغناطيســـية ، كما أنها أرست قواعد نظرية راسخة للعديد من الأجهزة

العمليـــة مـــثل المحركات والمولّدات الكهربائية ، وقادت أيضاً إلى تنبؤات صحيحة فيما يـــتعلق بالموجات الإشعاعية ، كما فسّرت بشكل مقنع خواص الضوء بدلالة الموجات الكهرطيســـية . من جهة أخرى فقد واكبت قوانين الترموديناميك تلك الانتصارات ، فبالإضافة إلى أنها درست أداء المحركات الحرارية والمحركات البخارية والثلاجات ، فقد حـــددت خواص الغازات وتفاعلاتها الكيميائية أيضاً . ولكن ، عند إجراء التزاوج بين هذيـــن المـــنهجين النظريين العظيمين يبرز تناقض مدمّر وخطير . تبعاً للصورة التقليدية للفضاء فقد كان يُعتقد أنه مملوء بمادة غير مرئية تسمى « **الأثير النيِّر** » ، وقد كان يتم تصـــوّر الحقول الكهرطيسية على أنها تواترات أو اختلاجات لهذا الوسط ، وقد ظهرت المشـــكلة في أن هـــذا الوسط المفترض ينبغي أن يمتلك سعةً حرارية هائلة ولدرجة غير محـــدودة وبالـــتالي فإنه سيبدي نهماً وشراهةً كبيرين نحو الحرارة ، وحيث أنه لا شيء يســـتطيع أن يمـــنع المـــادة الطبيعية من منح طاقتها بشكل مستمر إلى الأثير على شكل اهتزازات كهرطيسية ذات ترددات اختيارية عالية ، فإن حالة من عدم الاستقرار وعدم الـــتوازن سوف تظهر دون أن يكون هناك سبيل لتجنبها ، حيث سيستدعي ذلك أن لا يكـــون لـــدى الأجسام المادية القدرة اللازمة للمحافظة على حرارتها وبقائها في حالة تـــوازن حراري مع بيئتها ، الأمر الذي يؤدي إلى تضارب صارخ وسمج مع الحس العام ومع النتائج التجريبية .

المسألة الثانية أو إن شئت اللغز الثاني الذي اعترض الكهرطيسية ، ظهر هذه المرة في وصـــف الشـــحنات الكهربائية المتحركة . لقد كان هناك عدم توافق صعب ولكنه عمـــيق بـــين نظرية (ماكسويل) في الكهرطيسية وقوانين (نيوتن) في الحركة ، فقد كانت قوانين (نيوتن) تعتبر القول الفصل الأساسي في علوم الفيزياء وقد عملت لفترة طويلة كنموذج لكل الدراسات العلمية الخاصة بالتغيرات ، وعلى الرغم من أنها صيغت في القرن السابع عشر فقد اجتازت بكل جدارة اختبار « الزمن » في نهاية القرن التاسع عشر ، إلا أن تلك القوانين وجدت نفسها أخيراً وجهاً لوجه أمام الكهرطيسية لتخوض معهـــا صـــراعاً عنيفاً ليس في التفاصيل التقنية فحسب ، بل في أكثر الأشكال عمقاً ، صراعٌ حول طريقة معالجة مفهوم الحركة نفسه .

كمـــا ســـوف أبيّن في الفصول القادمة فقد كان كلٌ من التناقضين المذكورين

يتعلق بطبيعة الزمن . **التناقض الأول** (الصراع بين الكهرطيسية والترموديناميك) نشأ من محاولة فهم ما يسمى بسهم الزمن ، أو الحقيقة التي مفادها أن معظم العمليات الفيزيائية تمتلك ميلاً نحو « **الاتجاهية** directionality » الكامنة فيها وهي تبرز بشكل خاص وواضح في اتجاه جريان الحرارة (من الحار إلى البارد) . أما **التناقض الثاني** فقد كان يتضمن الصراع بين مفهوم نيوتن عن الزمن المطلق ، ونسبية الحركة المطبقة على الجسيمات المشحونة كهربائياً .

لم يستمر الصراع طويلاً ، فقبل نهاية العقد الأول من القرن العشرين تمكنت هاتان المشكلتان النظريتان بكل بساطة وهدوء من نسف الفيزياء الكلاسيكية التقليدية والإطاحة بها بعيداً واستبدالها ليس فقط بثورة واحدة بل بثورتين عظيمتين . **لقد نتج عن حل اللغز الأول الميكانيك الكمومي** ، وهو نظرية عن المادة جديدة كلياً وغريبة تماماً (غريبة لدرجة أن البعض ما يزال حتى الآن يجد صعوبة كبيرة وبالغة في فهمها والاقتناع بها) حتى أن (آينشتاين) ظل يرفض طيلة حياته تداعياتها الغريبة . **أما اللغز الثاني فقد أدى حلّه إلى ظهور النظرية النسبية** . لقد لعب (آينشتاين) دوراً رئيسياً في كلا الثورتين لكنه كان أكثر التصاقاً وقرباً إلى النظرية النسبية .

تعود كلمة « **النسبية** » هنا إلى الحقيقة الأولية التي مفادها أن رؤيتنا للعالم من حولنا تعتمد على حالتنا الحركية وبذلك فهو نسبي ، ويمكن أن يتجلّى لنا ذلك بوضوح من خلال بعض المظاهر البسيطة في حياتنا اليومية ، فإذا كنت واقفاً على رصيف محطة القطارات ، فسوف ترى القطارات تمر بجوارك مندفعة بسرعة كبيرة جداً ، أما إذا كنت راكباً في أحد تلك القطارات فسوف يبدو لك أن المحطة هي التي تتحرك بذلك الاندفاع . هذه النسبية الواضحة وغير المستمرة في الحركة كانت معروفة لدى (غاليليو) ، كما أنها أُدرجت في ميكانيك (نيوتن) في القرن السابع عشر ، لكن ما اكتشفه (آينشتاين) لاحقاً هو أن النسبية ليست في الحركة فحسب ، بل إن الزمان والمكان نسبيان أيضاً ، وقد كان ذلك زعم مربك تماماً ينافي البديهة ، وكما سوف نرى فيما سيأتي من فصول فإن زمن (آينشتاين) تحدى مفاهيم إحساسنا العام بالحقيقة ، بطريقة مروِّعة للغاية .

لقد كان ممكناً لعلماء القرن التاسع عشر أن يعتقدوا أن الفيزياء قد تكون كاملة فيما لو استطاعت أن تعلل القوى التي تعمل بين جزيئات المادة والطريقة التي تتحرك بها

هـذه الجزيـئات تحـت تأثير تلك القوى ، وكان ذلك يتلخص في القوى والحركة . الجزيـئات نفسها والمسرح الزمكاني الذي تتحرك به كان مجرد افتراض ، هبة من الله . إذا كان يمكن مقارنة الطبيعة بمسرحية كونية عظيمة ، فإن مكوِّنات هذا الكون من مادة وذرات مختـلفة هـم الممثلون ، أما الزمان والمكان فإنهما يقومان مقام خشبة المسرح ، عندئذٍ يَعتبر العلماء أن عملهم محصور بشكلٍ أساسي في صياغة أحداث المسرحية .

لا يَعتبر الفيزيائيون اليوم أن المهمة قد أُنجزت بالكامل إلى أن يتم إعطاءهم تقريراً وافـياً عـن كل شيء : الممثلين ، خشبة المسرح ، ونص المسرحية ، حيث لن يكون بمقدورهـم أن يتصـوروا وجود نواقص في التفسير الكامل لخواص كل جزيئات المادة ووجودها الذي يؤلف الكون ، وطبيعة الزمان والمكان ، وكذلك الدور الكامل للنشاط الـذي يمكن أن تدخل فيه تلك الكائنات . لقد كانت مساهمة (آينشتاين) العظيمة في بـيانه بأن الفصل بين الممثلين وخشبة المسرح كان أمراً مصطنعاً ، فالمكان والزمان هما نفسـهما جزء من الممثلين ، كما أنهما يلعبان دوراً هاماً وأساسياً في المسرحية العظيمة للطبـيعة . إن الزمان والمكان ليسا كما قد يبدو ببساطة « هناك » عند الستارة الخلفية الثابـتة وغـير المتغيرة للمسرح ، بل إنهما شيئان فيزيائيان متغيران ومطواعان ويخضعان للقوانين الفيزيائية ، وهما لا يقلان في شيء من كل ذلك عن المادة نفسها .

لقد احتاج الأمر فعلاً إلى شاب جسور ، غير متمرس ، وعبقري مثل (آينشتاين) حـتى يسأل ليس فقط عن الصحة التقانية لفيزياء (نيوتن) ، بل عن الأسس والمفاهيم الـتي تقـوم عليها كل تلك الفيزياء ، خاصةً وأن مفاهيم (نيوتن) في الزمان والمكان والحـركة الـتي كانت قد اجتازت بنجاح كل الاختبارات وخرجت منتصرة من كل المعـارك طيلة قرنين من الزمن ، فإنه لم يكن من السهل أبداً استبعادها . ويمكن إعطاء مقـياس عن مدى عظمة (آينشتاين) بأن اعتداءه المقهور على الصرح الكبير للفيزياء النيوتونية أفضى إلى الطريق القويم خلال جيل واحد فقط .

وبعد ، وعلى الرغم من أن (آينشتاين) كرَّس حياته لهذه المهمة ، فإنه لم ينجح أبـداً بإرساء قواعد متينة لنظرية كاملة في الفيزياء ، صحيح أنه حرَّر الزمان والمكان من القـيود القياسية وغير الضرورية التي كانت جزءاً من التفكير « النيوتوني » ولكنه كان غـير قـادر عـلى الارتقـاء بمفاهيمه الجديدة الحرة ليحصل على زمان ومكان مرنين

ومطواعين في نظرية موحَّدة بشكل مناسب . إن البحث عن نظرية حقل موحَّد (نظرية كل شيء ، كما تعرف الآن) مازال على رأس القائمة العلمية ، ومازال هذا الهدف ينزلق من بين أيدينا دوماً ، وحتى بالنسبة لموضوع الزمن وحده فإن (آينشتاين) ترك أشياءً كثيرة في حالة غير منتهية وأهملها بشكل يثير الاستغراب . منذ فجر التاريخ كانت طبيعة « الزمن » محيِّرة للألباب ومربكة جداً لعقول الكائنات البشرية ، ويمكن اعتباره بشكل ما ركناً أساسياً من معاناتنا في هذا العالم . بعد كل ذلك فإن المفهوم الأساسي للأنانية يرتكز على حفظ الهوية الشخصية خلال الزمن . عندما وضع (نيوتن) الزمن على بساط البحث العلمي ، استطاع ذلك « الزمن » أن يثبت نفسه كطريقة مثمرة ومجدية في تحليل العمليات الفيزيائية ، ولكنه أخفق في إعطاءنا الشيء الكثير عن هويته هو : « الزمن » .

لقد تنحَّت صورة الزمن العلمية جانباً عند انتهاك الحكمة المتراكمة للتراث والحضارة التقليدية التي عُرف فيها الزمن بشكل بديهي وعلى السجية ، وسيطرت دائرية الزمن وإيقاعيته فوق القياسات ، كما أصبح الزمن والأبدية مفهومان متكاملان . الساعة ، وهي رمز لثقافتنا وتراثنا العلمي هي أيضاً رمز لسترة المساجين الفكرية . قبل (غاليليو) و (نيوتن) كان الزمن شيئاً عضوياً ، ذاتياً ، ليس وسيطاً ، ويمكن قياسه بدقة هندسية ، لقد كان الزمن جزءاً لا يتجزأ من الطبيعة ، ولكن (نيوتن) أقدم على اقتلاعه منها وأعطاه وجوداً مستقلاً مجرداً وحرمه من مضامينه التقليدية . لقد كان الزمن منضوياً في وصف نيوتن للعالم باعتباره وسيلةً للمحافظة على مسار الحركة الرياضي ، ولم يكن ليفعل شيئاً أكثر من ذلك أبداً . أما (آينشتاين) فقد أعاد الزمن إلى موقعه الصحيح في قلب الطبيعة كجزء متكامل من العالم الفيزيائي . وبالفعل فإن زمكان (آينشتاين) هو من مختلف الزوايا حقل آخر فحسب يجب أن يوضع جنباً إلى جنب مع حقول القوى النووية والكهرطيسية . لقد كانت تلك هي الخطوة الأولى البارزة نحو إعادة اكتشاف الزمن .

على الرغم من أهمية تحول ومرونة زمن (آينشتاين) ، إلا أن هذه المرونة ظلَّت عاجزة عن حل « **لغز الزمن** » . يتساءل الناس دوماً : ما هو الزمن ؟ قبل عدة قرون جاء (س. أوغاستين) من (هيبو) ، وهو واحد من أعظم مفكري العالم مكانة وتأثيراً

في موضوع طبيعة الزمن وقدم رداً مميزاً :

« إذا لم يسألني أحد فإنني أعرف ، أما إذا طلب مني شخص أن أخبره فإنني لن أستطيع ذلك[1] » . إن الزمن الذي يدخل في النظرية الفيزيائية (وحتى زمن آينشتاين) يحمل فقط الصورة المبهمة للزمن الذاتي ضمن الخبرة الشخصية ، وهو الزمن الذي نعرفه ولكننا لا نستطيع أن نشرحه لأحد . ويمكن القول مبدئياً أن زمن (آينشتاين) ليس له سهم (اتجاه) فهو أعمى لا يميز بين الحاضر والمستقبل ، وهو بالتأكيد لا « يجري » مثل زمن (شكسبير) أو (جيمس جويس) أو حتى بطريقة (نيوتن) ، ومن السهل الاستنتاج بأن شيئاً ما حيوياً بقي مفقوداً ، أو أن ميزة أخرى من مزايا الزمن النوعية كانت تركت خارج المعادلات ، أو أن هناك أكثر من صنف واحد من الزمن . وهكذا فإن الثورة التي أشعلها (آينشتاين) أخفقت في الوصول إلى النهاية .

استمر (آينشتاين) بالعمل على موضوع قديم يتعلق بالزمن وهو موضوع علاقة الزمن وارتباطه التقليدي بنشوء الكون . ويُعتبر علم الكونيات الحديث من أكثر المشروعات طموحاً التي يمكن أن تبرز من بين كافة أعمال (آينشتاين) . عندما بدأ العلماء باستكشاف تداعيات زمن (آينشتاين) على الكون ككل قاموا بواحد من أهم الاكتشافات عبر تاريخ الإنسانية الطويل ، وهو أن « الزمن » وبالتالي كل الحقيقة الفيزيائية يجب أن يكون لها موعد نشوء محدد في الماضي ، فإذا كان الزمن مطواعاً ومرناً كما أراد له (آينشتاين) فإن من الممكن أن يكون للزمن موعد يبدأ به ولابد أن يكون له موعد ينتهي به أيضاً ، أي أن للزمن بداية ونهاية . تسمى بداية الزمن في هذه الأيام : « **الانفجار العظيم** » (Big Bang) ويحلو لبعض الأشخاص الدينيين أن يطلقوا على تلك البداية اسم : « **الخلق** » «Creation» .

من المستغرب بعد كل ذلك أن نجد (آينشتاين) المتمرد على كل المعتقدات التقليدية مازال غارقاً في التفكير النيوتوني ، حيث لم يستطع هو نفسه استخراج هذا الاستنتاج الخطير والهام ، فقد لازمه والتصق به الاعتقاد بأن الكون أبدي وأنه بالضرورة غير متغير في بنيته العامة وبالتالي فقد فضَّل تأييد الحالة الكونية المستقرة . حتى تزايدت الدلائل على غير ذلك فأجبرته على قبول العكس . وهنا نواجه المشكلة الأخطر والأهم، فلكي يجمد (آينشتاين) نموذجه الكوني المستقر كان قد قدم إلى الفيزياء نوعاً جديداً

من القوى الكونية هي **قوة الثقالة المضـــادة** «Antigravity Force» وعندما ظهر أن الكون يتمدد رمى بهذه الورقة جانباً (وهي قوى الثقالة المضادة) على مضض وحسرة دفيـــنة ، ووصف ابتداعه لتلك القوى فيما بعد على أنها أكبر غلطة ارتكبها في حياته ، وبهذا وافق (آينشتاين) مكرهاً على أن الكون قد لا يكون موجوداً منذ الأزل وسيظل إلى الأبـــد بل من المحتمل أن يكون قد وُجد عند انفجار عظيم تم قبل بضعة بلايين من السنين .

أصـــبحت نظـــرية الانفجـــار العظيم في أيامنا هذه هي النظرية الكونية المألوفة والشـــائعة ، ولكـــنها واجهت عقبات كثيرة في تقديم تفسير مقنع حول كيفية ظهور الكـــون إلى الوجود من لاشيء كنتيجة لعملية فيزيائية ، وكانت العقبة الكأداء والأكثر خطورة في طريق تفسير تلك النظرية متمثلةً بالسؤال : كيف يمكن للزمن نفسه أن ينشأ هكذا لوحده في الطبيعة؟ هل يستطيع العلم أن يطوِّق بداية الزمن ويشملها ضمن مجاله؟ أُبـــرز هذا التحدي ضمن مجموعة أخرى من التحديات في الثمانينات من قبل عدد من الـــنظريين كان أشهرهم (ستيفن هوكنج) وقد تم تقديم أعمالهم وأفكارهم للجمهور عن طريق فيضٍ من الكتب انتشرت بشكل واسع . المحاولات الحالية تركز أنظارها على الفـــيزياء الكمومـــي ، وهـــي الآن امـــتداد من نظرية المادة إلى نظرية الكون . ولكن الـــزمن يملـــك دوماً طريقة خارج سيطرة الفيزياء الكمومي ، وأن المحاولات التي بُذلت لـــتجعله ينضـــوي تحت لوائها ثانيةً انتهت على النقيض بسقوطه مرة أخرى خارجها . وهكـــذا تلاشـــى الزمن ، وكما سوف أبيّن فإن هناك الكثير حول الزمن الكمومي لم نفهمه بعد .

على الرغم من انتشار نظرية الانفجار العظيم فإنها لم تفلت من سهام المنتقدين ، فمـــنذ بداياتهـــا تعرضت محاولات العلماء لتحديد موعد ذلك الانفجار العظيم (بداية الخلق) إلى متاعب جمَّة ، حيث كانت الإجابات تأتي دوماً خاطئة ، فيجدون أحياناً أنه لم يكن هناك وقتاً كافياً لتشكل النجوم والكواكب ، أو أسوأ من ذلك أحياناً أخرى ، حيـــث يجـــدون أجراماً فلكية تبدو أكثر عمراً من الكون ، وفي ذلك سخف بيِّن . هل يمكـــن أن يكون زمن (آينشتاين) هو نفس الزمن الكوني ؟ وهل أن زمن (آينشتاين) المرن ، ليس مرناً بشكل كافٍ ليبقى محافظاً على مرونته في مرحلة العودة إلى بدء الخلق ؟

لقد كان في مشكلة العمر الكوني إحراج كبير للعلماء ، وكانوا يودون دسّها تحت البساط وعدم الحديث عنها ، ولكنه كان يتم تأجيجها وإثارتها بين الفينة والأخرى عبر العقود المنصرمة بشكل يثير السخط والغيظ . في السنوات الأولى من إثارة هذا الموضوع كان العلماء يستطيعون أن يلوحوا بأيديهم ويحتجون وحجتهم في ذلك أن البيانات التي بحوزتهم مازالت مشوشة وغير دقيقة وأن الخطأ بعامل واحد أو اثنين ليس أمراً ذا شأن بين الأصدقاء ولن يكون سبباً في الخلاف حول الأساسيات ، إلا أنه وفي الآونة الأخيرة ومع تقدم وسائل الرصد من تلسكوبات وأقمار صناعية أصبحت علوم الكون علماً دقيقاً للغاية . ففي عام ١٩٩٢ قدم « القمر الصناعي لكشف الخلفية الكونية Cosmic Background Explorer Satellite » واختصاراً (COBE) ، قدَّم هذا القمر ما اعتبر بيانات حاسمة لمعظم علماء الكون ، فقد قطعت هذه البيانات الشك باليقين وساعدت على ترسيخ تفاصيل كيفية حدوث الانفجار العظيم ، إذ أنه بقياس الموجات الدقيقة في الخلفية الحرارية للكون كان (COBE) قادراً على أن يقدم مستوى عالياً جديداً من الدقة في تصور النموذج الكوني ، ولكن العقبة الخفية كانت في أن بيانات (COBE) امتزجت مع مشاهدات أخرى حديثة عملت على إحياء مشكلة عمر الكون من جديد وكأن في ذلك انتقام من أحد ما .

كما أشرت آنفاً ، فقد تم بحث المصاعب بحدة وكانت المناقشات ساخنة ، فبعض الفلكيين اعتقدوا أنه بقليل من اللعب بالأرقام وشيء من التلفيق يمكن تثبيت سلالم الزمن ، ولكن آخرون لم يوافقوا على ذلك أبداً ، ورفضوا فكرة الانفجار العظيم برمّتها ، إلا أن عدداً متزايداً من العلماء بدؤوا يشكُّون بأن الإجابة الصحيحة هي التي كان (آينشتاين) نفسه قد قدمها ، أي أن قوة الثقالة المضادة (سيئة السمعة) التي ابتدعها (آينشتاين) لتجنب تحدي نقطة بدء الزمن يمكن أن تكون هي وحدها القادرة على تقديم الآلية التي نحتاجها لتسوية الأعمار الهائلة لبعض الأجرام الفلكية . وهكذا ظهر أن غلطة (آينشتاين) الكبرى قد تتحول إلى انتصار عظيم . الوقت سيخبرنا بذلك .

الفصل الأول

نبذة تاريخية مختصرة عن الزمن

(١-١) زمن مَن هو ؟

في مختبرٍ مظلمٍ منعزلٍ في (بون) تقبع أسطوانة معدنية على شكل غواصة يبلغ طولها حوالي ثلاثة أمتار وتستند مرتاحةً في هيكل حديدي محاطة بأسلاك وأنابيب وأقراص مدرجة . تبدو هذه المجموعة للوهلة الأولى كأنها الجزء الداخلي لمحرك سيارة عملاقة ولكنها في الحقيقة ساعة ، بل هي بالأحرى : « **الساعة** » .

يؤلف جهاز (بون) الموصوف آنفاً مع شبكة من أجهزة مشابهة منتشرة في أنحاء العالم ما يطلق عليه اسم : « **الساعة العيارية** » . إن الأجهزة المنفردة التي يعتبر النموذج الألماني حالياً أكثرها دقةً ، ليست سوى ساعات ذرية ذات قضيبٍ من السيزيوم ، وهي تُراقب وتُضبط وتُقارن وتُصحّح بشكل مستمر بواسطة إشاراتٍ راديوية من الأقمار الصناعية والمحطات التلفزيونية للمحافظة على دقتها لتبقى على درجةٍ قريبةٍ من الكمال .

في المكتب الدولي للمقاييس والأوزان في (سوفريه) القريبة من باريس يتم جمع المعلومات وتحليلها وبثها إلى عالم متعطش للزمن . حيث تولد إشارات « البيب » (Pep) الشهيرة ، إشارات الزمن الراديوية التي نضبط عليها ساعاتنا .

وهكذا فعندما ننهمك في صخبنا اليومي فإن ساعة (بون) ذات قضيب السيزيوم تحفظ الزمن وكأنها القيِّم على زمن الأرض ، والمشكلة هي أن الأرض نفسها لا تحفظ الزمن بشكل جيد . فساعاتنا التي يُفترض أنها مرتبطة بالجملة الرئيسية الناظمة في فرنسا مثل قافلة العبيد المطيعة يجب أن تصحح بمقدار ثانية من حين لآخر لامتصاص التغير في معدل دوران الأرض . هذه الثانية الكبيسة أضيفت في ٣٠ حزيران عام ١٩٩٤. إن دورة هذا الكوكب التي كانت دقتها كافية لتعمل كساعة مناسبة تماماً لآلاف الأجيال أصبحت الآن عاجزة عن العمل كساعةٍ يُعتمد عليها . إذاً ففي هذا العصر الذي يتم فيه ضبط الوقت بدقة عالية أصبحت الأرضُ العجوز المسكينة لا تفي بالغرض

فهـــي دون المرتبة المطلوبة ، وأصبح من يفي بالغرض هو فقط الساعة الذرية المبهمة التي مـــن صـــنع الإنسان ، هذه الساعة التي تقوم بإصدار تلك الدقات البالغة الأهمية (تيك - تاك) وبالدقة المطلوبة من قِبَل الملاحين الفلكيين ، ورواد الطيران ، حيث الثانية التي تُعرف بأنها ليست أكثر من ١/٨٦٤٠٠ من اليوم تتألف من ٩١٩٢٦٣١٧٧٠ دقة من دقات ذرة السيزيوم .

ولكن زمن مَن ذلك الذي تعطينا إياه ساعة (بون) ؟ **هل هو زمنك ؟ هل هو زمـــني ؟ هـــل هو زمن الله** ؟ هل يراقب العلماء الموجودون في ذلك المختبر الفوضوي **نبضـــات الكـــون** ويتعقـــبون بمنتهى الدقة بضعاً من زمن كوني مجرَّد مستغلّين الولاء والصـــدق الذري ؟ هل من الممكن وجود ساعة أخرى ربما على كوكب آخر في مكان مـــا ، تـــدق بأمانـــة وصدق زمناً آخر تقرُّ به أعين صانعيها ؟ نحن نعلم أن الساعات لا تـــتوافق مـــع بعضها ، فساعة الأرض لا تتفق ولا تتزامن مع ساعة (بون) فأيهما صـــحيحة ؟ حسناً ، من المسلَّم به والبديهي أن تكون ساعة بون لأنها أدق ، ولكن أدق نســـبةً إلى مـــاذا ؟ لنا ؟ من منطلق أن الساعات اخترعت لتعطي الزمن لأهداف بشرية بشـــكل أساسي ؟ ولكن هل كل البشر يتبعون نفس الزمن ؟ هل المريض على كرسي طبيب الأسنان والجمهور الذي يستمع لأحد سيمفونيات بيتهوفن يخضعون لنفس الفترة الذرية المرقومة ولكن بطرق مختلفة تماماً ؟

إن الكـــثير الذي نعرفه ونعتقده عن الزمن هو نتيجة لحالات حضارية . قابلت مرةً أحد المتصوفين (الزهاد) في (بومباي) الذي ادعى أنه يستطيع أن يغير حالة الوعي عنده بواســـطة التأمل وبالتالي فإنه يوقف سريان الزمن كلياً ، لقد كان غير مكترث وغير متأثر بالحديث عن الساعة الذرية . وفي محاضرة في لندن قبل بضع سنوات خَلَتْ وجدت نفسي عـــلى المنصة مشتركاً مع أحد الزعماء الروحيين وبشكل غير متوقع . كان هدفنا المقارنة والمقابلـــة بين الزمن حسب ما دخل في كل من التفكير العلمي الغربي والفلسفة الشرقية ، وقـــد تحدث الزعيم الروحي (Dalai Lama) بكثير من الهدوء والثقة ولكن لسوء الحظ باللغـــة التيبيتـــية ، وعلى الرغم من أنني حاولت أن أتابع الترجمة للاسترشاد بها ولكنني لم أستطع للأسف أن ألتقط الكثير بسبب التباين الثقافي .

بعد محاضرتي أخذنا استراحة لتناول الشاي فأخذ الزعيم الروحي بيدي وخرجنا

مـــن المبنى لنمشي تحت أشعة الشمس . جثا أحد الأشخاص على ركبتيه وقدَّم للزعيم طقـــوس الطاعة مع باقة من النرجس وقَبلَها الزعيم بلطف . لقد استحوذني انطباع عن هـــذا الزعـــيم بأنـــه مهذب وحكيم ويملك بصيرةً نافذة قيِّمة بالنسبة لنا جميعاً ولكنها محجوبـــةً مـــن أن تصل إلى مجمع العلماء الغربيين بتلك الحلي والتزيينات المعزِّزة لمنصبه ومركزه . لقد عدت من هذه المناسبة بإحساس عميق بأن فرصةً ما تعتبر ضائعة .

(١-٢) البحث عن الأبدية

في العالم الطائش للمجتمع الغربي الحديث ، حيث الزمن هو المال ، ترى مواعيد القطـــارات ورحـــلات الطيران وبرامج التلفزيون وحتى طرق الطبخ خاضعةً لاستبداد الســـاعة . أما حياتنا المسعورة فهي مرتبطة بشكل محكم بالروتين الممل للزمن ، فنحن عبيد للماضي وضيوف على المستقبل ، ولكن هل كان حال الزمن كذلك دائماً ؟ يجري مـــثل خيط لولبي مشاعي مخترقاً تاريخ الفكر الإنساني شرقاً وغرباً ، شمالاً وجنوباً ضمن اعـــتقاد بأن هذا الشكل من **هيمنة الزمن على الإنسان** لـــه جذور في نوع من الوهم الخاطئ وهو لا يعدو كونه إنتاجاً محكماً صادراً عن عقلٍ بشري .

وكما الزمن يمكن أن يوجد بنفسه ...

ولكن بالنظر إلى الكائنات الطائرة يتولَّد الإحساس بالزمن .

يجب أن نعترف بأنه لا يستطيع أي إنسان أن يحس بالزمن بحد ذاته ...

ولكنه يعرف الزمن من خلال طيران الكائنات والأشياء[1] .

هـــذا ما كتبه الشاعر - الفيلسوف الروماني (لوكريتس) في ملحمته التي كتبها في القـــرن الأول (De Rerum Natura) ، ومن مثل هـــذه الأفكار الحائرة كان هناك خطوة قصيرة للوصول إلى أن مرور الزمن يمكن أن يُتحكم به أو حتى يُوقف تماماً بالقوة العقلـــية كما هو واضح في العبارات التالية التي رددها شاعر وزاهد القرن السادس عشر (انجيلوس سيليزيوس) :

الزمن من صنعك ، ساعته تدق في رأسك

واللحظة التي تتوقف فيها عن التفكير

يتوقف الزمن أيضاً ميتاً بلا حراك[٢]

وبسبب وجود هذه النسبيات الزمنية فإن الواقع الحقيقي ثابت ومتأصل في مملكة تتعدى حدود الزمن إلى : « **منطقة ما بعد الزمن** » التي يدعوها الأوروبيون « **الأبدية** » ويسميها الهندوس « موكاشا » أما البوذيون فيسمونها « **النيرفانا** » وعند قبائل أستراليا البدائيين فإنها « الزمن الذي نجده بالحلم »[*] ونعود إلى (انجلوس سيليزيوس) الذي يتابع قائلاً :

لا تحسب الأبدية

كالضوء يضيء سنة بعد سنة

فإن خطوة واحدة بعد ذلك الخط الذي يسمى الزمن

تجد عندها الأبدية[٣] .

وخلال نضالنا للوصول إلى التعبير عن الواقع بشكل عقلي ومحسوس فيزيائياً لا شيء يزعجنا أكثر من الزمن وطبيعته ، كما أن الارتباط التناقضي بين الأبدية والزوال أزعج الإنسان على مرّ العصور . وقد استنتج أفلاطون أن العالم في أحداثه اليومية الخاطفة هو نصف واقع فقط ، وهو انعكاس سريع الزوال لمنطقة عديمة الزمن ذات أشكال نقية وتامة هي التي تحتل مملكة الأبدية .

إن الزمن نفسه لا يعدو كونه « خيالاً متحركاً مشوهاً للأبدية وهو يبقى كذلك إلى الأبد » ، أما ما نعتبره نحن البشر مادياً لا سبيل إلى تعديله : « هو الماضي والمستقبل اللذان يشكلان صنوف الزمن واللذان نردهما بدورنا خطأً وباللاشعور إلى جوهر الأبدية[٤] .

إن التوتر الدائم بين الأبدية والزوال تخلل أديان العالم الرئيسية وقاد إلى توليد جدل لاهوتي ساخن إلى درجة محمومة أحياناً ، هل الله داخل أم خارج الزمن ؟ هل الزمن في الأبدية أم الزوال ؟ هل هو عملية أم كائن ؟ وحسب (بلوتينوس) (وهو فيلسوف وثني ظهر في القرن الثالث) فإن ما يوجد في الزمن يكون منقوصاً وبالتالي فإن

(*) وهي في الإسلام « **الخلود** » (حسب ما أعتقد) ، بعد يوم الحساب حيث يتوقف الزمن عند الصالحين فيخلدون في الجنة وعند الكفار فيخلدون في جهنم . (المترجم) – والله أعلم – .

الكـــائن الكـــامل والنقي تماماً (يعني الله) يكون متميزاً باستقلاليته المطلقة عن الزمن ، وبذلك فإن الزمن عند (بلوتينوس) يمثل سجناً للبشر يفصلهم عن مملكة اللاهوت التي تمثل الحقيقة المطلقة الصحيحة .

إن الاعـــتقاد بأن الله خارج الزمن تماماً أصبح مذهباً متبعاً بين العديد من مفكري المســـيحية مـــثل (أوغاستين) و (بوتيوس) و (أنسيلم) حيث بدؤوا بذلك تقليداً استمر حتى يومنا هذا ، ومثل أسلافه (أفلاطون) و (أفلوطين : بلوتينوس) **فقد اعتبر (أوغاســـتين) الله في مملكة الأبدية** « فهو الأعلى فوق الزمن لأنه موجود لا نهاية له » ففي وجوده لا يجري الزمن وعلمه يحيط بكل الأزمنة في آن واحد .

« إن الســـنين الطـــوال حاضرةٌ لديك كلها مرة واحدة ، لأنها بحالة توقف دائم أمـــامك ، فهـــي جامدة لا تتقدم ومجبرة أن تفسح الطريق عندما يتقدم الآخرون لأنها لا تسير أبداً ... فيومك الحاضر هو الأبدية »[٥] .

وهكـــذا فإن الله عند المسيحية الكلاسيكية ليس موجوداً خارج الزمن فحسب ، بل إنه يعلم المستقبل كما يعلم الحاضر والماضي . وقد خضعت هذه الأفكار بعيدة الآثار إلى تحليل تفصيلي وتعرضت لانتقادات حادة من الكنيسة في القرون الوسطى ومن علماء اللاهوت والفلاسفة المحدثون . ويتركز صلب الجدال عند المشكلة المرعبة في كيفية بناء جسر بين الأبدية الافتراضية لله من جهة ، وبين الزمنية المدركة بيسر للعالم الفيزيائي من جهـــة أخرى . هل يمكن لأي إله (والذي من المفترض أن يكون غير زائل) أن يرتبط منطقياً وبطريقة ما بعالم متغيراً بزمن بشري ؟ هل من المؤكد أنه من المستحيل على ذلك الإله أن يتواجد ضمن الزمن وخارجه في آن واحد ؟ بعد قرون من المناقشات المريرة لم يتوصل اللاهوتيون إلى إجماع حول حل لهذا اللغز المحيّر والعميق . هذا وقد تمت دراسة هـــذه المواضيع الشائكة بعمق أكثر في كتابي : « **عقل الله** » (The Mind of God) حيث يمكن للقراء المهتمين العودة إليه .

(١-٣) الهروب من الزمن

عـــلى الرغم من أن الفلاسفة واللاهوتيون اختصموا بشدة حول تقنيات العلاقة المنطقـــية بين الزمن والأبدية ، إلا أن العديد من رجال الدين يعتقدون أن أكثر النظرات

تبصراً وقوةً على الموضوع لا تأتي بالمناقشة والجدل الأكاديمي بل بالوحي المباشر :

« أتذكر أنني كنت ذاهباً إلى الحمَّام بعد التمشي في منطقة حصباء نادراً ما يذهب إليها الأشخاص القليلون الذين يقيمون في القرية . وفجأةً صمت ضجيج الحشرات حولي ، وبدا أن الزمن توقف ، وتملكني إحساس بطاقة قوية وسكينة وسلام لانهائيين . إن أفضل تشبيه لاندماج الوجود المدهش المليء بالحيوية مع انعدامية الزمن هو ذلك الشعور الذي ينتاب الشخص عند مراقبته لحافة دولاب آلة ضخم ساكن ، أو للسطح غير المتحرك من نهر عميق يجري بقوة . لم يحصل شيء : حتى الآن كان الوجود كاملاً تماماً ، وكل شيء كان واضحاً »[٦] .

هذه القصة الشخصية رواها الفيزيائي والمطران الإنجيلي (إرنست بارنيز) ضمن محاضراته في (جيفورد) عام ١٩٢٩ ، وهي تلتقط ببلاغة إمكانية الاندماج بين انعدامية الزمن وصفاء الوجود والتي كثيراً ما قيل أنها مرتبطة بالتجارب الدينية والتزهدية . هل بإمكان الإنسان فعلاً أن يفلت من الزمن ويلمح الأبدية ؟ في حالة (بارنيز) وكما يحدث دائماً في تقارير الغربيين فإن التجربة أتت بشكل كامل من خارج السماء ، ولكن الزهَّاد الشرقيين استنبطوا تقنيات خاصة تستطيع ظاهرياً تحريض مثل هذه النشوة المنعدمة الزمن ، وها هو الناسك التيبيتي (لاما جوفيندا) يصف لنا تجربته الخاصة كما يلي :

« إن التتابع الزمني يحوَّل إلى وجود مشترك في آنٍ واحد ، والوجود المتعاقب للأشياء يحوَّل إلى حالة من الاختراق المتبادل ... تواصلٍ حي يتكامل فيه الفضاء مع الزمن »[٧] .

وهناك العديد من التصورات المشابهة التي نشرت لتصف تأملات عميقة في هذا المجال ، أو حتى لتصف حالات عقلية محرَّضة بالمخدرات ، حيث يفلت الوعي الإنساني بشكل واضح من قيود الزمن ويظهر الواقع على أنه تواصل معدوم الزمن .

الفيلسوف الهندي (روث رينا) يؤمن بحكماء الفيدا (Veda) الهندوسية فيقول عنها :

« إنها تملك نظرات متنوّرة كونية يفتقر إليها الإنسان المعاصر ... كانت رؤيتهم ليست فقط للحاضر ولكن للماضي والحاضر والمستقبل في وقت واحد ، وبالتالي فلم

يكن هناك زمن »[٨] .

أما (سانكارا) وهو من الأنصار المتحمسين للفلسفة الهندوسية (Advaita Vedanta) في القرن الثامن ، فقد فكّر بأن (براهما) هو الكامل الأبدي وهو المطلق ضمن الإحساس بانعدام الزمن المطلق . وكذلك فإن الزمنية وعلى الرغم من أنها حقيقة في عالم التجربة الإنسانية ، فإنها ليست ذروة الحقيقة . ومن النص التالي يمكن تفهُّم مسار الإدراك الذاتي عبر فلسفة الـ (Vedenta) الهندوسية وتلمس واقع انعدام الزمن الصحيح . يقول (رينا) :

« إن انعدام الزمن ليس هو الإحساس بفترة لا نهاية لها ، ولكنه الإحساس بالكمال الذي لا يتطلب ما قبل وما بعد . إنه تلك الحقيقة المذهلة بأن الزمن يتبخر ويتحول إلى وهم ، وأن انعدامية الزمن تقترب من أن تكون هي الواقع ... وهذا ما يعطي فلسفة الـ (Advaita) سحرها المتفرد »[٩] .

إن التطلع والتشوق للإفلات من الزمن لا يتطلبان تضمين ممارسات تأملية دقيقة ، ففي العديد من الثقافات يكون الزمن مجرد تأثير نافذ لا يرقى عن ما دون الوعي وَصَفَهُ الباحث في علم الإنسان (ميركيا إلياد ي) بأنه « **إرهاب التاريخ** » - ويُظهر نفسه وهو يبحث على مضض عن منطقة خلف الزمن . وبالفعل فإن هذا البحث هو الأسطورة الأساسية لمعظم الثقافات الإنسانية .

إن الحاجة الإنسانية العميقة للتعبير عن أصل الأشياء تجرنا نحو الوراء بشكل لا يقاوم إلى (زمنٍ) ما قبل الزمن ، إلى المملكة الأسطورية للدنيا الزائلة التي ينعدم فيها الزمن، إلى جنات عدن ، إلى الفردوس الأولى التي تتولّد قوتها الإبداعية من تناقضات الزوال . وسواء وثبت (أثينا) (إلهة الحكمة عند الإغريق) من رأس (زيوس) أو ذبح (ميثراس) (الثور) ، فإننا سنواجه نفس الرمزية العنيدة للضياع ، وانعدام الزمن ، ومملكة الكمال التي بشكل ما - تناقضياً أم لازمنياً - ستقف في علاقة إبداعية أمام عالم البشر الزائل الحالي .

إن هذا الارتباط التناقضي موجود في أكثر الصيغ توسعاً على شكل مفهوم « **الحلم** » عند الاستراليين البدائيين الذي يُعرف أحياناً باسم (حلم الزمن الأبدي) . يقول (ستانر) العالِم بالإنسانيات :

« المعـــنى الأساســـي لـــ : (الحلم) هو الزمن الطويل المقدس النبيل منذ وقت طويـــل عندما أصبح الإنسان والطبيعة كما هما الآن ، ولكن لا الزمن ولا التاريخ كما نفهمهمـــا استطاعا أن يدخلا ضمن هذا المعنى . أنا لم أكن قادراً أبداً على أن أكتشف أي كلمة أصلية أو أولية للزمن كمفهوم مجرد ، كما أن الإحساس بالتاريخ غريب تماماً هنا . لن نفهم (الحلم) تماماً إلا إذا صيغ بمجموعة معاني »[١٠] .

عـــلى الرغم من أن **زمن « الحلم »** يحمل معاني نبيلة من العصر السابق فإن من الخطـــأ التفكير بأن ذلك العصر انتهى ، فقد لاحظ (ستانر) أن : « الشخص لا يمكنه أن يثبِّـــت الحـــلم في الزمن ، إن « الحلم » كان وهو كائن في أي زمن » . لذلك فإن « الحلم » يحتفظ بعلاقة وثيقة مع شؤون البدائيين المعاصرة لأنه جزء من الواقع الحالي ، فالكائـــنات البدائية ما زالت فعَّالة حتى اليوم ، وما يسميه الأوروبيون « الماضي » يمثل بالنســـبة للـــناس البدائيين ماضياً وحاضراً في نفس الوقت . كما أن قصص الخلق ترمي غالـــباً إلى ما يمكن أن يسميه الأوروبيون الماضي والحاضر مهما كان الاستيطان الأبيض حديـــث العهـــد ، ولا يَظهر ثمة أي تباين أو اختلاف لأن الأحداث بالنسبة للبدائيين الاســـتراليين تكـــون في الواقع أكثر أهميةً من التواريخ . هذه الدقة الحادة مفقودة لدى معظم عقول الأوروبيين ، فقد أصبحنا مهووسين بقياس وترشيد الزمن في حياتنا اليومية. ويقتبس لنا (ستانر) أحد أقوال رجل أسترالي أسود عجوز عبّر عن ذلك بهذه الترنيمة البحرية التراثية :

الرجل الأبيض لا يملك « الحلم »
إنه يسلك طريقاً آخر
الرجل الأبيض يمضي بشكل مختلف
إنه يذهب في طريق اختصه لنفسه

مكتبة
t.me/soramnqraa

إن مفهوم « زمن الرجل الأبيض » والتعبير عنه بأنه « الطريق » الذي يمشيه منفرداً بحماس هو وصف ذكي وملائم بشكل خاص للزمن الخطي عند الغربيين (على ما أعتقد) . إنه الطريق الذي يمكن أن يؤدي إلى التقدم والتطور ولكن الثمن النفسي الذي ندفعه للمضي به باهظ جداً . إن الخوف من الموت يلقي ظلاله على أساس ما نفكر به ونفعله ، وبوجود هذا الخوف تكون الرغبة جامحةً للوصول إلى الكمال خلال الفترة الثمينة التي

خصصت لنا لقيادة الحياة نحو التمام ولإنجاز شيء ذا قيمة صلبة ، ثابتة وسامية .

كتب (ج. ب. بريستلي) يصف « الإنسان المعاصر » بأنه ذلك الشخص الذي « .... يشعر وكأنه مثبت أو مربوط بحبلٍ يَشدُّه بإصرار وبعند نحو الصمت والظلمة في القبر ... ولكن ليس هناك أي فكرة عن زمن الحلم الأبدي ، حيث الآلهة والأبطال (التي لم ولن ينفصل عنها أبداً) يجعلون جوهرهم يخترق بشعاعه القبور لجعل الإنسان المعاصر ينسى ساعاته وتقويماته ، ويجعل رمال زمنه تفر هاربةً » .

ولكن حتى أولئك البعض منا الذين وقعوا في فخ الثقافة الغربية و لم يتوفر لهم طريق للإفلات من الزمن بالزهد والتنسك ، مازال بإمكانهم إدراك وتمييز رموز القوة القديمة في الأعمال الأدبية والفنية التي يتردد صداها عبر العصور . من « الفردوس المفقود » حتى « نارينا » ، ومن الملك (آرثر آفالون) حتى تلك المجرة الفسيحة البعيدة جداً والمغرقة في القدم حيث قامت حرب النجوم وحققت النصر للوجود ، فإن مملكة الأبدية لم تكن بعيدة أبداً عن السطح . إن الإشارات الموحية بالأبدية تستقر الآن ظليلة باهتة في ثقافتنا ، وتعمل فقط كتسلية مغوية عن الحس العام « الواقع » للزمن القاسي الجاري . وما زال (بريستلي) يؤكد لنا أن تلك الإشارات موجودة :

« من بين الأفكار التي تلازمنا – وقد تكون أحياناً مضحكة ولكنها لا تغادرنا ، وغالباً ما تعدنا بسعادة غامضة عندما يبدو كل شيء عداها مخيباً للآمال – تلك الفكرة عن « **الزمن العظيم** » ، زمن الحلم الأسطوري الذي يكون وراء وفوق الزمن وهو يختلف كلياً بنوعيته عن الزمن العادي ، ولا يمضي وقت طويل حتى نخلق منه نظاماً وأرضية مركزية ، ولا ندعه يشكل حياتنا ويقودها ، لقد تضاءل الآن كثيراً وبدا صغيراً وبالياً بل لقد أصبح مضحكاً ، ولكن لا يمكن أن نضحك خارج الوجود ، لذلك فقد رفض أن يغادرنا » .

(١-٤) العوالم الدَّورية (الدائرية)(*) وعودة الأبدية

لقد تمت المحافظة على الصلة والتلامس مع الأبدية في الثقافات القديمة بإدخال

(*) الزمن الدوري (Cyclic time) هو الزمن الذي يكرر نفسه من خلال دورات متعاقبة حيث يتقدم تاريخ الكون في سلاسل متكررة من الدورات تكون طويلة أو قصيرة ، وذلك على عكس الزمن الخطّي الذي لا ينفك عن التقدم والجريان إلى ما لانهاية دونما توقفٍ أو تراجع إلى الوراء . (المترجم)

مبدأ (الدورية في العالم) . ويعرض (ميركيا إليادي) في أحد فصوله الكلاسيكية « أسطورة عودة الأبدية » كيف أن المجتمعات التقليدية عادةً ما : « تثور ضد فكرة المفهوم التاريخي للزمن وتحن بدلاً من ذلك إلى « عودة دورية للزمن الأسطوري عند بداية الأشياء ، إلى (الزمن العظيم) »[١٢] . وزعم (ميركيا) أن رموز وشعائر الثقافات القديمة تمثل محاولة للإفلات من **الزمن التاريخي الخطي « الدنيوي »** إلى العهد الأسطوري المقدس معتقداً أن تعليق أو إيقاف الزمن الدنيوي « يستجيب إلى الحاجة الماسة والعميقة إلى جزء من بدائية الإنسان »[١٣] . كما وجد (والتر أوبخ) الخبير بالرمزية الزمنية البرهان في الأساطير والتراث على التشوق إلى رمي حلي وزخارف الزمن :

« الزمن يثير عدة مشاكل للإنسان ، ليس آخرها مشكلة **اللاإرادية** (irresistibility) **واللاعكوسية** (irrereversibility) ، فالإنسان يتحرك ضمن الزمن شاء أم أبى ، كما لا يمكنه إعادة أي لحظة من الماضي ، إنه موثوق ومقيد ومجبر على احتقار نفسه وبناءً على ذلك ففزعه ليس بالقليل . إن الرجوع إلى الأسطوريات التي شاركت الأحداث الدنيوية في زوالها وفي التأثير على تعطيل الزمن ، يقدم الخلاص من تهديده ، وهذا الإفلات الأسطوري من تخريبات الزمن يمكن أن يتم ترشيده في وقت لاحق بالنظريات الحلقية العديدة التي رافقت الفلسفة البشرية منذ العصور القديمة وحتى وقتنا الحاضر »[١٤] .

إن التحرر من الزمن التاريخي يمكن أن يتم بواسطة الطقوس الدينية مثل تكرار مجموعة من الشعائر والجمل والحركات التي تعيد رمزياً أحداث الخلق الأصلية ، لأن التلامس مع الزمن المقدس (الديني) غالباً ما يرتبط بالإحياء والتحديث ، والمهرجانات القديمة للاحتفال بالسنة الجديدة معروفة في الثقافات التقليدية والمعاصرة فهي ترمز إلى الإحياء الدوري للبداية أو إعادة ولادة الطبيعة .

وفي بعض الأمثلة نجد تكراراً لعملية الخلق نفسها (الانتقال الأسطوري من الهيولى « التشوش الأولي ، مرحلة ما قبل الخلق » إلى هذا الكون) . إن الرمزية التي تشكل أساساً لتلك الممارسات التراثية الواسعة الانتشار تولّدت من الاعتقاد القديم بالدُّورية الزمنية ، وان العديد من المناسبات الطقوسية السنوية في العالم الغربي لها أصول

وثنية سبقت المسيحية ، بل إنها أُجيزت من الكنيسة منذ قرون . حقاً ، إن الطقوس الدَّورية تلعب دوراً هاماً في الكنيسة أيضاً على الرغم من المعارضة المسيحية العنيدة **للزمن الدَّوري (الدائري)**[*] .

على الرغم من أن الآداب والشعر والفنون الغربية قد تأثرت بقوة بسيطرة الزمن الخطي ولكنها كانت تُظهر وتُبرز فكرة الدورية بشكل خفي غالباً ، وبشكل صريح ومعلن أحياناً . فالاستغراق العميق بدورة فصول الطبيعة واستخدام الأسلوب الحافل بالتكرار والتوظيف الحر للكتَّاب لفلسفة : لا شيء جديد تحت الشمس ؛ كل ذلك حقق تراجعاً هائلاً في سهم الزمن القاسي والصارم . وفي بعض الأمثلة المتطرفة نجد أن النص نفسه مكتوب بشكل فيه تشويش زمني ، كما في « صحوة فينيجانس » للكاتب (جيمس جويس) حيث قفزت العبارات الأخيرة من الكتاب نحو الفقرات الاستهلالية منه ، أو كما في **كتاب « سهم الزمن »** للكاتب (مارتن أيمز) حيث **تتابعت** أحداث الرواية بكاملها **إلى الوراء** .

تنطوي **الدَّورية الزمنية** على الكثير من الإغراء بالنسبة لبعض الأشخاص ، على أنها تبدو بغيضة وكريهة لدى آخرين . وكما سنرى فإن هناك قراءة معاصرة لعلم الكون عند (آينشتاين) يُعرض فيها كون دَوري (دائري) ، وأينما أُلقيتُ محاضرات عامة حول علم الكون ونسيتُ أن أذكر ذلك فلابد أن يسألني أحدهم عنه . وربما تكمن جاذبية هذا النموذج في مشهد البعث في الدورات المتعاقبة . هناك فرق شاسع بين الشكل العام للتجديد الكوني وبين الكون الذي يكرر نفسه حتى في التفاصيل الدقيقة عدداً لا ينتهي من المرات . إن تأكيد وإصرار (أفلاطون) على دورية الكون كان له تأثير قوي على الفكر اليوناني ثم على الفكر الروماني ، وقد أخذ ذلك التأثير حده الأقصى في التطرف عند **الرواقيين الذين يؤمنون بمفهوم التناسخ** ، وهو تجدد الظهور الفعلي للأشخاص والأحداث في دورة بعد أخرى ، ذلك المفهوم الذي يعتبره معظم الناس اليوم عقيماً تماماً وبغيضاً .

---

[*] قد يحلو للبعض استخدام مصطلح « الزمن الدائري » بدلاً من (الدوري) باعتباره الترجمة الحرفية لمصطلح (Cyclic time) ولكن كلمة (الدوري) تحمل المعنى المقصود منه . المترجم

(١-٥) زمن نيوتن وآلية الساعة الكونية

على الرغم من كون الارتباط العقلي والعضوي بين الزمن والتزهد إجبارياً آسراً وخلاباً ، فإن ذلك سيعمل دون شك على إعاقة الدراسة العلمية الصحيحة لعدة قرون . وبينما طوّر الفلاسفة الإغريق الهندسة المنهجية وارتقوا بها إلى نظرة فلسفية شاملة ، بقي الزمن بالنسبة لهم شيئاً غامضاً ومبهماً ، وقضيةً أسطورية أكثر منها رياضية . في معظم الثقافات القديمة برزت عملية ضبط الزمن في مجالات محدودة كالموسيقى والنموذج الإيقاعي لتكرر الفصول ، وحركة الأجرام السماوية والدورة الشهرية عند النساء ، وقد تراكبت كل تلك المواضيع مع ضروب من السحر والشعوذة والأساطير العميقة بطريقة لم تتطرق إلى الخواص العلمية كالكتلة والسرعة والحجم .

إن دراسة (أرسطو طالس) لحركة الأجسام قادته إلى تقدير الأهمية الكبيرة للزمن ، على أنه أخفق في تقديم الزمن كوسيط رياضي مجرد ، فبالنسبة له كان الزمن « حركة » . إنها ثورية صعبة ، أن نفهم الزمن من خلال الحركة سواء كانت حركة الشمس عبر السماء أو حركة اليدين حول وجه الساعة . إن مفهوم الزمن على أنه شيء موجود بشكل مستقل له كينونة منفردة بحد ذاتها لم يظهر إلا في العصور الوسطى الأوروبية . وقد تم التعرف على وجود ترتيب ما في الطبيعة من قبل جميع الثقافات ولكن لم يتم إعطاء هذا الترتيب معناه الموضوعي والدقيق إلا بعد نهضة العلوم المعاصرة ، وضمن هذا المقياس تحول دور الزمن ليكون حاسماً .

في الثامن من شهر تموز (يوليو) من عام ١٧١٤ م ، قررت حكومة الملكة (آن Anne) بأنه : « تم تخصيص جائزة من البرلمان للشخص (أو الأشخاص) الذي يكتشف طريقة أكثر دقة وعمليةً من أي طريقة أخرى للتحقق من خطوط الطول»[١٥]. وفوق الجائزة تم تخصيص مبلغ أميري قدره (٢٠٠٠٠) جنيه إسترليني لإنشاء مرصد لقياس الزمن كان قادراً على تحديد خط الطول في البحر حتى(٣٠٠٠٠) ميل بعد رحلة تستغرق ستة أسابيع . ولا توجد حادثة أفضل من هذه الحادثة ترمز للتحول من الزمن العضوي الإيقاعي ذو التراث التقليدي إلى المفهوم العصري للزمن كوسيط وظيفي ذو قيمة اقتصادية وعلمية .

وقد بدأ التحدي رجل من (يوركشير) في بريطانيا يدعى (جون هاريسون)

حيث قام بتصميم عدة ساعات قادرة على العمل في البحر ، وقد احتوى جهاز (هاريسون) الرابع على تحسينات لتعويض الفروق الناجمة عن اختلاف درجات الحرارة ، واكتمل هذا الجهاز عام ١٧٥٩ وقُدِّم للتجربة بعد سنتين حيث نُقل إلى (جامايكا) على متن السفينة (ديبتفور) ، وتبين بعد شهرين أن الخطأ التراكمي فيه وصل إلى خمس ثواني فقط . وكانت (الأدميرالية البحرية) صعبة بعض الشيء بصرف الجائزة وحصل (هاريسون) على نصف جائزته في عام ١٧٦٥ م . واضطر في النهاية إلى تقديم التماس إلى الملك والبرلمان ، وكان قد بلغ الثمانين قبل أن يحصل على تتمة جائزته . وهكذا نجد أنه حتى في القرن الثامن عشر كان تمويل البحوث ضيقاً .

ويسجل التاريخ أن (جاليليو) كان الرائد الأول في ترسيخ الزمن كمقدار أساسي مقاس في النشاط الحيوي شبه القانوني للكون . فأثناء جلوسه في الكنيسة وبقياس مدى تأرجح قنديل معلق مقارنةً مع نبض رسغه تمكن من اكتشاف **قانون النواس** (**البندول**) الأساسي ، وهو أن دور النواس مستقل عن سعة التأرجح . وسرعان ما ساد في أوروبا عهد آليات الساعات الدقيقة على يد حرفيين قاموا بتصميم وتصنيع ساعات أكثر دقةً . ولم يكن الدافع في الوصول إلى دقة أكبر لقياس الزمن ناجماً عن غطرسة فلسفية أو علمية ولكن بسبب مشكلة عملية جداً تتعلق بالتجارة والإبحار والملاحة ، فالبحارة يجب أن يعرفوا الزمن تماماً ليتمكنوا من حساب خط الطول الذي يقفون عليه عن طريق مواقع النجوم ، وقد استغرق اكتشاف أميركا في مراحله النهائية عدة أسابيع من الرحلات البحرية شرقاً وغرباً مع العمل الحثيث على تطوير أجهزة قياس الزمن المحمولة على السفن .

إن الموقع الحاسم الذي احتله الزمن ضمن قوانين العالم لم يأخذ مظهره التام إلا بعد أعمال (نيوتن) وأبحاثه في أواخر القرن السابع عشر ، وقد **صدَّر** (**نيوتن**) **بحثه بالتعريف الأساسي الشهير التالي للزمن :**

« هو الزمن الرياضي الحقيقي المطلق الذي يجري من نفسه ومن طبيعته الذاتية بشكل مضطرد دون أن يكون له علاقة بأي شيء خارجي »[١٦] .

وقد كان المحور الرئيسي في نظام (نيوتن) العام الفرضية القائلة بأن الأجسام المادية تتحرك في الفضاء في مساراتٍ محددة وهي تخضع لمجموعة قوى تؤدي إلى تسارعها

حسب قوانين رياضية دقيقة ، وعندما اكتشف (نيوتن) هذه القوانين استطاع أن يحسب حركة القمر والكواكب والقذائف ومختلف الأجسام الأرضية الأخرى ، وقد ساعد ذلك على التقدم الهائل في فهم الإنسان الفيزيائي لهذا الكون وبدء النظرية العلمية كما نراها ونفهمها الآن . هذا النجاح الكبير الذي حققته قوانين (نيوتن) في الميكانيك جعل الكثير من الناس يعتبرون أنه يمكنهم تطبيق ذلك حرفياً على كل عملية فيزيائية في هذا الكون ، ومن هذا الاعتقاد **ظهرت صورة للكون وكأنه جهاز ساعة جبارة يمكن التنبؤ بكل تفاصيله** ، وهذا الكون الذي له آلية الساعة يحتفظ بالزمن كمقدار أساسي في أعمال العالم الفيزيائية . هذا الزمن المطلق الكوني والمحكَم تماماً هو الزمن الذي دخل قوانين الميكانيك وحوفظ عليه بأمانة في آليات الساعات الكونية التي احتوت بين جنباتها قانون السببية والنتيجة ولخصت التوازن الكبير لهذا الكون ، كما **أعطت العالم التصور الجبار للإله العظيم صانع تلك الساعة** .

إلا أن عالم الرياضيات والفيزياء الفرنسي (بيير لابلاس) الذي أخبر (نابليون) بأنه ليس بحاجة إلى هذا التصور عند بحث دور الإله في عالم (نيوتن) ، استنتج أيضاً أنه إذا تم تحديد كل الحركات رياضياً ، فإن الوضع الحالي لحركة العالم يكفي لمعرفة مستقبله (وماضيه بالطبع) في جميع الأوقات والأزمان القادمة ، ويصبح الزمن في هذه الحالة غير ضروري للمستقبل المحتوى أصلاً في الحاضر ، بمعنى أن كل المعلومات اللازمة لخلق أوضاع المستقبل لهذا الكون موجودة في الأوضاع الحاضرة . بل إن عالِم الكيمياء البلجيكي (إيليا بريجوجين) تخيّل مرةً أن الإنسان إذا أمكنه التنبؤ بما سيحدث فيصبح مثله كمثل « أمين السجلات الذي يقلّب صفحات تاريخ الكون المكتوبة أصلاً » . وبينما صورت معظم الثقافات القديمة الكون على أنه شيء عضوي متغير خاضع لدورات وإيقاعات صعبة الفهم ، فقد قدم لنا (نيوتن) مبدأ الحتمية المتماسك ، فالعالم عند (نيوتن) يتألف من مكونات جامدة وقوى مقيدة وحبيسة في قبضة مبادئ وقوانين دقيقة لا نهاية لها .

إن الزمن بالنسبة إلى (نيوتن) في جوهره النهائي كان رياضيا ، وقد استطاع (نيوتن) فعلاً وانطلاقاً من فكرة تغير الزمن الكوني ، أن يطوّر ويبتدع «**نظرية التغيرات**» ، وهي فرع من الرياضيات يُعرف باسم : «**الحسبان – التفاضل والتكامل**»،

وأن انشغالنا بحفظ الزمن الدقيق يمكن أن يُعزى إلى مفهوم (نيوتن) للزمن ، الدقيق رياضياً ولكنه المستمر بالتغير .بعد (نيوتن) أصبح مرور الزمن أكثر من انطلاقة بحتة أو مجرد اندفاع لفهمنا وإدراكنا ، فقد بدأ يلعب دوراً أساسياً في وصفنا للعالم الفيزيائي الموجود فعلاً حولنا ، حتى أصبح شيئاً يمكن أن يحلل بدقة لا محدودة . لقد أعطى (نيوتن) للزمن ما أعطى الهندسيون الإغريق للفضاء ، فقد جزأه إلى بُعد قابل للقياس بدقة ، و لم يمضِ وقت طويل حتى أصبح من الممكن الموافقة بالحجة أن الزمن ليس سوى خدعة أو وهم ، إنه بناء عقلي أُوجد من قبلِ المخلوقات البشرية بسبب فشلهم في إدراك الأبدية ، لأن الزمن يدخل بعمق في جميع قوانين الكون التي تمثل القاعدة الصلبة للواقع الفيزيائي الملموس .

(١-٦) زمن آينشتاين

في هذا العالم ذو الزمنية المُحكَمة المتينة وُلِدَ (البرت آينشتاين) ، وقد حافظ زمن (نيوتن) على بقائه لمدة قرنين تعرّض خلالهما لامتحان صعب من الغربيين مع أنه كان يحتل بصعوبة جانباً من تفكير الشرقيين ، وكان شيئاً غريباً على عقول أهل البلاد الأصليين الفطريين في أميركا ، وأفريقيا واستراليا . وحتى الآن كان زمن (نيوتن) هو زمن « **الحس المشترك العام** » - النموذج الغربي - وهو أيضاً سهل الفهم بالنسبة إلى نيوتن ولا يوجد سوى زمن واحد يسيطر على العالم كله ، وهو ببساطة موجود « **هناك** » . فالزمن لا يمكن أن يتأثر بشيء ، بل إنه مستمر في الجريان بمعدل ثابت ، وأي انطباع أو احساس بأي تغير في معدل سير الزمن يعتبر عدم فهم وقلة إدراك . فأينما كنت ، وفي أي وقت كنت ، ومهما كنت تفعل وسواء كنت واقفاً أم متحركاً ؛ فإن الزمن يسير بشكل يعتمد عليه بنفس السرعة لكل شخص ويدوِّن بشكل صحيح وصائب اللحظات المتعاقبة من الواقع في أرجاء هذا الكون .

من بين أشياء أخرى فإن مفهوم (نيوتن) للزمن يدعونا لكي نقطعه بالماضي والحاضر والمستقبل بطريقة شاملة ومطلقة لأن كائنات الكون كله يشتركون بنفس الزمن وبنفس « **الآن** » ، وبالتالي فإن أي مراقب في أي مكان بما فيه أي رجال خضر على سطح المريخ أو ما بعده يمكن أن يتزامنون بما ينبغي أن يكون قد مضى وما يمكن أن يكون مستقبلاً . وهذا التخيل المحكم للزمن باعتباره يُعرِّف تعاقب اللحظات الحاضرة

عامةً يملك تطبيقات هائلة في طبيعة الواقع لأنه في نظرة (نيوتن) إلى العالم : (**فقط ما يحدث « الآن » يمكن اعتباره حقيقة صادقة**) ، وهذا فعلاً كل ما فهمه الكثيرون من غير العلماء عن الحقيقة . لقد اعتُبر المستقبل على أنه « شيء لم يوجد بعد » وربما لم يُقرر بعد ، بينما انزلق الماضي إلى حالة ظليلة نصف حقيقية فيمكن تذكره ، ولكنه فُقدَ إلى الأبد . وقد كتب (لونجينلو) : « اعمل ، اعمل في الحاضر الحي » ، ويبدو أن الوضع الفيزيائي الوحيد الذي يبدو أنه المتماسك حقاً هو « **الآن** » .

ولكن هذه الصورة المجردة للزمن التي يظهر بها متيناً ومطلقاً وبكل ما يحمل من سلطة وإحساس مشترك بدأت تتصدع من جذورها . فعند بدء الدخول في القرن العشرين بدأ مفهوم (نيوتن) للزمن الشامل العام يذعن ويستسلم أمام استنتاجات متناقضة وعبثية تتعلق بسلوك الإشارات الضوئية وبحركة جزيئات المادة المكونة للأجسام . وخلال أعوام قليلة انهارت رؤية (نيوتن) للعالم بشكل دراماتيكي مثير آخذة معها مفهوم الإحساس المشترك العام للزمن ، ويُعزى هذا الانهيار العنيف والتحول غير المتوقع إلى أعمال (آينشتاين) .

قدمت نظرية (آينشتاين) النسبية في الفيزياء مفهوماً جديداً لزمن مرن بحد ذاته ، وعلى الرغم من أنها لم تسترجع تماماً الأفكار القديمة التزهدية للزمن على أنه مسألة شخصية ذاتية أساساً ، إلا أنها ربطت تجربة الزمن بإحكام بالمراقب المستقل ، **ولم يعد باستطاعة أحدنا التحدث عن [الزمن] فحسب !! بل يجب أن يحدد زمَن من ؟ زمني أنا أم زمنك أنت ؟** حيث يعتمد ذلك على كيفية حركتنا ولنستعمل العبارة الساحرة : « **الزمن النسبي** » .

وعلى الرغم من أن زمن (آينشتاين) بقي خاضعاً لقيود القوانين الفيزيائية والنظم الرياضية إلا أن الآثار النفسية لإلغاء الزمن العام كانت مثيرة . ففي بضع عشرات السنين التي تلت أعمال (آينشتاين) الأولى بحث العلماء بشكل أعمق وأعمق لمعرفة أسرار الزمن عبر عدد كبير من الأسئلة . هل يمكن لأصناف مختلفة من الساعات أن تقيس أصنافاً مختلفة من الأزمان؟ هل هناك ساعة طبيعية أو قياس للزمن للعالم بأسره؟ هل كان هناك بداية للزمن ، وهل يوجد له نهاية ؟ ما الذي يدفع الزمن ويعطيه اتجاهه المميز ، ويميل بدفته بين الماضي والمستقبل ؟ ما هو أصل إحساسنا بجريان الزمن ؟ هل

سفر الزمن ممكن ، وإذا كان ذلك ممكناً فكيف يمكن حل التناقضات المرتبطة بسفر الزمن إلى الماضي ؟. ومن الملاحظ أنه على الرغم من مرور حوالي قرن مليء بالأحداث فإن العديد من هذه الأسئلة مازال ينتظر إجابات مقنعة بشكل كاف ، فالثورة التي بدأها (آينشتاين) لم تنتهِ بعد ، وما زلنا بانتظار فهمٍ كاملٍ لطبيعة الزمن .

(١-٧) هل الكون في طريقه إلى الفناء ؟

من المستحيل الفصل بين التصورات العلمية للزمن والخلفية التراثية التي سادت أوروبا في عصر النهضة وعصر العلم الحديث ، فقد **تأثرت الثقافة الأوروبية بقوة بالفلسفة الإغريقية وبالأنظمة الدينية لليهودية والمسيحية والإسلام** . كانت الثقافة الإغريقية ترتكز على افتراض أن العالَم مرتب ومنظم وعقلاني ويمكن فهمه بالمحاكمة العقلية البشرية ، وإذا كان الأمر كذلك فإن طبيعة الزمن يمكن الإمساك بها من حيث المبدأ من قبل البشر . ومن اليهودية جاء المفهوم الغربي للزمن على أنه شيء أساسي في النظرة العلمية للعالم ، ولكن مقابل المفهوم النافذ الدوري للزمن فقد **كانت اليهودية تعتقد بالزمن الخطي . وجاءت المسيحية والإسلام فيما بعد بـــ : «العملية التاريخية» حيث أن الله يخطط لهذا العالم لكي يمتد حسب تعاقب زمني محدد ، وضمن هذا النهج من الإيمان خلق الله الكون في لحظة محددة في الماضي وفي وضعية مختلفة تماماً عما هو عليه الآن** . إن التتابع اللاهوتي للأحداث - الخلق ، الهبوط ، الخلاص ، البعث ، الحساب - متوازياً مع الترتيب الإلهي الموجه للأحداث الفيزيائيه يشكل ترتيباً خارجاً عن بدء الخلق الأولي (الهيولى الأصلية - التشوش الأولي) الذي هو أصل الحياة ، أصل الأرض ، أصل الجنس البشري ثم الهلاك والتفسخ .

لقد حمل مفهوم الزمن الخطي معه تضميناً لـــ : « **سهم الزمن** » المنطلق من الماضي إلى المستقبل وأعطاه اتجاهاً هو تعاقب الأحداث ، لكن أصل « **سهم الزمن** » كمبدأ فيزيائي مازال سراً علمياً غريباً لم يُكشف بعد وسأفصِّل ذلك في الفصل التاسع . وقد انقسم العلماء والفلاسفة واختلفوا بحدة حول المعنى الدقيق لسهم الزمن ، هذا اللغز الذي ارتمى بثقله يتلخص بما يلي : - **هل الكون سائر إلى الأحسن أم إلى الأسوأ ؟**. يروي الإنجيل قصة الكون الذي بدأ من وضعية الكمال (جنات عدن) وينحدر حتى

يصل إلى الخطيئة . على أية حال فإن **أحد المكونات الأساسية لليهودية والمسيحية والإسلام هو رسالة الأمل بالاعتقاد في ضرورة إصلاح النفوس والخلاص النهائي للجنس البشري .**

في منتصف القرن التاسع عشر اكتشف الفيزيائيون قوانين الترموديناميك وسرعان ما تبين أن تلك القوانين تضمنت المبدأ الكوني للتفكك والانحلال . وما يسمى **بالقانون الثاني في الترموديناميك ينص على أن أي جملة مغلقة تميل نحو حالة الفوضى أو الاضطراب** ، ونصادف في حياتنا اليومية أمثلة على القانون المذكور في العديد من البيئات المألوفة يُعبر عنها في العبارات الشائعة مثل : « تحطيم الأشياء أكثر سهولة من صنعها » و « لا يوجد شيء ما يدعى غداءً مجانياً » ، ويُعرف هذا القانون أيضاً باسم (باركنسون) أو (سود) . عندما يطبق هذا القانون على الكون كله كجملة فإنه يفضي بنا للقول بأن الكون بأكمله جُمع بسرعة ودُفع لينـــزلق بطريق ذو اتجاه واحد نحو وضعية التفكك النهائي (أي الحد الأقصى من الفوضى) ، وهي التي تعرَّف في علم الترموديناميك بأنها « **حالة التوازن الترموديناميكي** » .

أحد مقاييس الارتفاع الحاد للتشوش والاضطراب يَستخدم كميةً تسمى (**الأنتروبية** Entropy) حيث تُعرَّف بعبارات تقريبية : أنها **مقدار عدم الترتيب ، كمية الفوضى الموجودة في الجملة** . ثم ينص القانون الثاني على أنه في جملة مغلقة لا يمكن للقيمة الإجمالية للأنتروبية أن تتناقص ، وفي أحسن الحالات فإنها تبقى ثابتة . هذا يعني أن كل التغييرات الطبيعية تقريباً تؤدي إلى زيادة الأنتروبية ، وهكذا نرى أن القانون الثاني يعمل في كل ما حولنا من الطبيعة . ومن أكثر الأمثلة وضوحاً على ذلك أمامنا هو الشمس التي تحرق ببطء وقودها النووي مبعثرةً الضوء والحرارة دون رجعة في أرجاء الكون ورافعةً كمية أنتروبية الكون في كل فوتون تحرره ، وفي النهاية فإن الشمس سينضب وقودها وتتوقف عن الإشعاع ، وسيحصل نفس الاندثار البطيء لكل النجوم في هذا الكون . لقد **عُرف هذا المصير المحزن الكئيب في منتصف القرن التاسع عشر بأنه « الموت الحراري الكوني »** . وقد شكل توقف الكون الترموديناميكي صدمة كبيرة لمفهوم نيوتن للكون الذي يعمل بآلية الساعة ، فبدلاً من اعتبار الكون على أنه آلة محكمة ، يراه الفيزيائيون الآن مثل محرك حراري ضخم ينضب وقوده شيئاً فشيئاً . وتَبيَّن

أن آلات الحركة الدائمة لم تكن سوى مثاليات غير موجودة في الواقع ، وبذلك تم شد الانتباه والتحذير أن **الكون يعاني من موت بطيء** . لقد اكتشف العلم الزمن التشاؤمي، **وظهر جيل جديد من فلاسفة الإلحاد على رأسهم (براتراند راسل) تمرغوا في الحتمية المحزنة لهلاك الكون** .

لقد قدم قانون الترموديناميك الثاني سهماً للزمن اخترق العالم لأنه تبين جلياً أن ازدياد الأنتروبية هو عملية « **انحدار** » غير عكوسة . ومن المصادفات الغريبة أنه في الوقت الذي كانت فيه الأخبار السيئة عن موت الكون تنتشر بين الفيزيائيين نشر (شارلز داروين) كتابه الشهير عن « **أصل الأنواع** » . وعلى الرغم من أن « **نظرية النشوء** » هزت الناس أكثر بكثير من التنبؤ بموت الكون الحراري فإن الرسالة الأساسية التي فُهمت من كتاب (داروين) تفاؤلية . ويقدم النشوء والتطور البيولوجي أيضاً سهماً من الزمن اخترق الطبيعة ولكنه انطلق في الاتجاه المعاكس لسهم قانون الترموديناميك الثاني ، حيث يبدو النشوء وكأنه عملية « **صعود** » . لقد بدأت الحياة على الأرض بشكل كائنات بدائية مجهرية ، ومع تقدم الزمن تطورت لتنتج محيطاً حيوياً مذهلاً بتعقيداته المنظمة بملايين من الكائنات الحية ذات البنى البالغة التعقيد التي تأقلم كل منها بمنتهى الروعة ضمن أمكنة بيئية ملائمة . **وبينما تنبأ الترموديناميك بمزيد من التفكك والفوضى ، فإن العمليات الحيوية (البيولوجية) كانت تميل نحو المزيد من التطور وتنتج النظام من الفوضى** ، وقد كان هذا (زمن تفاؤلي) يبزغ في العلم في الوقت الذي كان فيه (الزمن التشاؤمي) يكاد ينشر بذور اليأس .

لقد آمن (داروين) نفسه أن هناك اتجاه فطري في الطبيعة نحو التحسين فقد كتب يقول : « حيث أن الاصطفاء الطبيعي يعمل فقط بواسطة ومن أجل كل كائن فإن جميع ما وهبته الطبيعة لنا سيميل للتقدم نحو الكمال »[١٨] . وقد بدأ علماء الحياة (البيولوجيا) يتحدثون عن « **سلّم التطور** » من الميكروبات في الأدنى إلى الإنسان في الأعلى . وهكذا ، فإنه على الرغم من أن نظرية النشوء رفضت فكرة أن الله صمم وخلق بعناية كل الأنواع بشكل منفصل ، فقد أبقت الباب مفتوحاً **لاعتبار أن الله يعمل بطريقة أكثر دقة وذلك للتوجيه والتحكم بدورة النشوء عبر بلايين السنين إلى الأعلى وإلى الأمام نحو الإنسان وربما ما بعد الإنسان** .

إن فلسفة التطور احتُضِنَت بحماسة من قِبَل العديد من المفكرين الأوروبيين الكبار أمثال : (هنري بيرجسون) و (هربرت سبنسر) و (فريدريك إنجلز) و (تايلهارد شاردان) و (الفريد وايتهيد) ، **حيث تصوروا جميعهم بأن هناك برهاناً في الكون ككل على وجود قدرة حقيقية وأصيلة في الطبيعة لخلق النظام من الفوضى، وكان الزمن** الخطي بالنسبة لهؤلاء العلماء والفلاسفة نموذجاً للتقدم المضطرب غير المؤكد بعد.

ولسوء الحظ فإن التطور في الطبيعة لم يتناغم جيداً لا مع فوضى الترموديناميك الخام ، ولا مع الفوضى التي بدون هدف والتي من المفترض أنها تشكل أساس نظرية النشوء الداروينية . هذا وإن الصراع بين مفهوم الكائنات المتطورة من جهة والعالم المهيأ للموت الحراري من جهة أخرى أدى إلى ظهور بلبلة في التفكير ، فبعض البيولوجيين وخاصة في فرنسا قلّلوا من شأن فرضية (داروين) الأساسية في التبدلات العشوائية لمصلحة مفهوم غامض جديد يُدعى « **قوة الحياة** » اعتبروه مسؤولاً عن دفع الكائنات الحية باتجاه التطور ضد تيار الميل نحو الفوضى في العمليات غير الحية ، ويسود هذا الاعتقاد بـــ « قوة الحياة » في بعض الدوائر غير العلمية حتى أيامنا هذه . ونجد بعض العلماء والفلاسفة قلقون حول مصير الكون ككل مؤكدين أن قانون الترموديناميك الثاني يمكن تجنبه تحت ظروف معينة ، لا بل يجب أن لا يطبق على كوننا هذا أساساً .

ولا تزال المناقشات حادةً . البيولوجيون تخلوا منذ زمن طويل عن فكرة قوة الحياة، والعديد يناقشون بحماس أن أي انطباع عن التطور في النشوء البيولوجي هو ببساطة نتيجة للولع الفكري والتكيف الثقافي ، فهم يدَّعون أن مسار تغير التطور عشوائي بالضرورة حسب المقولة المعبرة التي قالها (جاك موند) : « تؤخذ الفرصة من على الجناح » . أما العلماء الآخرون الذين تأثر العديد منهم بأعمال (إيليا بريجوجين) فقد بيّنوا وجود عملية « **التنظيم الذاتي** » في الطبيعة ، واعتبروا أن التقدم نحو تعقيدات أكثر تنظيماً هو ميل ورغبة كونية يكاد يشكل قانوناً . فالتنظيم الذاتي الفوري لا يتعارض مع القانون الثاني للترموديناميك لأن مثل هذه العمليات تنتج دائماً (**أنتروبية**) كمنتج ثانوي وبالتالي فإن هناك ثمن لابد من دفعه للوصول إلى ترتيب الفوضى . وبالقدر الذي يهمنا فيه المصير النهائي لهذا الكون فإن نتيجة الصراع بين ذينك الميلين المتعاكسين في الطبيعة : « الأنتروبية المتزايدة – التعقيد المتقدم نحو الأحسن » ومن منهما سينتصر في

النهاية ، تعتمد بشكل حاسم على النموذج الكوني المتبع .

(١-٨) عودة العودة الأبدية

حتى لو اشتد النـــزاع بين المتفائلين والمتشائمين في بداية هذا القرن على الطريق الذي سيتجه إليه السهم الكوني للزمن فإن **مفهوم الدورية شكّل مدخلاً مدهشاً للعلوم في الغرب** . كان الفيزيائيون يناضلون ليفهموا أصل قوانين الترموديناميك على ضوء النظرية الذرية للمادة ، ولنرى كيف تم ذلك . **إن العملية الأساسية والأكثر أهمية في الترموديناميك هي انتقال الحرارة من الحار إلى البارد ، وهي عملية ذات اتجاه واحد وتعتبر تلخيصاً لقانون الترموديناميك الثاني** . وقد شرع (لودفيج بولتزمان) في (فيينا) باختراع طريقة لتوضيح هذا الانتقال رياضياً باستخدام الحركة الجزيئية للمادة . لقد تخيّل (بولتزمان) تجمعاً هائلاً من الجزيئات المجهرية محصورة داخل صندوق محكم وهي تتصادم بداخله بفوضى مع بعضها البعض وترتطم بجدران الصندوق ، وقد هدف (بولتزمان) بنموذجه هذا أن يمثل الغاز واستنتج أن الحركة الجزيئية للغازات يمكن أن تميل إلى كسر أي ترتيب أو نظام وتسعى إلى مزج محتويات الجزيئات بشكل فعال ، فمثلاً يتم تعيين درجة حرارة الغاز بواسطة السرعة المتوسطة للجزيئات ، فإذا كان الغاز في لحظة ما أكثر حرارة (في منطقة معينة من الصندوق) فإن الجزيئات في تلك المنطقة تكون متحركة بسرعة وسطية أكبر من السرعة الوسطية للجزيئات التي في المنطقة الأخرى ، ولكن هذا الوضع لا يستمر طويلاً فسرعان ما تصطدم الجزيئات ذات السرعة العالية بالجزيئات ذات السرعة المنخفضة وتعطيها جزءاً من طاقتها الحركية ، وتتوزع الطاقة الفائضة الموجودة في جزيئات المنطقة الحارة على كل محتويات الصندوق حتى نحصل على درجة حرارة منتظمة ويصبح معدل سرعة الجزيئات في المنطقتين وفي كافة أرجاء الصندوق متساوياً .

لقد عزّز (بولتزمان) هذه الصورة الفيزيائية الظاهرة بحسابات مفصلة طبق فيها قانون نيوتن الثاني في الحركة على الجزيئات واستخدم بعض التقنيات الإحصائية ليستخرج السلوك الجماعي لعدد كبير من الجزيئات ، وقد اكتشف بذلك مقداراً فيزيائياً جديداً معرفاً بدلالة مدى حركة الجزيئات نتمكن بواسطته من قياس درجة الفوضى في الغاز . وقد أثبت (بولتزمان) أن هذا المقدار يزداد دائماً بقيمته كنتيجة لازدياد

التصادمات الجزيئية مقترحاً تمييزه باسم (**الأنتروبية**) **الترموديناميكية** . وبذلك فقد **قادت حسابات** (**بولتزمان**) **إلى اشتقاق قانون الترموديناميك الثاني من قوانين** (**نيوتن**) .

بعد هذا الانتصار بقليل أحدث الفيزيائي الرياضي الفرنسي (هنري بوانكاري) ثغرةً هائلة في صياغة (بولتزمان) السابقة ، حيث أثبت بشكل دقيق أن تجمعاً محدوداً من الجزيئات المحصورة داخل صندوق وخاضعة لقوانين (نيوتن) في الحركة يجب أن تعود دائماً إلى حالتها الأولية (أو قريبة منها على الأقل) بعد فترة كافية من الزمن ، وبالتالي فإن **حالة الغاز تمارس نوعاً من « التكرار »** . لقد حملت نظرية (بوانكاريه) المفهوم بأنه إذا زادت الأنتروبة لغاز ما في مرحلة من المراحل فإنها يجب في النهاية أن تتناقص ثانيةً حتى يعود الغاز إلى حالته الأولية ، وبمعنى آخر فإنه مقابل مجموعة من الحركات الجزيئية التي تزيد من الأنتروبية أو الفوضى لغاز ما يجب أن يكون هناك مجموعة أخرى تنقص منها . هذه الدورية في حالة الغاز يمكن أن تُعزى إلى التناظرية الأساسية للزمن في قوانين (نيوتن) التي لا تميز بين الماضي والمستقبل .

إن مدة دورات (بوانكاريه) هائلة فعلاً ، فهي تقريباً 10^N ثانية ، حيث (N) تمثل عدد الجزيئات (حوالي تريليون في ٤٠ ليتر من الهواء) ، وإذا علمنا أن عمر الكون حوالي 10^{17} ثانية فإن مدة الدورات تكون هائلة حتى لحفنة من الجزيئات . وفي حالة الجملة التي ترى بالعين المجردة فإن مدة دورات (بوانكاريه) تصغر جميع مقاييس الزمن الأخرى المعروفة ، وعلى أية حال فإن الدورات محدودة في مدتها ، وبالتالي فإن إمكانية تناقص الأنتروبية في أحد المراحل في المستقبل البعيد واردة ، أي أن استنتاج (بولتزمان) بأن الأنتروبية يمكن أن تزيد فقط بسبب الاصطدامات الجزيئية كان خاطئاً . وقد تم استبداله باستنتاجٍ مختصرٍ فيه جانبٌ إحصائي مفاده أن « **الأنتروبية للغاز غالباً ما تزداد** » ، وبالطبع فإن التناقصات في الأنتروبية ممكنة ولكن ضمن التأرجح الإحصائي . على أن تذبذب تناقص الأنتروبية ينسحب على مقدار ذلك التذبذب ، فالتناقصات الكبيرة تكون احتمالات حدوثها قليلة لأقصى الحدود ولكنها تبقى ممكنة من الناحية التقنية . لقد اعترف (بولتزمان) نفسه بأن الكون يمكن أن يتبع دورات (بوانكاريه) ذات الفترة الطويلة جداً وان الحالة الحالية للكون والمنظمة نسبياً وصلت

إلى ما هي عليه نتيجةً لتناقص تدريجي تاريخي في الأنتروبية ، وعلى مدى معظم الوقت فإن حالة الكون ستبقى قريبة من وضع التوازن، أي حالة الموت الحراري . إن ما تقدمه تلك الأفكار يتلخص بأن الموت الحراري الكوني لم يكن مؤجلاً إلى الأبد وأن البعث ممكن بعد مدة طويلة كافية .

باكتشاف (بوانكاريه) لهذه التكرارات **أصبح مفهوم عودة الأبدية جزءاً من الخطاب العلمي** ولكن بمظهر مختلف عن الرؤية التراثية له ، فأولاً : سيمر زمن طويل بشكل غير متخيل ليعود الكون إلى حالته الحاضرة ، ثانياً : الدورية المتضمنة في هذا التكرار ليست دورية بالمعنى الدقيق ولكنها تكرر بالمعنى الإحصائي ، ويمكن تصور الموضوع على أنه خلط للأوراق أو لبطاقات اللعب . فإذا قمنا بترتيب بطاقات اللعب حسب ترتيب رقمي معين ثم خلطناها فإننا بالتأكيد سنحصل على ترتيب أقل بعد أن نخلطها ، ولأن بطاقات اللعب محدودة العدد فستعطي عدداً محدوداً من الحالات بعد خلطها ، ولدى الاستمرار العشوائي بالخلط سنحصل حتماً على ظهور بعض الحالات مرتين ، بل وتكرر ظهورها أكثر من مرة إذا ما استمرت عملية الخلط إلى ما لانهاية ، وسيكون من ضمن هذه الحالات بالطبع ظهور الحالة الأصلية للترتيب الرقمي . يمكن اعتبار حالة أوراق اللعب مشابهةً لحالات تشكل الغاز ، وعملية الخلط في أوراق اللعب تشابه عملية تصادم الجزيئات الفوضوي في الغاز .

شُغِفَ الفيلسوف الألماني (فريدريك نيتشه) بالمناقشة السابقة ، فاستنتج منها أن التكرارات الكونية جردت الحياة البشرية من أي هدف سامي لها [١٩] . والدورات التي لا نهاية لها والتي لا معنى لها جعلت الكون تافهاً عبثياً برأيه . كما أن فلسفته البائسة في « **العدمية** » أسقطت مفهوم التطور سواء للكائنات أم للكون ، فقد ادعى أنه إذا قُدِّر لهذا الكون أن يعود إلى حالته الأولية فإن كل التطور سينعكس في نهاية الأمر ، **وقد أوصلت كل هذه الاستنتاجات (نيتشه) إلى الإلحاد** .

(١-٩) نقطة البداية لكل شيء

كان (آينشتاين) يفهم جيداً الأفكار المتناقضة حول سهم الزمن ، ففي نفس السنة التي صاغ فيها نظريته في النسبية قام بإنجازات كبرى في الميكانيك الإحصائي

لحركة الجزيئات ، ولكن على الرغم من هذا الفهم والمعرفة فقد كانت محاولته الأولى لبناء نموذج للكون تعتمد على الافتراض القائل بأن هذا الكون ساكن وغير متغير . ولم يكن وحيداً في ذلك ، فمعظم الفلكيين في القرن التاسع عشر كانوا يعتقدون أن الكون يبقى على نفس حالته المعتدلة دهراً بعد دهر . إن الاعتقاد بأن الكون مستقر وأبدي ويتم فيه باستمرار موازنة الانحلال بالتجدد بدأ منذ عصر قدماء الإغريق ، وقد بقي هذا الاعتقاد قائماً حتى عصرنا الحاضر على هيئة ما يسمى **نظرية الحالة الثابتة** وتفرعاتها .

يمكن تصنيف الحالات الكونية إلى أربعة نماذج ، أولاً : النموذج الأرثوذكسي العلمي للكون حيث يؤمن بالوجود في وقت محدد في الماضي ويتحلل ببطء لينتهي بالموت الحراري . ثانياً : الكون الذي له أصل محدد لكن تطوره يتم دون المرور بقانون الترموديناميك الثاني . ثالثاً : الكون الدوري بدون نقطة بدء أو نقطة نهاية كلياً وذلك يتضمن إما إعادة واضحة تماماً أو تكرارات إحصائية . أخيراً : الكون المستقر ذو الحالة الثابتة حيث يتم فيه عمليات محلية يمكن أن تكون انحلالية أو تطورية ولكن الكون ككل يبقى على حاله تقريباً إلى الأبد .

مما لاشك فيه أن القبول الواسع الانتشار للنموذج الأول يدين بشكل أساسي للثقافة الغربية وللقرون الطويلة التي ساد فيها الاعتقاد بخلق الكون ، ذلك الاعتقاد الذي جلب معه **مفهوم الزمن الكوني « زمن الإله » الذي استُنتج منه أنه يجب أن يكون هناك تاريخ محدد للخلق** . والمحاولات التي بذلت لاستنباط ذلك التاريخ من التمحص بالإنجيل أدت إلى جواب حتمي مفاده أن ذلك تم قبل الميلاد بعدة آلاف من السنين . في عصر النهضة الأوروبية لم تكن هذه الإجابة غير معقولة ، حيث لم يكن يُعرف عن العمليات الجيولوجية والتحولات الحيوية إلا القليل ، وأقل من ذلك عن الترتيب الفلكي للكون .

فقد كان من الممكن الاعتقاد بأن عمر الكون لا يتجاوز بضعة آلاف من السنين. وعندما أشار الجيولوجيون في القرن التاسع عشر إلى المستحاثات كدليلٍ على عمر الأرض الهائل ، ردّ بعض رجال الكنيسة بأن تلك ليست سوى صور ابتدعها الشيطان عمداً ليربكنا . وهناك بعض المتحمسين لهذا اليوم الذين قالوا أنه لا يمكن الوثوق بساعاتنا وبأحاسيسنا ، فهم يعتقدون جازمين أن الله قد خلق هذا الكون قبل بضعة آلاف من السنين فقط ولكنه يبدو لنا قديماً فحسب .

هل يمكن أن يكونوا على صواب ؟ هل يمكن أن نؤكد أن الكون فعلاً قديم ؟ تأمل ما سيلي : لقد انفجر النجم (ساندیوليك ٦٩٢٠٢) قبل (١٦٠٠٠٠) عاماً بزمن الأرض . لم يعلم أحـــد بذلك حتى شاهده مساعد فني يعمل في مرصد (لاس كامبانا) في (شيلي) في ليلة ٢٣-٢٤ شباط ١٩٨٧ . لقد كان الانفجار مرئياً بشكل واضح حتى بالعين المجردة في سماء تلك الليلة المظلمة . وبالطبع فإن ذلك الخبر تأخر بهذا الشكل الطويل ليصلنا لأن (ساندیوليك ٦٩٢٠٢) يبعد عن الأرض مسافة تقدر بـــ ١,٥ بليون بليون كيلو متر ، بالقرب مـــن المجرة المسماة (**غيمة ماجلان العظيمة**) والضوء الصادر عن الانفجار يسير إلينا بسرعة محددة .

إذا كان الكون قد خُلق قبل بضعة آلاف من السنين فهذا يعني أن ذلك تم مع انفجار (ساندیوليك ٦٩٢٠٢) – نجم وُلِد ميتاً ، هذا ليس كل شيء . هناك حزمة من الضوء ممتدة من النجم المنفجر إلى الأرض وترتد منعكسة من أعيننا باستمرار إلى ذلك النجم ، وفي نهاية تلك الحزمة السائرة بإصرارٍ نحونا سجل للأحداث التي وقعت لذلك النجم . تخيَّل حزمة من الضوء طولها ١٦٠٠٠٠ سنة في يوم خلق الكون ، تلك الحزمة النجمية من المفترض أن تصل إلينا كاملة غير منقوصة مع كل الأشياء الأخرى، تحمل لنا في جزءٍ كبير من طولها صورة النجم الميت المنفجر الذي تناثر حطامه في الفضاء ، ولكن في جزءٍ صغير من هذه الحزمة قريب من الأرض يبلغ طوله بضعة آلاف من السنين الضوئية ، تجد أن الحزمة تحمل رموزاً خيالية غريبة ، صوراً عن حياة نجمٍ لم يكن موجوداً من قبل . كل هذا التمثيل وضع لكي نتبين فيما لو كان هناك مرةً نجم حي ، بينما في الحقيقة خلق الله نجماً ميتاً .

ولكن كيف لنا أن نعرف أن عملية الخلق هذه المبتكرة والغريبة تمت منذ بضع آلاف من السنين ؟ إذا كان الله يستطيع أن يخلق كوناً فتياً ولكن يبدو مسناً ، فكيف لنا أن نتأكد أنه لم يخلق قبل ألفين سنة مثلاً ليتطابق ذلك مع ميلاد السيد المسيح ؟ ويمكن أن يعني هذا وجود بعض السجلات البشرية مثل « العهد القديم » ، وبعض المستحاثات كالديناصور وبعض الحوادث والتسجيلات النجمية مثل حزمة الضوء الغريبة الثابتة الصادرة عن (ساندیوليك ٦٩٢٠٢) ، وماذا بعد ؟ الكائن الذي يدعي أنه صنع النجوم الميتة يمكنه بالتأكيد أن يلفق بعض الوثائق المخطوطة .

في الحقيقة ، كيف يمكن أن نتأكد أن الكون لم يُخلق قبل بضع مئات من السنين بكل ما فيه من هذا الترتيب الذي يوحي بأنه أقدم من ذلك بكثير ؟ بل ربما بدأ هذا الكون قبل خمس دقائق وجميعنا خُلقنا بذاكرات متوافقة مع نشاطاتنا السابقة الموجودة أصلاً في عقولنا . (ويمكن أن يكون أكثر طرافةً إذا اختلفت ذاكراتنا قليلاً لتشعل نزاعات كثيرة ، كعدد المسلحين الذين اغتالوا الرئيس كينيدي مثلاً) .

(١-١٠) إنها تحدث عندما تحدث

عندما كنت طفلاً اعتدت أن أستلقي ليلاً وأنا مستيقظ ، وكان يتملكني الخوف بأن شيئاً ما غير سار سيحدث في اليوم التالي ، كزيارة إلى طبيب الأسنان مثلاً ، وأتمنى أن أضغط زراً ما يمكن أن يملك القدرة على نقلي فوراً أربعاً وعشرين ساعة إلى المستقبل . في الليلة التالية ، عندما انتهت زيارتي لطبيب الأسنان خشيت أن يكون ذلك الزر السحري موجود وأن تكون الحيلة قد انطلت فعلاً . بعد مرور أربع وعشرين ساعة أخرى ، وعلى الرغم من أنني كنت أستطيع أن أتذكر زيارتي لطبيب الأسنان ، ولكن في ذلك الوقت كانت « ذكرى تجربة » وليست تجربة .

هناك بالطبع زر آخر يمكن أن يرسلني إلى الوراء نحو الزمن المنقضي ، حيث يمكن لهذا الزر أن يعيد تخزين حالتي العقلية وذاكرتي إلى ما كانتا عليه من ذلك الزمن المبكر ، فبضغطة واحدة يمكن أن أعود إلى طفولتي المبكرة لأعيش مرة أخرى ذلك الزمن الأول يوم عيدٍ ميلادي الرابع ...

بواسطة تلك الأزرار يمكن أن يشكل الماضي مسيرة الأحداث المرتبة التي تتكون منها حياتي ، ويمكنني ببساطة أن أقفز هنا وهناك وبشكل عشوائي أمام الزمن ووراءه. أنتقل بسرعة متجنباً الأحداث غير السارة ، وأعيد وأكرر الأوقات الحلوة الجميلة ، أتجنب الموت بالطبع وأستمر إلى ما لانهاية ، لن يكون عندي أي انطباع ذاتي عن العشوائية لأنه في كل مرحلة كانت حالتي العقلية تعطي رموزاً للتتابع المتوافق للأحداث .

لم يعد هناك سوى خطوة صغيرة تفصل بين هذا الخيال الجامح والشك بأن هناك شخص آخر (عفريت أو ربما شيطان من طراز متزمت) يقوم بضغط تلك الأزرار بالنيابة عني ، وأنا ، ذلك المسكين الساذج ، ذاهل تماماً عن هذه الخدعة الكبرى . ومن

جهة أخرى وطالما أن ضاغط الأزرار المجهول الغامض مستمر بالضغط عليها ، فيبدو ، وكأنني سأستمتع بنوع من الخلود على الرغم من أنني مقيد بمجموعة من الأحداث المحددة ولكن ربما سيكون هذا أفضل من الفناء . « في الأبدية لا يوجد شيء ماضي ولا شيء مستقبل ولكن يوجد شيء حاضر فقط »[٢٠] . لكن هذا كان في القرن الأول ويجب أن نكون حذرين لأن الأوقات تغيرت منذ ذلك التاريخ .

إن الشيء الملفت للنظر في « **التجارب الذهنية** » الواردة أعلاه ، هو أنه كيف يمكن أن تبدي أي اختلاف إذا كانت عملية ضغط الأزرار هذه مستمرة فعلاً ؟ ماذا يعني حتى أن أقول أنني أمارس حياتي بشكل من أشكال القفز والعشوائية ؟ كل لحظة من تجربتي هي تجربتي تلك مهما كانت علاقتها الزمنية بالتجارب الأخرى . وطالما أن الذكريات متوافقة فما هو المعنى الذي يمكن أن يترافق مع الادعاء بأن حياتي تتم بتتابع فوضوي غير منتظم ؟ لقد تخيّل الفلكي البريطاني الشهير وأحد كتّاب الخيال العلمي (فريد هويلي) أحد القائمين على ضغط الأزرار الكونيين في روايته (الأول من أكتوبر الذي جاء متأخراً جداً) ، ولكن هذا الضاغط كان ممن يُفسدون الأشياء ويقتطع أجزاء مختلفة من العالم من الحالة الجميلة زمنياً . وعلى هذا فإن الناس يتلاقون في « **مجالات زمنية** » ويكونون مدهوشين بسبب التقائهم مع مجتمعات كانت تعيش في حقب تاريخية مختلفة . كاتب الخيال العلمي (هويلي) الذي أزعجه هذا الكابوس لم يكن لديه أي تعامل مع مفهوم الزمن على أنه : « تيار جاري دون تقلّب » ، كما كان يرفض اعتباره « وهماً عبثياً مضحكاً » ، بل كان يقول :

« إذا كان هناك شيء واحد في الفيزياء نستطيع أن نكون متأكدين تماماً منه فهو أن جميع الأزمنة توجد بمستوى واحد من الحقيقة »[٢١] .

نحن مدعوون للتفكير بأحداث هذا الكون من خلال تشبيه مجازي غير عادي : مجموعات من الأرفف العلبية المرقمة تحوي كل منها رسائل عن العلب المجاورة ، تصف الرسائل الموجودة في كل علبة بدقة تامة محتويات العلبة التي تسبقها بالرقم «**الماضي**» ولكنها لا تعطي أي معلومات عن العلب التي تليها بالرقم : « **المستقبل**» ، وهذا يؤكد السببية واللاتشابه بين معرفتنا الأكيدة بالماضي وتكهناتنا التقريبية عن المستقبل . ولكن لا يوجد جريان للزمن هنا ، وبدلاً من ذلك نتخيّل وجود كاتب يفحص العلب

الواحدة تلو الأخرى حيث تخلق كل عملية فحص لحظة من الوعي في العالم ، يقول (هويلي) : « حالما يتم اختيار حالة معينة للفحص ، حالما يأخذ هذا الكاتب التخيلي نظرة على محتويات علبة محددة ، يكون لديك الوعي الذاتي لتلك اللحظة المعينة ، ذلك ما نسميه « **الحاضر** » . هذا ما أوضحه (هويلي) .

إن السمة الغريبة لهذا التشبيه هي أن الكاتب ليس بحاجة للترتيب الرقمي للعلب أثناء قيامه بفحصها ، فهو لا يفحصها بالترتيب بل يمكن أن يقفز بشكل مزاجي على علب المكان كله ويقوم بعملية الفحص بشكل عشوائي دون أن نلاحظ ، حيث ما يزال لدينا جميعاً ذلك الانطباع عن الزمن بأنه « مستمر » ، « تيار جاري دون تقلّب » . كل لحظة نشاط للكاتب من الوعي الإنساني تتضمن تجربة ذكرى لـــ : « محتويات العلبة » عن العلبة ذات الرقم الأدنى ، حتى لو لم يقم الكاتب بفحص العلبة لفترة من الزمن . الأكثر من ذلك أنه لا يوجد أي شيء يمكن أن يوقف هذا الكاتب عن فحص نفس العلبة مليون مرة . من وجهة النظر الذاتية للوعي المرتبطة مع تلك العلبة يبدو العالم على حاله عند كل عملية فحص .

يقول (هويلي) : « لا يوجد مشكلة في الترتيب الذي تتبعه عند فحص العلب، لا يوجد مشكلة إذا اخترت بعضها أو كلها ملايين المرات ، فلن يُشكل عندك أي فرق ذلك الترتيب البسيط للعلب » .

ستغدو العملية أسوأ . تخيّل العالم صفين من العلب ، واحد لك (أعني أن العلب في هذا الصف تحتوي أحداثاً تعود إليك أو تتعلق بوعيك) والصف الثاني لي ، وقد استُبدلَ الكاتب في هذه المرحلة من رواية (هويلي) بمجسمٍ لمخلوق بشري يحرِّك ضوءاً نقطياً ، « وَعْينا يستطيع أن يتراسل فقط حيث يسقط الضوء الذي يتراقص من العلب » . ولكن الضوء لا يستطيع أن يختار (يقع) على علبتين في آن واحد من كلٍ صف ، بل يمكنه فقط أن يتأرجح إلى الأعلى والأسفل بين الصفوف . من الممكن فعلاً أن يوجد وعي واحد ولكن بصفين من العلب ، وبالتالي فإن الوعي المنشط (المحثوث) في أي صف منهما يمكن أن يشعر شعوراً مختلفاً – فيعتبر نفسه شخصاً آخر – عن ذلك الشعور في الصف الثاني . عند توسيع الفكرة نجد أن كل الكائنات الواعية في الكون ، من إنسان وحيوان ومخلوقات أجنبية يمكن أن يكون لها نفس الوعي إذا تم تنشيطها في بيئات مختلفة وفي أزمان مختلفة . وحتى لو كانت العملية عشوائية تماماً فإنها يمكن أن

تولّد انطباعاً بوجود ترتيب متتالي للأحداث يتم التعايش معه عشرات الآلاف من المرات في العقول المتميزة عن بعضها البعض .

لنعد إلى عالم الواقع ، فقد ضغط الملك (بوب جورج الثامن) زراً مجازياً (أي أصدر مرسوماً) عام ١٥٨٢ يقضي بمنح قفزة للتاريخ من ٤ أكتوبر حتى ليلة ١٥ أكتوبر ، وقد تم التقيد بذلك في البلدان الكاثوليكية على الأقل ، بينما كان البروتستانت في شك من هذه الخدعة ، فهل يمكن أن يكونوا قد سلبوا عشرة أيام من حياتهم ؟ إنها خفة يد !. كما أن بعض القوم لا يميزون بين التاريخ والزمن . بريطانيا وأميركا لم تعتمد التقويم (الجورجي) حتى القرن الثامن عشر ، أما الروس فقد امتنعوا عن ذلك بشكل مستغرب حتى عام ١٩١٧ . لقد كان التعديل (الجورجي) ضرورياً لأن الأرض لا تدور حول الشمس بعددٍ صحيحٍ من الأيام فمن الضروري وجود السنوات الكبيسة . لم يكن التقويم الروماني دقيقاً في حساب السنوات الكبيسة مما جعل الاحتفال بعيد الفصح يتأخر شيئاً فشيئاً ليدخل في فصل الصيف الحار لأن السنة التقويمية بدأت تحيد عن التوافق مع الفصول . قرر (بوب جورج) بأن سنوات القرن لا ينبغي أن تكون كبيسة إلا إذا كانت تقبل القسمة على (٤٠٠) وقد أصلحت هذه القاعدة الأمور حتى (٣٣٠٠) سنة ، وسيكون هناك تعديل آخر ضروري لهذه القاعدة حتى نكون على المسار الصحيح لفترة (٤٤٠٠٠) سنة القادمة ، على الرغم من ذلك يقال أن سكان أحد الجزر في (هيبرايد) ليس لديهم أي انطباع حتى الآن حول التقويم الجورجي الحديث .

سأترك الآن الجانب النفسي لزمن العلب وأتعامل مع الزمن الفيزيائي المقاس وكأنه واقع حيث ينبغي تبني الافتراض العلمي الأساسي بأن هناك عالم واقعي يمكن أن نشعر به وأن ذلك العالم يتضمن الزمن . نفترض أن هناك كون عقلاني فيمكننا أن نبحث عن أجوبة لعدد من الأسئلة المنطقية حول الزمن مثل مصدر سهم الزمن ، والتاريخ الذي بدأ به الكون إن كان ينبغي أن يكون له بداية . على أية حال فإن آلية الساعة المنطقية التي وضعها (نيوتن) ومفاهيم الترموديناميك للكون المحتضر التي أتت بعد ذلك كانت تعتمد على صورة مبسطة جداً للزمن ، وعلى الرغم من أنها كانت كافية لقرنين من الزمن فإن مفهوم (نيوتن) للزمن قد نُسفَ من جذوره حيث يتطلب لذلك الأمر ظهور عبقري مثل (ألبرت آينشتاين) ليكشف عيوبه .

الفصل الثاني

زمـــن للتغييـــر

« منذ اللحظة الأولى التي بدأ فيها يتفحص الفكرة التقليدية عن الزمن ، احتاج إلى خمسة أسابيع فقط لكتابة بحثه على الرغم من أنه كان يعمل طوال اليوم في المكتب الفسيح » .

ج. وايترو

(٢-١) هبة من السماء

عـــلى بُعـــد ألـــف وخمسمائة سنة ضوئية وفي الكوكبة النجمية المسماة « برج العقاب » يرقد نظام فلكي عجيب معروف بالرموز الفلكية بالرمز (PSR 1913+16) وببســـاطة أكثر « **الثنائي النجمي النبَّاض** (Binary-Pulsar) » ويتألف من زوج من الـــنجوم أحدها ملتهب والآخر ميت يثب كل منهما على الآخر بحركة بطيئة أشبه ما تكـــون برقصة الموت ، وكل نجم منهما يحتوي على مادة أكثر مما تحتويه شمسنا ولكنها منضغطة إلى حجم صغير لا يكاد يغطي جزيرة (مانهاتن) .

تـــبدأ قصتي مع زمن (آينشتاين) مع واحد من هذين النجمين حيث يدور حول نفســـه عـــدة مـــرات في الثانـــيه ، وينتج عن هذا التدويم مجال مغناطيسي يفوق المجال المغناطيســـي الأرضي ببلايين المرات مما يؤدي إلى خلق محرك كوني هائل ، تتشابك فيه الالكـــترونات الضـــالة وتتســـارع حتى تقترب من سرعة الضوء ، وتنتزع لتجبر على الدخول في مسارات دائرية ثم تبدأ بإصدار إشعاعات كهرطيسية على شكل حزم ضيقة، وبدوران النجم فإن هذه الحزم تمسح الكون مثل المنارة البحرية ، وفي كل مرة تعبر فيها الأرض تلـــتقط تلسكوباتنا الراديوية صورة خاطفة لها ، وصورة بعد صورة ... بشكل منتظم تدل على أن (PSR 1913+16) جرم خاص جـــداً ، إنه **نبَّاض** : (Pulsar) .

عـــندما اكتشـــف أول نجـــم نبَّاض (Pulsar) عام ١٩٦٧ كاد العلماء يظنون نبضاته إشارات راديوية صادرة عن مخلوقات فضائية بسبب دقة تلك النبضات ، وبالطبع كانت النباضـــات أجـــراماً سماوية طبيعية مائة بالمائة ، وسرعان ما قدَّر العلماء بأن إصداراتها الـــراديوية الدقيقة أدت إلى اعتبارها أكثر الساعات دقة في الكون كله ، فمثلاً ، في عام ١٩٧٤ أي عقب اكتشاف (PSR 1913+16) بفترة قصيرة تم تحديد الدور النبضي له بمقـــدار (0.059029995271) ثانـــية . في النجوم ذات الإشعاع الثنائي تعمل الساعة النجمـــية أكـــثر مـــن كونها تضبط تدويماتها وومضاتها ، فهي تدور حول نجمها الرفيق بســـرعة فائقة ضمن مدار محدد وتترك هذه الحركة المدارية بصماتها وآثارها المميزة على الذبذبـــات المتلاحقة للنبضات الراديوية . يكون معدل النبض منتظماً للنجم المشع فهو يـــنحرف تارة باتجاه وتارة بالاتجاه الآخر بشكل متكرر . ويتفحص الفلكيون بدقة تامة كل دقيقة كافة تفاصيل هذه التذبذبات وينتقون تلك النبضات المتقطعة بمنتهى الدقة التي قد تصل إلى (٥٠) ميكروثانية ، فهم يعتبرون النجم (PSR 1913+16) جوهرة فلكية ثمينة ومفيدة وقد وُصف بأنه هبة من السماء .

لقد اختيرت هذه الهبة من بيانات بحث عادي عن النجوم النبَّاضة الجديدة قام به الطالـــب الخريج (راسل هالس) من جامعة (ماساشوستس) في (أمهارست) حيث أُرسل (هالس) من قِبَل البروفسور المشرف على بحثه السيد (جوزيف تايلور) ليقضي الصـــيف في (أريسيبو - بورتوريكو) حيث يوجد هناك أضخم تلسكوب راديوي في العـــالم شـــامخاً كتمـــثال في لوحة . لقد كان (هالس) محظوظاً عندما التقط الإشارة الضـــعيفة في الثاني من تموز (يوليو) حيث كانت فوق عتبة التسجيل بقليل ، وقد أثار انتـــباهه تلك النبضات المنتظمة ، وقد ذُهِلَ (هالس) عندما رصد الجرم مرة أخرى في آب (أغسطس) ووجد أن دور النبضات قد تغير وقد ظل يتغير طيلة فترة المراقبة . فلو كـــان هـــذا الجرم نبَّاضاً فمن المفترض أن تكون نبضاته ثابتة بشكل مطلق . في أيلول (سبتمبر) اكتشف (هالس) أن التغيرات في دور النبضات تتبع نموذجاً محدداً واستنتج أن هـــذا الجرم النبَّاض لابد أن يكون جزءاً من مجموعة نجمية ثنائية وأن تغير الدور كان نتيجة للحركة المدارية للثنائي .

وســـرعان مـــا اتضح أن الجرم المرافق الذي يشابه النبَّاض (Pulsar) كان نجماً

ولكنه نجـــم خامـــد ، وبذلك وجد الفلكيون في (PSR 1913+16) مختبراً طبيعياً شبه كـــامل لاختـــبار نظرية (آينشتاين) في النسبية ، وقد كان هذا الاكتشاف قيّماً بحيث يكفي لمنح (هالس) و (تايلور) جائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٩٣

إن الـــتغيرات المراقبة عن كثب في النبضات الصادرة عن النبَّاضات الثنائية كانت تـــبدو بمنـــتهى الغمـــوض ، كما لـــم يكن مـــن الممكن تفسيرها بمعزل عـــن أعمال (آينشـــتاين) الذي لعب دوراً متفرداً في تاريخ العلوم بموهبته الأصيلة . حقاً يمكن أن يوصف هو الآخر بأنه هبة من السماء .

الصـــور الشـــعبية تقدمـــه بثياب رثّة وشعر رمادي مشعث ونظرة ساهمة ولكن (آينشـــتاين) صاحب قصتنا الذي ناهز السادسة والعشرين من عمره كان شاباً رشيقاً واعـــياً ، كـــان واعـــداً بدون شك ولكن بدون إنجازات مهمة حتى الآن تُميز اسمه ، وبعكس المتوقع لم يكن لديه موهبة في الرياضيات ، بل أن مدرّس الرياضيات الجامعي (هيرمـــان مينكوفسكي) كان يلومه دوماً على استيعابه الضعيف للرياضيات إلى حد أنه كـــان يوصـــف بـــ « الكلب الكسول » . ومهما يكن من أمر فإن (آينشتاين) كان يملك فعلاً بصيرةً فيزيائيةً حادة وثاقبة .

وُلِـــدَ (آينشـــتاين) في ١٤ مارس (آذار) عام ١٨٧٩ في مدينة (أولم) الألمانية وكانـــت أمـــه (بولين) تنحدر من عائلة فنية لابأس بها ، أما والده (هيرمان) فكان رجـــل أعمـــال ذو عقلية عملية . كانت العائلة يهودية ولكنها غير ملتزمة وبالتالي فإن (ألـــبرت) لم يخضـــع لأي تنشـــئة دينـــية . وعندما بلغ الخامسة ذهب إلى المدرسة الكاثوليكـــية المحلية في (ميونيخ) حيث انتقلت العائلة إلى هناك عام ١٨٨٠ . لم يكن (آينشتاين) سعيداً في مدرسته الابتدائية ولم يكن تلميذاً نجيباً ، وقد أبلغ مدير المدرسة والـــده (هيرمان) بأن (ألبرت) ليس لديه الإمكانية لكي ينجح في أي شيء . وعلى الـــرغم من أنه كان حساساً ومنهجياً في الرياضيات إلا أنه لم يظهر على (ألبرت) أي بوادرٍ أو إشارات تدل على امتلاكه لذلك القدر من الإبداع والتفوق العلمي الجبار .

في ســـن العاشرة انتقل (ألبرت) إلى معهد رياضة (الجيمنازيوم) في (ميونيخ) ومـــرة أخـــرى لم ينســـجم مع هذا المجال ، حيث يبدو أن الطرائق الرسمية للتوجيهات والتأكيدات القوية على الأصول التقليدية لم تتناسب مع مزاجه . في الواقع أن (ألبرت)

اكتسب إلهاماً أكثر من عمه (جاكوب) شريك والده في أعمال الهندسة الكهربائية المتعثرة ، ولكن يبدو أن (جاكوب) كان قادراً على أن يشعل خيال الصبي بالأحاديث والكتب العلمية والرياضية . في عام ١٨٩٤ وعندما بلغ (ألبرت) الخامسة عشرة فقط قرر (هيرمان) و (جاكوب) نقل أعمالهما إلى (ميلانو) وترك (ألبرت) ليكمل السنوات الثلاث الأخيرة من دراسته كتلميذ داخلي في معد (الجيمنازيوم) . وبعد فترة من اليأس والإحباط والضيق عزم على الهرب ، وعندما قام بذلك طرد رسمياً من المعهد على أساس أنه مشاغبٌ جداً ولا يحترم المدرسين .

وفي تحول مفاجئ وغير متوقع أعلن (ألبرت) المتمرد في إيطاليا لوالديه الذين صعقا لذلك ، أعلن أنه يرغب أن يتبرأ (يتخلى ، يتنصّل) عن هويته الألمانية وديانته اليهودية . بحسب درجة ثقافته كان بإمكانه الالتحاق بمعهد (E.T.H) الجيد في (زيوريخ) ولكنه لسوء الحظ لم يتمكن من اجتياز امتحان الدخول ، والتحق بدلاً من ذلك في مدرسة صغيرة في بلدة (آرو) في أحد مقاطعات سويسرا حيث قضى سنة تدريب وفي نهاية عام ١٧٩٦ استطاع أن يلتحق بمعاهد (ETH) ليدرس العلوم والرياضيات ، وبعد سنوات قليلة ممتعة جداً قضاها (ألبرت) كطالب مثالي لامع ولكنه عنيد ، حصل على (الديبلوما) في ٢٨ تموز عام ١٩٠٠ ، بمعدل درجات عالية ولكن ليست مدهشة فقد حصل على (٥) من (٦) .

في هذه المرحلة أصبح (آينشتاين) مواطناً سويسرياً ولكنه أعفي من الخدمة العسكرية بسبب قدميه المنبسطتين وأوردته المتوسعة (مرض الدوالي) وبعد لقاء قصير مع عائلته في ايطاليا شغل منصب مدرّس مؤقت في مدرسة قريبة من (سكافوزين) ، وفي تلك الأثناء وقع في حب امرأة شابة صربية تدعى (ميليفا ماريك) كانت زميلته في معهد (ETH) ، ولكن هذا التقابل لم يكن مناسباً تحت كل المعايير . وفي عام ١٩٠١ صرحت (ميليفا) بأنها حامل وبدأ تشكُّل عائلة حيث ولدت الطفلة (ليزيل) التي أرسلت بسرعة إلى مركز لتبني الأطفال وبقي ذلك طي الكتمان ، وأخيراً تزوج (ألبرت) و (ميليفا) وأنجبا ولدين .

في غمرة المشاكل الشخصية التي أحاطت بـ (ميليفا) حول حملها قام (ألبرت) بتحضير أطروحة الدكتوراه وحصل على عمل دائم في مكتب براءات الاختراع

السويسـري في (بـيرن) ، ومن هذا المكان غير المناسب بدأ (آينشتاين) أبحاثه التي هزت أسس علم الفيزياء بعد سنتين أو ثلاثة . وفي عام (١٩٠٥) قدم (آينشتاين) وفي غضـون أشهر قليلة مساهمات مميزة لحدوث ثلاث ثورات أساسية في الفيزياء ، كانت الأولى النظرية الكمومية (Quamtum Theory) والثانية الميكانيك الإحصائي . كانت إسـهامات (آينشـتاين) المـبدعة متضمنة في أبحاث تشرح تأثير التصوير الكهربائي والحـركة البراونية . [**الحركة البراونية** (Brownian Motion) هـي تلـك الحركة الغريـبة المتعرجة التي تسلكها الجسيمات الدقيقة المعلقة في وسط سائل ، وهي تنتج عن قـذف الجزيـئات لها ، وأول من لاحظ هذه الظاهرة عالم الأحياء (روبرت براون) وذلك في حركة سقوط حبات غبار الطلع ، فسُميت باسمه] .

لقـد كانـت المساهمة الثالثة وضمن كل الاعتبارات أكثر المساهمات تأثيراً والتي يـتذكرها (آينشـتاين) بشـكل رئيسي وعنوانها « الديناميكية الإلكترونية للأجسام المتحركة » وقد طبع هذا البحث في المجلة العلمية المعروفة آنذاك (Annalen der physic) وقـد كان هذا البحث مؤلفاً من عدة صفحات من المحاكمات الرياضية الأولية تهدف إلى إعطاء تفسير لسلوك الشحنات الكهربائية أثناء حركتها ، وكان مقدراً لهذه الصفحات القليلة أن تُحدث هزات عنيفة في البنية الأساسية للعلوم وتدخل في الاعتبار تحولاً جذرياً لفهمـنا للعالم الذي مازال غير تام ، وفي صلب المفاهيم التي قلبها (آينشتاين) مفهوم « الـزمن » ، وسنرى بعد قليل أن إحساسنا العام البديهي بالزمن يتعارض بعنف وبلا طائل مع النبضات المتكررة للنجم الثنائي النبّاض ، وأن هذه النبضات التحذيرية المتناوبة مثل آلة الساعة تتجمع لتنسج وتحيك نموذجاً رياضياً على شكل رسالة لها نفس وضوح ومعـنى الإثـني عشـر رقماً بعد الفاصلة التي بينت لنا مدى دقة قياسها ، هذه الرسالة باختصار هي : « الزمن العالمي حسب (نيوتن) ليس سوى محض خيال » .

النـبّاض لوحده هو البقية الباقية من نجم ميت ، كان مرةً مضيئاً واستهلك وقوده الـنووي بسرعة فسُلبت منه مصادر الحرارة الحيوية التي يحتاجها للمحافظة على ضغطه الداخلي **مما أدى إلى انكماش نواته وتهافته على نفسه** حتى وصلت كثافة تلك النواة إلى بلـيون طـن متري في السانتمتر المكعب الواحد وهذا يعادل كثافة المادة في نواة الذرة والنـبّاض ليس سوى نواة ذرية عملاقة ، كرة من النترونات وباللغة المجازية إنه « **نجم**

نيوتروني » ، تكون النجوم النيترونية منضغطةً إلى درجة تجعل جاذبيتها هائلة ، فوزنك على سطحها يزيد بلايين المرات عن وزنك على الأرض !! وهذا ما يجعل **النجم النيتروني لا يفقد أي جزء منه أثناء دورانه المسعور حول نفسه** ، من تلك النجوم التي نعرفها ما يدور أكثر من ألف مرة في الثانية .

النجم النبَّاض الثنائي جرم غير عادي لأنه يتألف من نجمين نيترونيين يدوران حول بعضهما بالإضافة إلى التفاف كل منهما حول نفسه ولكل منهما كتلة تبلغ ١,٤ مرة من كتلة الشمس ، وهناك الكثير من هذه النجوم النبَّاضة الثنائية في هذا الكون ، وهناك نجوم أخرى نيترونية انقلبت مداراتها إلى ثقوب سوداء . إن ما يميز **الثنائي النبَّاض** (PSR 1913+16) هو أن النبَّاض (تلك الساعة الممتازة) يقبع في وسط يخضع فيه لتأثيرين تحولا ليصبحا ذوي أهمية كبيرة لاستيعاب مفهوم الزمن : **الحركة والجاذبية** .

(٢-٢) وداعاً للأثير

لم يفترض (نيوتن) أن الحركة يمكن أن تؤثر في الزمن ، فطالما أن الزمن عالمي شامل فلا يمكن أن يعتمد على المراقب العادي سواء كان متحركاً أم ساكناً ، في النموذج العالمي لـ (نيوتن) يمكن استخدام الحركة لقياس الزمن الموجود أصلاً والذي يعم العالم (كما في عقارب الساعة) ولكن لا تستطيع الحركة إيجاد الزمن أو خلقه أو حتى تعديله ولو للحظة واحدة . إن افتراض (نيوتن) للتماسك الزماني كان مقدراً له أن يواجه مشاكل جسيمة عاجلاً أم آجلاً ، وقد بدأت نقط ضعف هذا الافتراض تفرض نفسها أمام العلماء بطريقة أو بأخرى ، وبالفعل فإن التطورات التي حدثت في بداية القرن الجديد بشقيها ، النتائج الغريبة لبعض التجارب والتناقضات النظرية ، أوصلت المشاكل إلى حدها الأخير في مجال الكهرومغناطيسية ، وقد كانت حركة الجزيئات المشحونة كهربائياً أكثر ما حيّر (آينشتاين) في تلك السنوات المبكرة في مكتب براءات الاختراع ، ولكي تستطيع تقدير حجم المشكلة عليك أن تعرف المبدأ الذي لا يقل أهمية عن مبدأ شمولية الزمن لـ (نيوتن) وهو « **نسبية الحركة** » .

تخيّل أنك في داخل صندوق بعيداً في الفضاء حيث تسيطر حالة انعدام الوزن وعدم الشعور بالحركة ، ماذا يعني أن تقول أنك متحرك ؟ يمكنك النظر عبر نافذةٍ في

الصندوق ويمكنك رؤية مركبة فضائية تندفع بقربك ، فهل هذا يعني أنك تتحرك أو أن المركبة الفضائية تتحرك ، أم أن كلاكما تتحركان ؟ ولا يمكن أن تساعدك لحل الموقف محادثة بينك وبين رائدة الفضاء الموجودة على متن تلك المركبة والتي قالت بدورها : « أنا أيضاً لا أشعر بأي إحساس يدل على الحركة » . أنت محاط بالفضاء ولكن لا يوجد أي طريقة تستطيع بها التصريح بأنك تتحرك عبر الفضاء لأن الفضاء لا يحتوي أي علامات تستطيع أن تعيش حركتك بالنسبة لها ، ويكون معقولاً أن تقول أنك تتحرك بالنسبة إلى مركبة فضاء ، ولكن لا معنى يمكن أن يُسند إلى فكرة تقول بأنك تتحرك عبر الفضاء بشكل مطلق .

لقد فهم (نيوتن) وقبله (جاليليو) أن الحركة بسرعة منتظمة وباتجاه ثابت هي نسبية تماماً ، وبالمقابل فإن تغيرات الحركة تملك آثاراً مطلقة ومحددة ، فإذا اندفع الصندوق الذي أنت بداخله إلى الأمام أو انحرف بأحد الاتجاهات فإنك ستندفع معه وستحس تماماً ببعض القوى الفاعلة وسيكون ذلك ملحوظاً ، ولن يكون هناك أي آثار ترافق الحركة الثابتة المنتظمة عبر خط مستقيم فلا يمكنك مثلاً وأنت داخل طائرة حركتها خطية أن تحدد حالتها ، فيما إذا كانت ساكنة على الأرض أو سابحةً في الفضاء بسرعتها الثابتة ، فبغض النظر عن الاهتزازات فلا فرق في الإحساس بالحالتين إلا إذا نظرت من النافذة إلى الخارج ورأيت فيما لو كنت تتحرك بالنسبة للأرض أم لا ، حيث ستميز الفرق عندئذ فقط .

لقد ضمَّنَ (نيوتن) « **مبدأ النسبية** » هذا في قوانين الحركة التي وضعها وقد بقي أساسياً في نظرية الفيزياء على مر الأجيال ، وقد مثلت مبدأ أساسياً في الفيزياء حتى بالنسبة إلى (آينشتاين) فقد كان ينبغي المحافظة عليه مهما كان الثمن . ولكن هناك ثغرة . إن قوانين الكهرومغناطيسية التي تصف سلوك الجزيئات المشحونة كهربائياً وحركة الأمواج الكهرومغناطيسية كالضوء والأمواج الراديوية لايبدو أنها تخضع لمبدأ النسبية على الرغم من أنها تبدو ظاهرياً أنها تعمل بشكل حسن . ونتيجةً لإبداعات (ميشيل فاراداي) و (جيمس كلارك ماكسويل) في منتصف القرن التاسع عشر قادت نظرية الكهرومغناطيسية إلى توحيد الكهرباء والمغناطيسية والبصريات وتنبأت بعهد جديد للالكترونيات . ولكن كيف يمكن لشيء صحيح تماماً أن يتصدع وبأي أسلوب سيتم ذلك ؟

لقد وصل التباين والخلاف إلى أقصى درجاته حدة وظهرت الثغرة بشكل صارخ في موضوع انتشار الضوء ، فمبدأ النسبية يقتضي أن تختلف سرعة الضوء حسب حركة المراقب وعلاقته مع نبض الضوء : فإذا كنت تتحرك باتجاه مصدر الضوء فسيقابلك بسرعة أكبر مما لو كنت تبتعد عنه ، وأن سرعة الضوء تكون ذات معنى بالنسبة للجملة المرجعية للمراقب . من جهة أخرى فإن النظرية الكهرومغناطيسية أعطت قيمة ثابتة محددة لسرعة الضوء (حوالي ثلاثمائة ألف كيلو متر في الثانية) دون أن يكون هناك مجال لتغيراتها تبعاً لحركة المراقب . هنا عمّت الفوضى وساد الارتباك . والغريب أن (آينشتاين) قد حيّرته هذه المسألة حتى عندما كان مراهقاً ، حينما تخيّل أنه يستطيع التسابق مع موجة ضوئية ، فبالمحافظة على سرعته مساوية لسرعة الموجة سيجد نفسه بالتأكيد قادراً على مراقبة ورؤية المجالات الكهربائية والمغناطيسية متجمدة حوله في الفضاء ؟ وهذا غير معقول لأن مثل هذه الحقول الساكنة لا يمكن أن توجد في الفضاء الخالي بدون شحنات كهربائية أو حقول مغناطيسية لتوليدها (علماً بأن تغير شدة الحقل الكهربائي يولّد حقولاً مغناطيسية والعكس صحيح) .

وكان الحل الأمثل لهذا التناقض هو اللجوء إلى « **الأثير** » ، ذلك المفهوم الذي تناولته باختصار في التمهيد . الأثير هو الوسط الافتراضي الذي نتوقع أنه يلف الكون بأسره ويتخلله ويملأ الفراغ بين مواد الأجسام ، وبذلك يستطيع الفيزيائيون أن يدّعوا أن الموجات الضوئية تَعْبُر الفضاء بسرعتها الثابتة ضمن هذا الوسط وبالنسبة له ، كما تَعْبُر الموجات الصوتية الهواء بسرعة محددة ومعروفة . من الواضح أن هذا الأثير مبرِّر واهي للمشكلة لأنه لا يسبب أي آثار ميكانيكية ملحوظة على الأجسام التي تتحرك فيه (قوى معاكسة أو قوى احتكاك) ، فالأرض مثلاً تقوم برحلتها الدورانية في مدارها حول الشمس بمنتهى الهدوء دون أن تعاني من أي مقاومة وإلا فإنها ستتباطأ في حركتها ثم تسقط على الشمس !. وبالإضافة إلى أن مفهوم الأثير كان غامضاً فقد كان غير مجد لأنه يخالف مبدأ النسبية ، لأن جسماً ما يتحرك في الفضاء بسرعة منتظمة يمكن قياسها نفسها يعني أن الجسم يقوم بحركة غير نسبية .

سواء كان ذلك مرضياً أم لا فقد كانت فكرة الأثير مقبولة ، وحتى في أيامنا هذه

يحلـــو لبعض الناس وصف موجات الراديو بأنها « **موجات الأثير** » وبعض الروحانيين يضـــعون أمامنا ما يسمونه « **الأجسام الأثيرية** » . ولكن إذا عجز الأثير عن التأثير في حـــركة الأجسام فيزيائياً فكيف يمكن أن يتم إثبات وجوده ، ضمن القاعدة العلمية التي تقول أنه يجب عليك أن لا تعترف بأشياء جديدة إلا إذا كان لها آثار فيزيائية ملحوظة ، فمادة غير مرئية لم تظهر إطلاقاً في أي تجربة تم القيام بها هي بالتأكيد مادة فضولية زائدة . ولكن في حالة الأثير فيبدو أنه كان هناك طريقة ما لإظهار وجوده الطيفي ، فعلى الرغم مـــن أنه لا يؤثر على حركة الأرض في الفضاء ولكن له دور رئيسي في انتشار الضوء . لنـــنظر إلى الأرض وهي تسبح في الفضاء بهدوء عبر الأثير بسرعة محددة وباتجاه محدد ، ولتفترض الآن أن حزمتين من الضوء متعاكستين في الاتجاه ، إحداهما متجهة نحو الأرض عـــبر الأثـــير والأخـــرى تنطلق من الأرض في نفس الاتجاه الذي تتحرك فيه الأرض ، ســـتكون ســـرعة الحزمة الضوئية الأولى إذا قيست من الأرض أكبر من سرعة الحزمة الضـــوئية الثانية نظراً لحركة الأرض ، وبالطبع فإن أحداً لا يستطيع أن يعطينا فكرة عن ســـرعة ســـير الأرض في الفضاء (أعني في الأثير) ولكننا نعلم أنها تدور حول الشمس بحوالي مائة ألف كيلو متر في الساعة وسرعةٌ خلال الأثير من هذه المرتبة على الأقل تبدو مناسبة .

في أواخـــر الثمانينـــيات شرع الفيزيائي الأميركي (ألبرت ماكلسون) بمساعدة (ادوارد مـــورلي) بقـــياس ســـرعة الأرض خلال حركتها في الفضاء باستخدام الحزم الضوئية ، وللقيام بهذا العمل ابتكروا وركّبوا جهازاً يفصل الحزمـــة الضوئية الوحيدة إلى حزمـــتين مـــتعامدتين توجَّـــه كل حزمة نحو مرآة لتعود منها ثانية ثم تُجمع الحزمتان المنعكســـتان ثانيةً بحزمة واحدة ويتم فحص الأخيرة بالمجهر . كانت النظرية على النحو الـــتالي : تندفع الأرض خلال الأثير فينـــزلق الأثير مروراً بنا على شكل تيار مستمر ، نحـــن لا نشعر به ولكن الضوء يتأثر به ، فالحزمة الضوئية التي تنطلق بعكس تيار الأثير ستســـير بالنسبة إلى الأرض بسرعة أقل من تلك الحزمة التي تنطلق معه (كما أسلفت سابقاً) ، أما الحزمة الضوئية التي تتعامد مع تيار الأثير فستكون سرعتها بالنسبة للأرض متوسطة بين السرعتين ، وبشكل عام فإن الحزم الضوئية عندما تنطلق وتعود (تنعكس) في اتجاهـــات مخـــتلفة فإنها يجب أن تعود بأوقات مختلفة قليلاً بسبب اختلاف سرعاتها النسبية بالنسبة إلى المختبر .

وبالطبع فقد احتاج (ماكلسون) أن يقيس سرعة تيار الأثير حتى يقارن بين الأزمنة التي تستغرقها رحلات الحزم الضوئية ، وقد فعل ذلك كما يلي ؛ يتألف الضوء من أمواج ، وعندما يتم فصل الحزمة إلى اثنتين تبدأ موجات كل حزيمة من الوضعية الأولية وهي : ذروة مقابل ذروة وحضيض مقابل حضيض فإذا كان زمن ذهابهما وإيابهما سيختلف قليلاً فلن تجدهما عند عودتهما على نفس التقابل ، وفي أسوأ الحالات ستعودان بوضعية : ذروة تقابل حضيض وحضيض يقابل ذروة وسيظهر ذلك التباين عند جمع الحزيمتين معاً وتعمل الذُّرَى على إلغاء نقط الحضيض وتعمل نقط الحضيض على إلغاء الذُّرَى وتكون المحصلة النهائية خفض تركيز الحزمة الضوئية بشكل حاد ، وتسمى هذه الظاهرة « **التداخل الإتلافي أو التدميري** » ، وبمراقبة شدة تركيز الحزمة الضوئية بعد إعادة جمعها وبتدوير الجهاز في اتجاهات مختلفة (لأن المجربين لم يكن لديهم فكرة عن الجهة التي يسير بها تيار الأثير) اعتقد (ماكسلون) وتأمل أن يرصد تداخلاً إتلافياً للضوء وأن يقيس عن طريقه سرعة جريان تيار الأثير وهذا سيقوده إلى إعطاء رقم دقيق عن سرعة الأرض في الفضاء .

تعتبر الآن نتيجة تجربة (ماكلسون - مورلي) حدثاً فريداً في تاريخ العلوم . فقد فشلت التجربة فشلاً ذريعاً في الكشف عن أي شيء حول تيار الأثير ، وبدقة أكثر فقد كانت سرعة تيار الأثير التي لم تظهر بالقياس لا تختلف عن الصفر . فإذا كان هناك شيء يدعى الأثير فستكون الأرض تقريباً ساكنةً فيه وهذا يقتضي أن تكون الشمس والكواكب الأخرى هي التي تدور حول الأرض وهذا يعود بنا إلى النموذج الكوني لما قبل (كوبرنيكس) ، مما جعل الفيزيائيين بعد وقت قصير وبقيادة (آينشتاين) أن **يقرروا ببساطة أن لا وجود للأثير** .

مكتبة
t.me/soramnqraa

(٢-٣) حل في الوقت المناسب

« أحقاً لم تكن هذه ثورة ؟ هل يمكن لأحدنا أن يؤكد أن الزمن أصيل لدرجة أنه كبير على الثورة ؟ من المحتمل أن يكون ذلك أعظم تحول عرفه تاريخ الفكر البشري على الإطلاق » .

(جين أولمو)

كيف يمكن حسب مبدأ النسبية وفي غياب الأثير التوفيق بين سلوك الضوء والظواهر الكهرومغناطيسية الأخرى ؟ هنا وضع (آينشتاين) مأثرته . وقبل أن أصف حله الغريب والثوري لهذا اللغز دعني أتكلم قليلاً عن الطريقة التي فكّر بها (آينشتاين) في المسائل الفيزيائية . لقد كان (آينشتاين) في أعماق شعوره فيزيائياً نظرياً ، فعلى الرغم من معرفته بالطبع بالفيزياء التجريبية فقد كرَّس جزءاً كبيراً من مخزونه العلمي للمحاكمة المجردة ، وليس من الصحيح أنه كان يعلم أو يهتم كثيراً بتجربة ماكلسون - مورلي المشهورة الآن ، فقد ذكر ما يلي فقط عن هذا الموضوع في تقدمته لبحث عام ١٩٠٥ : « المحاولات غير الناجحة للكشف عن أي حركة للأرض بالنسبة لـ "وسط الضوء" »[١] .

لقد وُصف (آينشتاين) بأنه مفكّر « **القمة - الأساس** » والمراد بذلك أنه يبدأ بأرضية محددة وبمبادئ أساسية جوهرية والتي يؤمن تماماً بأنها يجب أن تكون صحيحة في عالم الواقع نظراً لحكمتها الفلسفية وإلزامها المنطقي ، فإذا كانت النتائج غريبة وتتناقض مع الحدس والبديهة فليكن ذلك ، فالجنس البشري ليس لديه ضمانة من الطبيعة الأم بأن أسرارها وقوانينها ستتناغم مع البديهة والحدس البشري العام . لقد كان (آينشتاين) واثقاً جداً بتفوق المحاكمة العقلية البشرية على الملاحظة التجريبية حتى أنه قال عندما سُئل مرةً عن رأيه فيما لو لم يتم إثبات نظريته تجريبياً : « سأشفق على سيدنا الحاكم ، لأن النظرية صحيحة بكل جوانبها »[٢] .

في عام (١٩٠٥) كان (آينشتاين) مقتنعاً أنه يجب المحافظة على مبدأ النسبية مهما كان الثمن ، وقد تأثر كثيراً في هذا الموضوع بأعمال العالِم والفيلسوف النمساوي (إرنست ماك) الذي اشتهر أكثر بسبب إطلاق اسمه على « **أعداد ماك** » التي تحدد السرعات بالنسبة لسرعة الصوت : ينتمي (ماك) إلى ما يسمى المدرسة الفلسفية الإيجابية (الوضعية) والتي تتمسك بمبدأ أن الواقع منوط فقط بالأشياء التي يمكن مشاهدتها أو الكشف عنها بوسيلة ما ، فمن وجهة نظر (ماك) إن كل الحركات يجب أن تكون نسبية (وليس فقط الحركة المنتظمة) . وبناءً عليه فقد تم استبعاد الفكرة التي تقول بأن جسماً ما مثل الأرض يمكن « فعلاً » أن يتحرك خلال فضاء خفي واعتبرت غير ذات معنى ، واستبدل (ماك) ذلك بما يلي : نقول بأن جسماً ما يتحرك بمقارنة

موضعه مع أجسام أخرى وليس بتخيّل انزلاقه خلال العدم .

من جهة أخرى فإن (آينشتاين) لم يكن يريد أن يرفض النظرية الناجحة والجميلة في الديناميك الإلكتروني التي تتضمن تلك القيمة المتفردة الثابتة لسرعة الضوء ، لذلك فقد حقق قفزة جريئة بمحافظته على كلا المبدأين : نسبية الحركة المنتظمة وثبات سرعة الضوء ، كمبدأين أساسيين في بناء وهيكل نظرية جديدة تماماً في النسبية . ويبدو للوهلة الأولى أن هذين المبدأين على تناقض واضح ، فإذا كانت الحركة نسبية فإن النبضة الضوئية يجب أن تملك سرعة تختلف بحسب حركة المراقب ، ولكن عند ذلك لن تكون ثابتة السرعة . كانت الطريقة الوحيدة للتوفيق بين هاتين المقولتين هي التخلي عن مفهوم تم افتراضه بدون مناقشة منذ بداية العلوم وهو : **شمولية الفضاء والزمن** . ومن السهل إيضاح ضرورة اتخاذ هذه الخطوة ، فهي الطريقة الوحيدة التي تمكّن مراقبان يتحركان بالنسبة لبعضهما من رؤية نفس نبضة الضوء تتحرك بنفس السرعة بالنسبة لهما.

دعني أحاول توضيح هذه النقطة بالتفصيل . تخيّل أن لديك مفتاح جهاز ضوئي لحظي يرسل نبضات ضوئية إلى الفضاء فسينطلق الضوء منك بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كم/ثا بالطبع ، اقفز الآن إلى سفينة فضائية وحلّق بها ولنفرض أنك وصلت بهذا الصاروخ إلى سرعة ٢٠٠٠٠٠ كم/ثا بالنسبة إلى الأرض فإن الإحساس العام يقودنا إلى القول بأن النبضة الضوئية ستنطلق منك الآن بسرعة ١٠٠٠٠٠ كم/ثا ، ولكن حسب (آينشتاين) فإن الأمر ليس كذلك ، بل إن النبضة الضوئية ستطلق بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كم/ثا سواء كنت واقفاً على الأرض أو محلقاً في الفضاء ومندفعاً وراء النبضة بسرعة ٢٠٠٠٠٠ كم/ثا ، وستحصل على نفس الإجابة أياً كانت الجملة المرجعية التي ستقيس سرعة النبضة بالنسبة لها : الأرض أم الصاروخ ، فمهما بذلت من الجهد والمشقة لكي تطارد النبضة الضوئية فلن تستطيع تخفيض سرعتها النسبية كيلو متراً واحداً في الثانية . وبشكل مماثل إذا كانت النبضة الضوئية قادمةً نحوك فستمر بجانبك بنفس السرعة سواء كنت ساكناً على الأرض أو منطلقاً باتجاهها بسرعة فائقة . إن الشرط اللازم والضروري لهذا الافتراض هو أن السفينة الفضائية التي تحلّق بها لا تستطيع أن تسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء حيث أنها لكي تفعل ذلك سيتطلب ذلك أن تتجاوز النبضة الضوئية وهذا يتناقض مع الافتراض الذي يقول أن الضوء ينطلق دوماً من الصاروخ بنفس السرعة ،

ولأن المبدأ نفسه ينبغي أن ينطبق على كافة المراقبين والجمل المرجعية فإن نظرية (آينشتاين) تقتضي أنه لا يوجد جسم فيزيائي يستطيع أن يكسر حاجز الضوء .

كيف يمكننا الآن أن نفهم هذه الحالة العبثية التي وصلنا إليها في هذه الأمور ؟ السرعة هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، وبالتالي فإن سرعة الضوء يمكن أن تكون ثابتة ضمن الجمل المرجعية فقط إذا كانت المسافات والفترات الزمنية مختلفة بشكل ما عند اختلاف المراقبين ويعتمد ذلك على حالة حركتهم . إن التقانات العالية لا تهمنا بعد فالرياضيات الأولية كافية فعلاً (مستوى المدارس الثانوية) ، وقد قدم (آينشتاين) في بحثه عام ١٩٠٥ مجموعة من الإجراءات والصيغ ربطت الأطوال والفترات الزمنية التي قيست في جملة مرجعية بقيمها الموافقة (المقابلة) التي رصدت من جملة مرجعية أخرى ، وسأقدم لاحقاً أمثلة واضحة عن كيفية عمل تلك الإجراءات والصيغ .

كانت النتيجة الرئيسية للنظرية النسبية الجديدة إذاً هي التنبؤ أن الزمن والفضاء ليسا كما ادعى (نيوتن) ببساطة موجودين هناك مثبتين مرة واحدة ولجميع المرات بطريقة مطلقة وشاملة يشترك فيها كافة المراقبين ، بل إنهما بأسلوب ما مطواعين مرنين قادرين أن يتمطّا ويتقلّصا تبعاً لحركة المراقب . لقد طلع علينا (آينشتاين) بفكرة ليونة الزمن ومرونة الفضاء بشكل مفاجئ تماماً ، فقد فكّر ملياً ولعدة أشهر في مسألة حركة الجزئيات المشحونة ، وفي يوم من الأيام ذهب لمقابلة (مايكل بيسّو) صديقه العزيز من أيام مكتب براءات الاختراع ليستخدمه كمتلقي أفكار .

وبعد بحث مستفيض مع (بيسّو) وجد (آينشتاين) أنه « استطاع فجأة حل المشكلة » فزار صديقه في اليوم التالي وقال له : « شكراً لك فقد حللت المشكلة بشكل كامل » ، ما قرره (آينشتاين) هو أن مفهوم الإحساس الشامل بالزمن بحاجةٍ إلى استبدال :

« الحل يكمن فعلاً في المفهوم العميق للزمن وهو أن الزمن ليس معرّفاً بشكل مطلق بل إن هناك ارتباطاً وثيقاً وعلاقة تلازمية بين الزمن وسرعة الإشارة (النبضة الضوئية) » .

بعد خمسة أسابيع تم كتابة البحث الأولي وقُدِّم للطباعة والنشر .

هل كان (آينشتاين) مصيباً ؟ لقد كان النجم الثنائي النبّاض بلا شك الفرصة

الأولى لاختبار نظرية (آينشتاين) في النسبية ولكنها كانت من أفضل الوسائل . النبّاض نفسه يتحرك بسرعة تقترب من ٣٠٠٠٠٠ كم/ثا بالنسبة لمرافقه ، والمجموعة ككل تتحرك بسرعة أبطأ بكثير بالنسبة للأرض، لذلك فإن النجم النيوتروني المعني يندفع أحياناً نحونا وأحياناً أخرى بعيداً عنا . وبما أن النبضات الراديوية (الإشعاعية ، الكهربائية) التي ترسلها تنطلق بسرعة الضوء (الضوء والأمواج الراديوية هما أمواج كهرومغناطيسية لهما نفس السرعة) فإن لدينا نموذجاً يجمع بين العناصر الأساسية لتجربة اختبار نظرية (آينشتاين) في النسبية : تغيرات في الحركة النسبية ، وإشارات ضوئية ، وساعات . تؤكد الإشارات أنه حتى بعد رحلتها التي تستغرق ألفاً وخمسمائة سنة فإن النبضات الآتية من النجم عند اقترابه منا لم تستطع أن تسبق تلك النبضات التي تأتي منه عندما يكون في الجزء الآخر من مداره متراجعاً عنا ، مما يؤكد أن سرعة الضوء مستقلة عن سرعة المنبع . إن آثار تشوه الزمن والفضاء التي تنبأ بها (آينشتاين) يمكن قياسها بسهولة بنمذجة دقيقة للأمواج على شاشة الاستقبال . أما تحليل الإشارات فهو أمر معقد لأنها تتأثر بالجاذبية وبالحركة ولكن الفلكيين حصلوا عليها بشكل بياني واستطاعوا أن يحلّلوا آثارها المختلفة ، وكان الحد الأدنى هو أنه تم التحقق من صيغ (آينشتاين) ومراجعتها بدقة تامة ونتج عن ذلك أن الزمن فعلاً نسبي وأنه يمكن كبحه بالحركة .

فاصل (Interlude)

بريد الصباح يقبع مفتوحاً على طاولتي ، لدي نصف ساعة من وقتي الثمين حتى أطالعه . بين رزمة الرسائل العادية والتعميمات والمذكرات لفت نظري ثلاث مخطوطات أُرسلت إليّ من عناوين خاصة ، انكلترا وكاليفورنيا ، واستراليا الغربية ، منظرها كان غير محبب وجميعها مرفق برسائل تبدأ بعبارة واحدة : « على الرغم من أنني لست عالماً ..... » قلّبت صفحات تلك المخطوطات بحذر على الرغم من أنني مثل كل الزملاء أستلم الكثير منها كل شهر ولكنها اليوم متشابهة في الشكل والمحتوى . كانت اثنتين منهما تحتويان على بعض نصوص الرياضيات مكتوبة بخط اليد من مستوى ما قبل المدرسة الثانوية وتحتوي الرسالة نفسها : « آينشتاين أخطأ بها ، ولكنني توصلت إلى الصواب ، أتوسل إليك أن تساعدني لإبلاغ العالم » .

بإمعان النظر أكثر فأكثر يتضح جلياً قلق من يكتبون حول الزمن ، فكيف يمكن

أن يكون أكثر شيء أساسي في حياتنا نسبياً ؟ كان ذلك صلب احتجاجهم لأنه سيقود بالتأكيد إلى تناقض ويؤكد وجود خطأ ما . كانت المخطوطات تحتوي على أشكال بيانية معقدة تبين إشارات مراقبة مع ساعات ، وأسئلة مرتبة حول زمن مَن هو الصحيح ومن منها المضلِّل .

المزعج أن الثقافة الغربية لا تستطيع أن تبدو بعيدةً عن الاعتقاد بأن وجود الزمن هو وجود مستقل فعلاً ، مطلق ، وممنوح من الله . الناس يمكن أن يقبلوا أن الساعات تنجز مهمة طريفة ، وأن العقل البشري يمكن أن يمارس الحيل ولكنهم لا يريدون أن يعزوا هذه الظاهرة إلى الزمن نفسه بسبب الطريقة التي عرفنا الزمن بها وقسناه بواسطتها . هل هذه هي التركة التي جاءتنا من « التعايش مع الساعة » والتي هي ميزة ومعالم مجتمعنا الحالي ؟ في الأيام السالفة تآلف الرجال والنساء على دورات وإيقاعات الطبيعة ولم يكونوا بحاجة إلى ساعات رقمية ليحفظوا مواعيدهم بها . أما جداول أوقات القطارات فهي تحمل الكثير من الإجابات : لقد حملت الدقة العالمية لحفظ الوقت إلى الحياة الشعبية العامة ، فإذا أخطأت ساعتك ثواني معدودة فسيؤدي ذلك إلى فوات فرصة سماع النبأ الرئيسي في أخبار المساء أو عدم اللحاق بقطار المساء (في اليابان على الأقل) .

كلما قرأت وجهات نظر معارضة حول الزمن ، فإنني لا أستطيع أن أتمالك نفسي من التفكير بالفيلسوف البريطاني (هربرت دنجل) الذي كان حادّ المزاج ولكنه كان يحظى بالاحترام والتقدير عموماً . كتب (دنجل) كتاباً عن النظرية النسبية عنوانه: « **النسبية للجميع** » وقد نشر هذا الكتاب في عام (١٩٢٢) وأصبح (دنجل) فيما بعد أستاذاً لتاريخ وفلسفة العلوم في كلية جامعة (لندن) ولابد أنه كان مازال هناك عندما كنت طالباً في قسم الفيزياء من نفس الكلية ما بين عامي ١٩٦٤ و ١٩٧٠ ، ولا أتذكر أنني قابلت البروفسور (دنجل) أبداً كما لا أعتقد أيضاً أنه يتذكر شيئاً من هذا القبيل .

بدأ (دنجل) في أيامه الأخيرة بالشك جدياً في مفهوم (آينشتاين) للزمن ، وقد عانى من بعض الصعوبة في إقناع ثلة غير متجانسة من الأتباع بأفكاره عن سخافة مفهوم الزمن النسبي ، ودأب البروفسور على مهاجمة المؤسسة العلمية في كل مناسبة

بسبب انصياعها لمفاهيم النظرية النسبية ، وأرسل بعض الرسائل إلى المحررين يفند فيها بعض الفقرات العادية والحميدة من النظرية النسبية وقد اغتاظ المحررون من هذه الرسائل فرفضوها ، مما زرع الشكوك في نفس (دنجل) بوجود أخطاء في نظرية (آينشتاين) ولكنها أعيدت له مرفوضة أيضاً ، وترددت على الألسنة تهديدات باتخاذ إجراءات قانونية ، ولكن المعركة انتهت فجأة بسبب وفاة (دنجل) ، ولكن جو الانشقاق والمعارضة الذي قاده (دنجل) بقي حياً ينتشر متقيحاً . أستغرب لماذا ؟ لابد أن (آينشتاين) قد لمس عصباً مكشوفاً .

(٢-٤) الزمن المطاطي (المتمدد)

لأنني فيزيائي نظري ، نادراً ما أجد نفسي أقدم توضيحاً تجريبياً في محاضراتي ولكنني أضطر من وقت لآخر أن أحمل معي جهاز إحصاء الجزيئات المتأينة ، ويكون العرض سهلاً لدرجة أنه لا يحتمل الإخفاق فما عليّ إلا أن أُشغِّل الجهاز ، أرفع مؤشر الصوت وأنتظر ، وسرعان ما يبدأ الحضور بسماع تعاقب عشوائي للاصطدامات ، وهذا كل ما هناك . أخبرهم بالطبع بأن هذا الجهاز يسجل الخلفية الإشعاعية التي ينتج معظمها عن الأشعة الكونية ، وهي عبارة عن جزيئات محملة بالطاقة تأتي من الفضاء وتمطر الأرض بوابل لا ينقطع منها ولا يعرف أحد على وجه الدقة مصدرها ، ولولا أن الغلاف الجوي يعمل كمظلة واقية فإن تركيزها سيزداد وإشعاعها سيتعاظم مما قد يؤدي إلى تدميرنا . تعمل الأشعة الكونية بشكل غير مباشر على حثّ المتعضيات الحية للقيام ببعض التحولات وهذا يساعد على التطور ، فبدونها كان من المحتمل أن لا توجد حياة ولكن زيادتها ستكون ضارة .

على أية حال ، فعندما تصطدم تلك الجسيمات المحملة بالطاقة بنويات الذرات في أعلى الغلاف الجوي فإنها تنتج وابلاً من مخلفات المكونات الذرية بكافة أنواعها يتحلل معظمها بسرعة ومن بين أطولها عمراً تلك الجسيمات التي تسمى « **ميونات** » . الميون (Mion) مثل الإلكترون ولكنه أثقل منه . الميونات لا تتفاعل بقوة فمعظمها يتفاعل على سطح الأرض وبعضها داخل الأرض وبذلك فإن كمية كبيرة من الاصطدامات التي نشاهدها في جهاز إحصاء الجزيئات المتأينة ناتجة عن مرور الميونات .

إن الأهمـــية التي تكمن وراء محاضرتي البسيطة هذه هي فيما يلي : إذا كان لديك وعـــاء مملوء بالميونات التي جمعت للتو من الأشعة الكونية ، فستجد بعد أجزاء قليلة من عـــدة ملايين من الثانية أنها تحللت كلها وتحولت إلى إلكترونات ، وقد ذكرت قبل قليل أنه لا يمكن لأي جسيم مادي أن يكسر حاجز الضوء ، وهذا ينطبق على الميونات كما ينطـــبق على أي شيء آخر فلا تستطيع في سيرها تجاوز سرعة الضوء ، وبما أن الضوء خلال عدة أجزاء من عدة ملايين من الثانية يقطع أقل من كيلو متر واحد فإن الميونات المـــتولّدة عن تصادمات الأشعة الكونية على ارتفاع حوالي عشرين كيلو متراً لا تكون بعـــيدة جداً عن سطح الأرض وباستطاعة جهاز العدّ أن يلتقطهم أحياء ونشطين على سطح الأرض .

ويرتـــبط هذا التوضيح مع ما يسمى **تمدُّد الزمن** فحسب نظرية (آينشتاين) في النسبية فإن الميون عندما يتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء فإن زمنه يتباطأ بشكل كـــبير وبمعـــنى آخر يكبح أو يقيد . في إطار جملتنا المرجعية المرتبطة بالأرض فإن زمن المـــيون المـــتحرك **يمتط** (**يتمدد**) ربما آلاف المرات ، فبدلاً من أن تتحلل خلال بضع ميكروثانية بزمن الأرض فإن تلك الميونات ذات السرعات الفائقة تستطيع أن تعيش لمدة أطـــول تكفي لوصولها إلى الأرض ، وبالتالي فإن الاصطدامات على جهاز الإحصاء هي دليل سماعي على وجود مكابح أو قيود للزمن .

أثناء تفحص الدليل التجريبـــي على أثر **تمدُّد الزمن** ، دُهشت عندما تبين لي أن الاختبار المباشر الأول لم يتم إلا في عام ١٩٤١ أي بعد ما يقرب من ست وثلاثين عاماً من اكتشاف (آينشتاين) لوجود هذا الأثر . وقد تم إنجاز هذه التجربة بالشكل الدقيق الموصوف أعلاه لاختبار الميونات من قبل (برونو روسّي) و (دافيد هول) من جامعة (شيكاغو) في موقعين قرب (دنيفر – كولورادو) . (رزسّي) و (هول) أرادا أن يثبـــتا أن المـــيونات الأســـرع عمرها أطول (كما لوحظ من قبلنا في الجملة المرجعية الأرضـــية) ولإنجـــاز ذلـــك أحضرا مظلات معدنية ذات قدرات إيقاف مختلفة لتلتقط المـــيونات البطيئة ثم يتم التقاط الميونات التي تبقى حيةً على مستويين مختلفين باستخدام مجموعـــة مـــن عدادات الجزيئات المتأينة . لقد كانا قادرين على أن يبيّنا أن الجزيئات البطيـــئة – والتي يُشار إليها باسم **ميوزون** أو **ميزوترون** – تتحلل بشكل أسرع بثلاث مرات من الجزيئات السريعة . وقد تم إنجاز هذا العمل الرائد بشكل جيد بعدما تعمقت

مفاهيم النسبية الخاصة ودرست باستفاضة ومرور وقت طويل على قبولها في المجتمع الفيزيائي . إن علاقة (آينشتاين) الشهيرة [$E = mc^2$] المعروفة باسم جداء النظرية النسبية والتي تم التيقن منها بحلول عام ١٩٤١ شكلت فعلاً أساس القنبلة الذرية المتين وكانت ما تزال تحت الدراسة في بريطانيا .

بالطبع فإن الآخذين بمبدأ الشك لن يقتنعوا بفكرة **تمدد** أو **امتطاط** الزمن من مجرد بعض الاصطدامات في عداد الجزيئات المتأينة ، فأنت بحاجة إلى دلائل أخرى ، وقد كان (دنجل) واحداً من أولئك الذين لم يتأثروا بالتجارب فقد قال بجرأة : « لا أظن أن (آينشتاين) قد اعتبر أن الملاحظات على تلك الأشعة الكونية يمكن أن تكون دليلاً على نظريته » . وقد نشر (دنجل) عام ١٩٧٢ كتاباً عنوانه : «العلم على مفترقات الطرق» كرَّسه بالكامل للتقليل من شأن الزمن بمفهوم (آينشتاين) ، وشنّ فيه هجوماً مؤلماً ولاذعاً على الإيمان بأثر تمدد الزمن بشكل خاص وعلى نفاق المؤسسة العلمية بشكل عام ، وأحد مقولاته الغاضبة : « من المستحيل أن نصدّق أن رجالاً يملكون ذكاءً وإبداعاً ليصلوا به إلى ما يقارب المعجزات في التكنولوجيا الحديثة يمكن أن يكونوا بهذا الغباء » . إن أحد « الرجال » الذين استفزوا (دنجل) لم يكن سوى العالِم البارز (لورنس براج) الحائز على جائزة نوبل والذي شغل إلى حين مدير مختبر (كافانديش) في (كامبردج) ورئيس المعهد الملكي في (لندن) . لقد كان (براج) فيزيائياً منهجياً هادئاً من أستراليا وقد درس في جامعة (أديليدا) حيث أعمل أنا الآن ولكنه هاجر عام ١٩٠٨ إلى انكلترا . لقد طوّر (براج) مع والده (وليم هنري براج) طريقة هامة لتحليل الهيكل البللوري بواسطة **الأشعة السينية** (**أشعة** – X) والتي حللت بشكل لا يقدر بثمن التركيب البللوري وفيما بعد كشفت هياكل الجزيئات المعدنية . مسكين السيد (براج) فقد كان مقهوراً وطائشاً بنظر (دنجل) لأنه أشار إلى الحقيقة التي تقول أن الأشعة الكونية التي تبدو للمراقبين على سطح الأرض أنها قد بلغت مداها بوصولها إلى سطح الأرض . وقد وصل الحنق والغيظ بـ (دنجل) إلى أن يعترض بشدة على خطأ (براج) الأساسي مشيراً إلى سهولة الوقوع بخطأ استخدام كلمات مثل : « **الكتلة** » و « **الطول** » و « **الزمن** » في الجزيئات الافتراضية بنفس المعنى في حياتنا اليومية . فها هو ذا يقول مصححاً : « لقد نسي الفيزيائيون أن عالمهم تشبيهي وهم يفسرون الألفاظ بشكل حرفي »[٦] .

يجب الاعتراف بأن عدداً من غير العلماء شاركوا (دنجل) شكوكه حول استنتاجات أساسية جدية في مجموعة من المحاكمات الرياضية والتي تتعلق بشكل رئيسي بـ : « الافتراضات » الخاصة بالجزيئات التي لا يمكن مشاهدتها والتي يمكن التحري عنها فقط بالتقنيات المعقدة ، فقالوا بأنه إذا كان الزمن يتمدد فعلاً دعونا نشاهده في ساعات حقيقية . ولحسن الحظ فإنه قبل هجوم (دنجل) الواسع والعنيف استطاع فيزيائيان أميركيان إنجاز ذلك .

في تشرين الأول (أكتوبر) من عام ١٩٧١ رتّب (ج. س. هافل) من جامعة واشنطن في (سانت لويس) بالتعاون مع (ريتشارد كيتنغ) استعارة أربع ساعات ذرية من مرصد البحرية الأميركي حيث كان يعمل (كيتنغ) ، وقد كانت تلك الساعات من النوع الذي يعمل بقضبان السيزيوم صنعتها شركة (هيولت – باكارد) المعروفة ومهيأة لتعطي إشارات زمننا اليومي ، واعتقد أنه لا يمكن إعطاء (دنجل) أكثر من تلك اللغة « اليومية » . حمل (هافل – كيتنغ) هذه الساعات معهم في طائرة تجارية وطاروا بها ببسالة حول العالم ، مرةً باتجاه الشرق ومرةً نحو الغرب . وحيث أن الطائرة تسير بسرعة تقل عن جزء من المليون من سرعة الضوء فقد كان كبح الزمن على متنها قليل بالفعل حيث بلغ ميكروثانية واحدة تقريباً خلال يوم من الطيران ولكن هذا التباطؤ الصغير جداً كان ضمن إمكانيات الساعة الذرية لرصده ، وبغض النظر عن الرعب الذي زرعته التجربة في قلوب المسافرين وذهول رجال الجمارك فإن التجربة أفضت إلى النتائج التالية . في الرحلة المتجهة إلى الشرق عادت الساعات الأربعة إلى أميركا وقد تباطأ زمنها بمقدار (٥٩) نانوثانية (نانوثانية تساوي جزء من مليار جزء من الثانية) بالنسبة إلى الساعات الذرية العيارية المحفوظة في المرصد ، أما أثناء الرحلة المتجهة إلى الغرب فقد تقدم زمن الساعات الأربع بمقدار (٢٧٣) نانوثانية . إن السبب في الفرق بين الرحلة إلى الشرق والرحلة إلى الغرب كما أشار (آينشتاين) في بحثه الأصلي هو أن دوران الأرض يسبب تمدداً في الزمن أيضاً ، وعندما يزال تأثير دوران الأرض فإن تمدد الزمن الناتج بسبب حركة الطائرة يؤكد علاقة (صيغة) آينشتاين .

إن العلاقة المذكورة سهلة ويمكن وضعها للقراء المهتمين على النحو التالي ،

بإمكانك أن تأخذ سرعة المتحرك وتُقسمها على سرعة الضوء ثم ربِّع الناتج واطرحه من الواحد وأخيراً خذ الجذر التربيعي(*) ، وكمثال على ذلك لنفترض أن السرعة ٢٤٠٠٠٠ كم/ثا وبقسمتها على سرعة الضوء نحصل على ٠,٨ ومربع هذا الرقم هو ٠,٦٤ وعندما نطرحه من الواحد نحصل على ٠,٣٦ وبأخذ الجذر التربيعي له يكون الجواب ٠,٦ ، إذاً فعندما تكون السرعة ٢٤٠٠٠٠ كم/ثا أي ٨٠ بالمائة من سرعة الضوء فإن الساعات تتباطأ بنسبة مقدارها (٠,٦) وهذا يعني أنها تمضي بنسبة ٦٠% من معدلها الطبيعي أي أنها تعاني من تأخير (تقلص) مقداره ٣٦ دقيقة في الساعة . لقد اخترت هذه الأرقام لأنه يمكنني إنجاز حساباتها ذهنياً .

المشكلة في الساعات العادية ، وحتى الساعات الذرية أنها ثقيلة ومعقدة ، وبمجرد أن تقرر القبول بوجود أثر فعلي لتمدد الزمن يمكن أن تؤمن بأن الأشعة الكونية والجزيئات الأخرى ذات السرعات العالية تتميز بالصفات التي ذكرتها آنفاً . وبكلمات أخرى وبصرف النظر عن ما قاله (دنجل) فإنه يمكننا اللجوء إلى المفردات المستخدمة في حياتنا اليومية مثل « ساعة » و « زمن » وتطبيقها بشكل يُعتمد عليه على تلك الكائنات الذرية المرصودة بشكل غير مباشر . وبذلك يصبح من المعقول اللجوء إلى اختبار علاقة (آينشتاين) باستخدام الميونات أكثر من الساعات الذرية نظراً للسرعات العالية والدقة البالغة التي يمكن الوصول إليها . في عام ١٩٦٦ تمكّن فريق من الفيزيائيين في مختبر تسريع الجزيئات الأوروبي قرب (جنيف) والمعروف بـ (CERN) ، تمكنوا من إنتاج بعض الميونات الصناعية وحقنها في أنبوب تسريع دائري الشكل حيث تم تدويرها بسرعة وصلت إلى ٩٩,٧ بالمائة من سرعة الضوء . وقد أدى ذلك إلى امتطاط زمنها حوالي اثني عشر مرة تقريباً بالنسبة لزمن المختبر وبالتالي فقد عاشت لمدة بلغت اثني عشر ضعفاً للمدة التي تعيشها عادة وهي ساكنة . وهذا يعني أيضاً أن درجة الضبط التي وصل إليها التحقق من صحة علاقة (آينشتاين) عن **امتطاط الزمن** بلغت ٢% ضمن طبيعة التجربة المحكمة ، وبهذا فهي تعطي الجواب الصحيح . في عام ١٩٧٨ تم

(*) العلاقة كما يلي : $\frac{T}{t} = \sqrt{1-(\frac{v}{V})^2}$ حيث $\frac{T}{t}$ نسبة الزمن في حالة الحركة إلى الزمن العياري المفترض أنه في حالة السكون ، $\frac{v}{V}$ هي النسبة بين سرعة المتحرك وسرعة الضوء . (المترجم)

تطويـــر وتحسين وسائط التجربة فأجريت على ميونات تتحرك بسرعة أقرب إلى سرعة الضوء من تلك وتم زيادة مدة حياتهم بذلك بمقدار تسع وعشرون مرة .

لا تحمـــل التجارب أي ظلال للشك ، فالساعات تتأثر بالحركة ولكن لماذا يصرّ الفيزيائـــيون على الاستنتاج بأن الزمن **يتوسع (يمتط)** ؟ الجواب البسيط هو أن الزمن (بالنسبة للفيزيائيين على الأقل) هو ذلك الزمن الذي يُقاس بواسطة الساعات . بالطبع ، وحـــتى نكون منطقيين يجب أن نفترض بأن جميع الساعات تتأثر بالحركة بنفس المقدار تماماً وإلا فسنكون ميالين إلى أن نعزو التأثر إلى الساعة وليس إلى الزمن نفسه . حسناً ، إذاً نســـتطيع الآن أن نفـــيد بـــأن جميع الساعات تتأثر بنفس الطريقة والمقدار (بما فيه النشـــاط الدماغي والمحاكمة للمراقبين البشر) ويجب أن يكون الأمر كذلك إذا تم تعليق مبدأ النسبية أو إذا كنا لا نملك وسائل لتحديد فيما إذا كانت بعض الساعات تتأثر أم لا لأن الساعات التي تتأثر بشكل مختلف بالحركة ستخرج عن التزامن .

إذا أردت أن تسقط ذلك المبدأ فكل المراهنات بعد ذلك خاسرة .

٢-٥ لغز التوائم

حـــتى الآن مـــازال الوضع جيداً ، ولكن الآن سنواجه لغزاً ، إذا كانت حركة الســـاعات نســـبية فمن المؤكد بالتالي أن امتطاط الزمن نسبي أيضاً . لنفترض أن لدينا ساعتين A و B كل واحدة منهما في حُجر مراقب بشري يتحركان بالنسبة لبعضهما . في الإطـــار المـــرجعي لـــ : A فإن الساعة B هي التي تتحرك وبالتالي فهي تتباطأ بتأثير مـــرونة الـــزمن . ولكن في الإطار المرجعي للساعة B فإن الساعة A هي التي تتحرك وبالتالي فهي التي تسير ببطء ، أي أن كلاً من المراقبين يرى أن الساعة الأخرى هي التي تتباطأ ، كيف يمكن أن يكون ذلك ؟ إنه يبدو تناقضاً . إذا كانت A تسير ببطء فيجب أن تكـــون متأخرة عن B ، ولكن إذا سارت B ببطء فإن A يجب أن تتقدم بالنسبة إلى B ، فكيف يمكن أن تكون A متأخرة ومتقدمة عن B في نفس الوقت ؟

بإيجـــــاز ، لقد كانت هذه العقبة هي التي استعصت على (دنجـــل) ، فقـــد علّـــق عـــلى ذلك بعناد : « لا يتطلب الأمر كثيراً من الذكاء لكي نكتشف أن "ذلك" مستحيل »[٧] .

غالباً ما تدعى هذه المسألة « **تناقض التوائم** » أو « **مفارقة التوائم** » بسبب الطريقة التالية في التعبير عنها . تصور توأمين آية وشهد . تقلع شهد في صاروخ يندفع بسرعة قريبة من سرعة الضوء وتعود إلى الأرض بعد بضع سنوات ، آية بقيت مقيمة على الأرض . إن زمن شهد يتباطأ إذا نُظر إليه من الأرض ، لذلك فعندما تعود إلى الأرض فإن آية ستبدو أكبر منها . ولكن إذا كنا نراقب من الصاروخ فإن الأرض هي التي تتحرك وبالتالي فإن زمن آية هو الذي سيتباطأ وعند عودة شهد إلى الأرض ستكتشف أنها هي الأكبر . بالطبع أن كلا الأمرين لا يمكن أن يكون صحيحاً ، فعندما يلتقي التوأمان مرة أخرى فإن شهد إما ستكون أكبر أو أصغر من آية ولكن ليس الاثنين معاً . ذلك هو الادعاء بوجود تناقض التوائم .

في الحقيقة لا يوجد تناقض ، فسرعان ما أوضح (آينشتاين) ذلك ، حيث أنه كان أول من أثار مسألة التوائم في بحثه الذي ناقشه عام ١٩٠٥ ، ويكمن الحل في الحقيقة أن المشهدين لكلٍ من آية وشهد ليسا متناظرين تماماً . لأنه ينبغي على شهد لكي تنجز رحلتها أن تتسارع أولاً مبتعدة عن الأرض ثم أن تسير بسرعة منتظمة لفترة ما ، وبعد ذلك تتباطأ وتتحول باتجاه الأرض وتتسارع ثانية وتسير بسرعة منتظمة لفترة أخرى من الوقت ثم تتباطأ مرة أخرى لتهبط أخيراً على الأرض . أما آية فقد حافظت على وضعها على الأرض . إن تغيرات طبيعة حركة شهد من تسارعٍ وتباطؤ وانتظام وعودة كسرت التناظر بين المشهدين . تذكر دائماً أن مبدأ النسبية ينطبق على الحركات المنتظمة وليس على الحركات المتسارعة أو المتباطئة ، فالتسارع أو التباطؤ مطلق وليس نسبي . عندما يتم أخذ ذلك بعين الاعتبار فإن شهد هي التي تكبر ببطء وعند عودتها إلى الأرض ستجد آية أكبر منها .

من المهم أن ندرك أمرين ؛ أولهما أن أثر التوائم هو أثر فعلي وليس مجرد تفكير نظري ، ثانيهما أنه لا يمكن عمل شيء حيال أثر الحركة على عملية التقدم بالعمر . يجب أن لا تتخيل أن السنوات التي قضتها شهد في الصاروخ كانت سهلة نوعاً ما نظراً لكونها متحركة ضمن الفضاء . لنفترض جدلاً أن شهد غادرت الأرض عام ٢٠٠٠ وعادت عام ٢٠٢٠ ، فإن آية سيمر عليها عشرون عاماً خلال غياب شهد ونتيجة لذلك فهي ستكبر بمقدار عشرين عاماً ، فإذا كانت شهد تسير بسرعة

٢٤٠٠٠٠ كـــم/ثـــا فإن رحلتها حسب علاقة (آينشتاين) ستستغرق فقط اثني عشر عاماً بالنسبة لإطارها المرجعي فهي ستعود إلى الأرض بعد أن يمر عليها اثنا عشر عاماً ، أي أنهـــا ستكون قد كبرت بمقدار اثنا عشر عاماً عندما تكون الأرض عند ذلك في عام ٢٠٢٠ ، ويمكن أن تندهش كيف أن عشرين عاماً قد انقضت على الأرض خلال الاثني عشر عام التي غابتها ولكن تقدم أختها في السن سيؤكد لها ذلك .

إن أفضـــل طريقة لمراقبة تجربة التوائم هي استخدام الأحداث ، هنا يوجد حدثين محددين : مغادرة شهد من الأرض ، وعودتها إلى الأرض . إن آية وشهد يجب أن تتفقا مـــتى وقع هذين الحدثين حيث أنهما شاهداهما مع بعض . بالنسبة لآية فإن عشرين سنة تفصل بين الحدثين ، أما بالنسبة لشهد فإن ما يفصل بين الحدثين هو اثنا عشر عاماً فقط . ليس هناك عدم توافق بين المقولتين إلا إذا فكرنا بطريقة (دنجل) ، ينبغي عليك فقط أن تقـــبل بأن مراقبين مختلفين يشعران بمرور فترتين مختلفتين من الزمن بين نفس الحدثين . ليس هناك فرق ثابت في الزمن بين الأحداث ، ليس هناك فترات « **حقيقية** » بل هناك فقـــط فـــروق زمـــن نسبية . هناك زمن آية ، وهناك زمن شهد وهما غير متساويين ، وليســـت أحدهما على حق والأخرى على خطأ في تقديرهما لفروق الزمن ، فقط إنهما تختلفان عن بعضهما في ذلك التقدير .

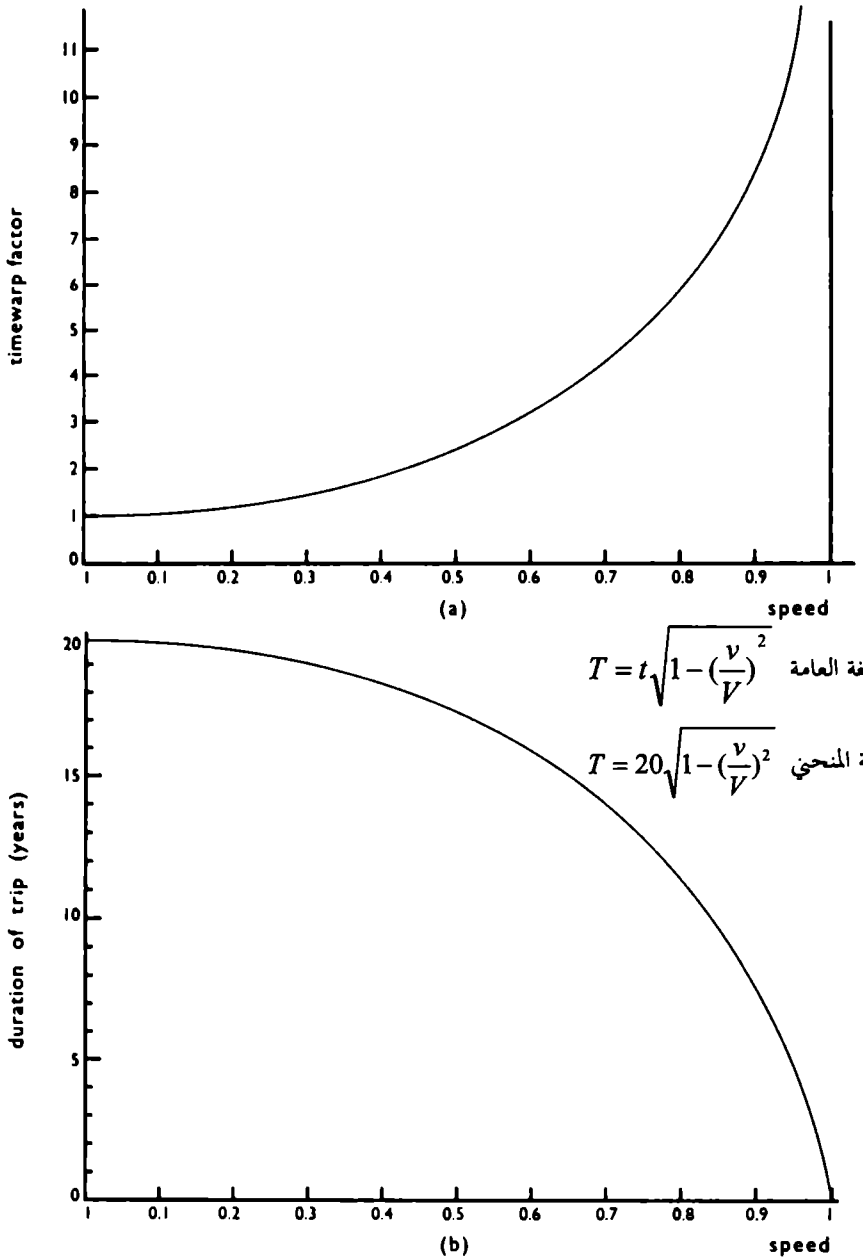
دعـــني أحاول أن أعطيك إحساساً أفضل بالأرقام ، افترض أنت عزيزي القارئ أنـــك دعيـــت بحرارة للقيام بهذه الرحلة في الصاروخ فغادرت عام ٢٠٠٠ وعدت عام ٢٠٢٠ ، وقـــد أعطيـــت حرية الاختيار حول مدى العجلة التي تود فيها أن تعود إلى الأرض لتجدها في عام ٢٠٢٠ حيث سيحدد ذلك مقدار سرعتك بالنسبة للأرض ، إذا كـــان سيسعدك أن تفعل ذلك خلال عشر سنوات فقط (وكأنك ترى العشرين عاماً عشـــرة أعوام فقط) فعليك أن تسافر بسرعة تبلغ ٨٦ بالمائة من سرعة الضوء ، أما إذا رغبـــت بتقلـــيص الفترة إلى سنتين فقط فينبغي أن تصل سرعتك إلى ٩٩,٥ بالمائة من سرعة الضوء . لقد وضحت في المخطط البياني على الشكل (٢-١) العلاقة الوثيقة بين تلـــك العوامل والسرعة . لاحظ كيف أنه كلما اقتربت سرعتك من سرعة الضوء فإن مـــدة رحلـــتك بين العام ٢٠٠٠ الأرضي والعام ٢٠٢٠ الأرضي ستكون أقصر ، أما المـــيونات الموجـــودة في الأنبوب الأسطواني في (CERN) فيمكنها أن تقوم بها خلال

بضعة أشهر إذا كان بإمكانها أن تعيش تلك الأشهر .

[مهلاً ، هناك احتجاجات وشكوك خفية من مؤيدي (دنجل) في هذا العالم ، دعنا نشارك الإحساس العام . لنفترض أنك قمت فعلاً بهذه الرحلة الصاروخية فماذا يمكن أن ترى فعلاً ؟ هل ستبدو الساعة على الأرض وكأنها تدور ببطء أم بسرعة ؟ أم ماذا ؟ كيف يمكن للساعات أن تعرف أن الصاروخ سيتحول عائداً إلى الأرض حيث يكسر بذلك التناظر ؟ أي ساعة عندها ستكون هي الصحيحة ؟]

من الملاحظ أنه وبعد أن انقضى ما يقرب القرن على اكتشاف (آينشتاين) لنسبية الزمن ، فإن الناس مازالوا مشغولين بهذه الفكرة ومازال بعضهم يثير نفس الاعتراضات ، وخاصة من غير العلماء الذين ببساطة لم يصدقوا الفكرة حتى عندما تقدم لهم شرحاً وافياً عنها . لذلك دعنا نلقي نظرة جادة فعلاً على مثال محدد لنوضح ونبيّن المسألة مرة واحدة وللجميع ، وإذا كنت لا تحب المناقشة التقانية فأقترح أن لا تكمل قراءة بقية هذا الفصل . على أية حال فقد تم تضمين حسابات بسيطة هنا مع بعض الخيال .

سوف تغادر شهد الأرض في عام ٢٠٠٠ بواسطة صاروخ إلى نجم يبعد عن الأرض مسافة ثمانية سنوات ضوئية (كما قيس حسب الإطار المرجعي للأرض) بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كم/ثا ، ولإبقاء المجاميع سهلة سوف أُهمل الفترات التي يقضيها الصاروخ في التسارع والتباطؤ (أي أنني سأعتبر الفترات لحظية) ، كما أنني سأفترض أن شهد لن تضيع أي زمن للتجول على سطح النجم عند وصولها إليه . إن الوصول إلى ٨٠ بالمائة من سرعة الضوء خلال فترة مهملة ، يتطلب تحقيق تسارع هائل يمكن أن يؤدي إلى هلاك الإنسان العادي ، ولكن ذلك عَرَضي في هذا التصور ، وبإمكاني بسهولة عرض معالجة صحيحة وأكثر واقعية حول إدخال التسارع في الحساب ولكن ذلك سيكلفنا زيادة الحسابات تعقيداً دون أن يؤدي إلى تغيير النتائج بشكل مؤثر .



الشـــكل (٢-١) : أثـــر تمدد الزمن المخطط (a) : يبين عامل كبح الزمن (أي العامل الذي يعطي مدى تباطؤ الســـاعة) كتابع للسرعة التي تم التعبير عنها بكسر من سرعة الضوء . من أجل السرعات البطيئة يكون عامل كبح الزمن صغيراً ولكن عندما تقترب السرعة من سرعة الضوء فإن العامل يقفز إلى أعلى المخطط حيث يصل إلى اللانهاية عـــند الوصـــول إلى سرعة الضوء نفسها . المخطط (b) : يوضح كيفية تغير مدة الرحلة عند مراقبتها من الصاروخ حيث أنها تنقص كلما زادت السرعة ، علماً بأن الرحلة تستغرق عشرين عاماً أرضياً إذا لوحظت من الأرض .

دعـــني أولاً أحســـب المدة الكلية للرحلة كما تنبأ بها (آينشتاين) لكل توأم . عندما تكون السرعة ٨٠ بالمائة من سرعة الضوء فإن شهد ستأخذ عشر سنوات لتقطع مســـافة الثمانية سنوات الضوئية وبالتالي فإن آية ستجد أن شهد عادت إلى الأرض في العـــام ٢٠٢٠ الأرضي ، وستوافق شهد عند عودتها أن الأرض في عامها الـــ : ٢٠٢٠ ولكـــنها ستصر أن اثني عشر عاماً فقط انقضت بالنسبة لها ، وساعتها الصاروخية التي أقتت وضبطت قبل الإقلاع مع ساعة آية الأرضية التي تشبهها تماماً - وكلاهما ساعات ذرية عيارية - تؤكد هذا الوضع حيث أنها سجلت ٢٠١٢ على شاشتها .

لنفترض الآن أننا زوَّدنا التوأمين بتلسكوبات ذات قدرة فائقة بحيث تستطيع كل مـــنهما مراقبة ساعة الأخرى أثناء الرحلة وأن يتحققا بنفسيهما عما يجري . ساعة آية الأرضـــية تـــدق مـــتقدمة بانتظام وعندما تنظر شهد إليها من خلال تلسكوبها بعد أن انطلقـــت وأخذت سرعتها في الفضاء فإنه ينبغي حسب (آينشتاين) أن تشاهدها تسير بمعـــدل ٦٠% من ساعتها ، بعبارة أخرى فإنه خلال ٦٠ دقيقة من زمن الصاروخ من المفـــترض أن ترى شهد الساعة الأرضية قد تقدمت بمقدار ٣٦ دقيقة فقط ، وفي الواقع ســـتجدها أبطـــأ من ذلك أيضاً والسبب في ذلك هو وجود عاملٍ إضافي ليس له علاقة مباشـــرة بالنســـبية وعادةً ما يستبعد هذا العامل في المناقشات التي تدور حول « تناقض الـــتوائم » . وإذا كنت تريد أن يكون ما يراه التوأمين معقولاً ومنطقياً فمن الضروري والحيوي أن تضمِّن هذا العامل الإضافي .

دعني أوضح السبب وراء هذه المشاهدات الإضافية ، عندما تنظر شهد خلفها إلى الأرض فهي لن تراها كما هي في تلك اللحظة ولكن كما كانت عندما غادرها الضوء قبل فترةٍ ما تمثِّل الزمن الذي يستغرقه الضوء ليصل من الأرض إلى الصاروخ وهذا الزمن ســـيزداد باضـــطراد كلما ازداد الصاروخ توغلاً في الفضاء ، وبناءً على ذلك فإن شهد ســـوف ترى الأحداث على الأرض متأخرة أكثر فأكثر مع مرور الوقت بسبب حاجة الضوء لتغطية الفجوة المتزايدة اتساعاً بين الصاروخ والأرض . مثلاً بعد مرور ساعة على إقـــلاع شهد (كما قيس ذلك من الأرض) سيكون بُعد شهد عن الأرض ٠,٨ ساعة ضـــوئية (٤٨ دقـــيقة ضوئية) ، فهي ترى ما كان يحدث على الأرض قبل ٤٨ دقيقة وهذا هو الزمن اللازم للضوء الذي يحمل الصور القادمة من الأرض للوصول إلى الموقع

مـــن الرحلة الذي تكون شهد قد وصلت إليه (وذلك حسب قياسه في الإطار المرجعي لـــلأرض) ، وعلى وجه الخصوص فإن ساعة آية سوف تبدو لشهد متأخرة وبطيئة في كـــل الأحـــوال بغض النظر عن نظرية النسبية . بعد ساعتين من الطيران ستبدو ساعة الأرض لشهد أنها تبطئ أكثر فأكثر . إن هذا التباطؤ « **العادي** » الذي تعانيه الساعات والأحـــداث بشـــكل عـــام وكما يشاهده مراقب متحرك يسمى « **تأثير دوبلر** » أو « **ظاهـــرة دوبلر** » نسبةً إلى الفيزيائي النمساوي الذي كان أول من استخدمه لوصف خاصـــية الأمـــواج الصوتية . بإضافة تأثير (دوبلر) على تأثير تمدد الزمن تحصل على العامل الإجمالي للتباطؤ .

إن آية سوف تلاحظ أيضاً تباطؤ ساعة صاروخ شهد بتأثير (دوبلر) لأن الضوء من الصاروخ يحتاج وقتاً أكثر فأكثر ليعود إلى الأرض ، وهي سترى بالإضافة إلى ذلك أن شـــهد قد تباطأت بسبب تأثير تمدد الزمن ، وبالتناظر تجد أن عامل التباطؤ الإجمالي للساعة الأخرى سيكون نفسه كما في الأولى .

دعـــني الآن أحسب **عامل التباطؤ** الإجمالي أولاً من وجهة نظر آية ثم من وجهة نظـــر شـــهد ، وللقيام بذلك سوف أركز على الحدث الأساسي وهو وصول شهد إلى الـــنجم والـــذي سيستغرق عشر سنوات إذا قيس من الأرض ولكن آية لن تشاهد في الواقع وصول شهد إلى النجم عام (٢٠١٠) لأنه في هذه المرحلة ستكون شهد على بعد ٨ ســـنوات ضـــوئية من آية وبالتالي فإن الضوء سيستغرق ثمانية سنوات إضافية ليحمل صـــورة هذا الخبر إلى الأرض ، ولن تتمكن آية من مشاهدة وصول آية (بالرؤيا) إلى النجم قبل عام (٢٠١٨) .

ما هو زمن حدث الوصول المسجل على ساعة شهد ؟ علاقة (آينشتاين) تخبرنا أن ســـاعة شـــهد تسير بسرعة ٠,٦ من سير الزمن في الساعة الأرضية ، فمرور عشر ســـنوات مـــن زمن الأرض يقتضي مرور ست سنوات في الصاروخ إذا فستشير ساعة الصاروخ إلى ست سنوات عند وصول شهد إلى النجم ، وهذا يعني أنه عندما تشهد آية هـــذا الوصول من الأرض عام ٢٠١٨ تكون ساعة الصاروخ في عام ٢٠٠٦ ، أي **طالما أن مراقـــبة الـــرؤية عـــلى ساعة الصاروخ هي المعنية** فإن آية عندما تنظر إلى ساعة الصـــاروخ ســـتجد أن ٦ ســـنوات فقط قد انقضت حتى وقوع الحدث الذي شاهدته

بنفسها من الأرض يقع بعد ١٨ سنة ، وبعبارة أخرى ، فبالنسبة لها تكون ساعة الصاروخ سائرة بثلث معدل سير ساعتها على الأرض . الآن آية قادرة تماماً على حل مسألة تمدد الزمن وتأثير (دوبلر) ثم حساب معدل سير ساعة شهد حيث أنها أدخلت عامل تأخر الضوء ، وستجد أن الجواب هو ٠,٦ حسب علاقة (آينشتاين) وبالتالي فإن آية ستستنتج (وليس من الضروري أن ترى) أنه خلال رحلة شهر إلى النجم كانت ساعة صاروخها تسير بمقدار ٣٦ دقيقة كلما سارت ساعتها هي بمقدار ٦٠ دقيقة .

من منظور شهد فإن الأشياء تبدو بشكل مماثل تقريباً ، إنها توافق طبعاً على أن سرعتها أشارت إلى ٢٠٠٦ عندما وصلت إلى النجم ولكن في أي وضعية ستشاهد ساعة الأرض عند تلك اللحظة ؟ نحن نعلم أنه ضمن الإطار المرجعي للأرض فإن حدث الوصول سيتم عام ٢٠١٠ ولكن نظراً لأن النجم يبعد ثماني سنوات ضوئية عن الأرض فإن الضوء الذي سيصل إلى النجم في تلك اللحظة يكون قد غادر الأرض قبل ثماني سنوات أي عام ٢٠٠٢ ولذلك فإن شهد عندما تنظر خلفها إلى الأرض عند وصولها إلى النجم ستنظر إلى الساعة الأرضية فتجدها ٢٠٠٢ ، بينما ساعتها تشير إلى ٢٠٠٦ ، لذلك فإنه **طالما أن مراقبة الرؤية على ساعة الأرض هي المعنية** فإن تلك الساعة ستسجل انقضاء سنتين مقابل الست سنوات المسجلة على ساعة شهد ، وستستنتج شهد أن ساعة الأرض كانت سائرة بثلث معدل سير سرعتها في الصاروخ خلال رحلة الذهاب إلى النجم ، وهذا هو نفس العامل الذي استخرجته آية لتحدد به مقدار تباطؤ ساعة شهد ، فالحالتان في الواقع على تناظرٍ تام . وبشكل مشابه أيضاً تستطيع شهد أن تحل مسألة تأثير دوبلر من تأثير تمدد الزمن واستنتاج أن ساعة آية كانت سائرة فعلاً بمعدل ٠,٦ من ساعتها هي .

بدون تأخير ، باشرت شهد في رحلة العودة ، ولأنها في هذه المرة تقترب من الأرض (لا تبتعد عنها) فإن تأخر الضوء (أعني تأثير دوبلر) سيعمل بعكس عمل تأثير تمدد الزمن ، فالأول يجعل الأحداث تظهر متسارعة بينما مازال الثاني يعمل على إبطاءها ، وعندما نستعمل الأرقام . أولاً ، ماذا سترى آية أثناء تقدم شهد باتجاه الأرض ؟ بما أننا اتفقنا أن شهد ستعود إلى الأرض في عام ٢٠٢٠ وأن آية في الواقع ستشاهد أن شهد وصلت إلى النجم في عام ٢٠١٨ فإن رحلة العودة التي تصور اقتراب الصاروخ

مـــن الأرض ســـتبدو إلى آية أنها انضغطت إلى عامين فقط من زمن الأرض ، وقد سبق وحددنـــا أنه في عام ٢٠١٨ وعندما شاهدت آية ساعة شهد في موقع منتصف الرحلة (أي عندما وصلت إلى النجم) وجدتها تشير إلى ٢٠٠٦ وعندما تصل شهد إلى الأرض فســـوف تشير ساعتها إلى ٢٠١٢ . إن العامين الأرضيين الذين ستجد آية أن الصاروخ قـــد عاد إلى الأرض خلالهما ستشاهد مقابلهما أن ساعة الصاروخ سجلت مرور الـــ : (٦) ســـنوات المتبقية لرحلة العودة ، وبعبارة أخرى فإن آية سترى ساعة شهد (خلال رحلة العودة) تسير أسرع من ساعتها المقيدة بالأرض بثلاث مرات . هذه نقطة أساسية، فأثـــناء رحلـــة العودة تظهر ساعة الصاروخ من الأرض أنها أسرعت وليس تباطأت ، وهكذا فإن تأثير دوبلر هنا يهزم (يقضم) تأثير تمدد الزمن .

ومـــرة أخـــرى ســـنجد آية قادرة على تفكيك أثر تمدد الزمن وأثر تأخر الضوء وتستدل أن ساعة الصاروخ تسير فعلاً بمعدل (٠,٦) من ساعتها ، أي أنه على الرغم من أن ساعة الصاروخ تظهر آية وكأنها تسرع ولكنها ستهتدي أنها تسير ببطء فعلاً بنفس معدل التباطؤ وهو (٠,٦) الذي كان خلال رحلة الذهاب . لذلك وعلى الرغم من أن المشـــاهدة الظاهـــرة لساعة الصاروخ مختلفة تماماً من أجل جزئي الرحلة فإن عامل تمدد الزمن يبقى نفسه (٠,٦) في الحالتين .

أخيراً ، دعني أتفحص رحلة العودة كما تراها شهد في الصاروخ ، حيث قضت ســـت ســـنوات في رحلـــة الذهاب وست سنوات أخرى في رحلة العودة وعادت إلى الأرض عـــام ٢٠١٢ حســـب ما ستشير ساعتها . خلال رحلة العودة ستراقب شهد الســـاعة الأرضـــية وستشـــاهدها (بالفعل وبالرؤية) تشير إلى ٢٠٠٢ في اللحظة التي وصـــلت فيها إلى النجم ، ونحن نعلم أنها ستعود إلى الأرض في عام ٢٠٢٠ وبالتالي فإنها سترى ساعة الأرض تتقدم (١٨) سنة خلال الـــ : ٦ سنوات التي ستمر عليها وهي في رحلـــة العودة على متن الصاروخ ، وبالتالي فإن ساعة الأرض تبدو لشهد وكأنها تسير أســـرع بـــثلاث مـــرات من ساعتها الخاصة على الصاروخ ، وهذا نفس العامل الذي شـــاهدت بـــه آية ساعة شهد أسرع من ساعتها . أي أن هناك تناظر كامل في رحلة العودة أيضاً . ومرة أخرى تستطيع شهد أن تحدد عامل تأخر الضوء وتستدل أن ساعة الأرض تسير فعلاً ببطء وبمعدل (٠,٦) من ساعتها على الصاروخ .

إن الـــنقطة الحاسمة التي نستخرجها من كل هذا هي أنه خلال الفترات التي كان

الصـــاروخ ينطلق بها بسرعة منتظمة استدلت آية أن ساعة شهد تسير ببطء واستدلت شـــهد أن ســـاعة آيـــة تسير ببطء أيضاً . فخلال رحلة الذهاب ترى كل منهما ساعة الأخـــرى أبطأ من ساعتها ، وخلال رحلة العودة ترى كل منهما ساعة الأخرى أسرع مـــن ساعتها . وأن الاستنتاجات والمحاكمات تتناسب وتتفق جميعها وتدحض الادعاء القائل بوجود أي تناقض حول عبارة : « كل ساعة تسير ببطء بالنسبة للأخرى » .

هناك استنتاج إضافي للقراء الذين أحبوا الخوض في هذه الحسابات ، فإذا اعتبرت حقيقة أنه في إطار شهد المرجعي تتقهقر الأرض بسرعة ٠,٨ من سرعة الضوء والرحلة إلى الـــنجم تستغرق فقط ست سنوات صاروخية ، فإن المسافة إلى النجم كما تقيسها شـــهد يجب أن تكون : ٠,٨ × ٦ = ٤,٨ سنوات ضوئية ، هذا على الرغم من أن آية ستقول أن النجم يبعد عنها بمقدار ٨ سنوات ضوئية ، وهكذا فإن المسافة تقلّصت بنفس العامل الذي تمدد به الزمن وهو (٠,٦) .

(٢-٦) وداعاً للحاضر

عـــلى الرغم من أن التجارب والخبرات التي مرّت بها كل من آية وشهد في نهاية الـــرحلة تداخلت بشكل متوافق ، فمازال هناك مجال للدخول في متاهة وتشويش بطرح بعض الأسئلة من قبيل : ماذا كانت تفعل شهد عندما كانت ساعة آية تشير إلى ٢٠٠٧؟ أو : مـــاذا كـــان الوقـــت في ســـاعة آية عندما وصلت شهد إلى النجم ؟. عندما تقع الأحـــداث في مواقع فضائية منفصلة وتتضمن مراقبين في حالات حركة مختلفة ، فليس هـــناك معنىً واضحاً يمكن إعطاؤه لتلك الأسئلة . ولجعلها ذات معنى يجب أن تحدد تماماً أي مراقب تقصد ، وما هو نوع المراقبة التي أنت بصددها . عندما تخرج الساعات عن توافقهـــا فلن يعود هناك « **الآن** » العالمية الشاملة ، أي ستختفي اللحظة الحاضرة التي يتفق عليها المراقبون أينما كانوا ، آية لها تعريفها الخاص لـــ « **الآن** » عند العام ٢٠٠٧ مثلاً ، وشهد لها تعريفها أيضاً ، وهما بشكل عام لا تتفقان في ذلك ، وعلى سبيل المثال فإنك لا تستطيع أن تتوقع أجوبة متوافقة على الأفكار التأملية التالية :

آيـــــة : « نحن الآن في عام ٢٠٠٧ على الأرض ، أنا أشك أن تكون شهد قد وصلت إلى النجم الآن ، أنا أعلم أن ذلك سيستغرق فقط ست سنوات من زمنها بينما

سيستغرق سبع سنوات من زمني ، وبالطبع فإنني إذا نظرت عبر التلسكوب فسأرى أن الصاروخ مازال بعيداً عن المكان المقصود ولكنني أعرف أن التلسكوب لا يعطيني المعلومات حتى آخر لحظة بسبب حقيقة أن الضوء سيأخذ وقتاً ليصلني من الصاروخ . ما أريد أن أعرفه أين شهد « **الآن** » ؟

في الإطار المرجعي لآية تكون شهد التي تبعد بمقدار ٧ × ٠,٨ = ٥,٦ سنة ضوئية تتناول في هذه اللحظة طعام الفطور ، (هذه اللحظة ، أي « الآن » عند آية هي عام ٢٠٠٧) . ولكن هذا الفطور الخاص بالنسبة إلى شهد لا يحدث عام ٢٠٠٧ فساعتها تشير إلى ٧ × ٠,٦ = ٤,٢ سنة بعد مغادرتها . وإذا نظرت خلفها إلى الأرض فهي ستشاهد ساعة الأرض فعلاً تشير إلى ٤,٢ × $\frac{1}{3}$ = ١,٤ سنة ولكنها بالطبع تعرف أن ذلك ليس هو « **الوقت الفعلي** » على الأرض « **الآن** » وفي تلك اللحظة . ولحساب ذلك ينبغي عليها أن تضيف الزمن المتأخر الذي يبلغ ٥,٦ سنة كما قاسته آية على الأرض أي عليها أن تجمع : ١,٤ + ٥,٦ = ٧ لتستدل بشكل صحيح على تاريخ ٢٠٠٧ على الأرض الذي تعتبره آية متزامناً (أي حصل في نفس الوقت) مع ذلك الفطور الخاص على الصاروخ . ولكن شهد نفسها سترى الأشياء مختلفة ، فقد مضى على مغادرتها ٤,٢ سنة بالنسبة إلى إطارها المرجعي وبالتالي فإن الضوء لن سيستغرق ٥,٦ سنة من سنواتها هي ليصلها من الأرض حيث لن تكون قد غادرت بعد في ذلك الحين ، وبما أن شهد ترى الأرض تتقهقر بسرعة ٨٠% من سرعة الضوء فخلال الـ ٤,٢ سنة ستكون على بُعد ٣,٣٦ سنة ضوئية بالنسبة لإطارها المرجعي حيث سيستغرق الضوء أيضاً ٣,٣٦ سنة من سنواتها ليصل من الأرض إلى الصاروخ ، ولكن لأن شهد ترى ساعة الأرض تسير بمعدل $\frac{1}{3}$ سرعة ساعتها هي فستحكم أن $\frac{1}{3}$ × ٣,٣٦ = ١,١٢ سنة فقط قد مرت على الأرض منذ صدور الضوء عنها قبل ١,٤ سنة ، وهذا يعني (طالما أن شهد هي المعنية) أن التاريخ على الأرض « الآن » (أي عندما تفكر بهذه المسألة المزعجة بعد تلك الوجبة الخاصة) هو ١,٤ + ١,١٢ = ٢,٥٢ سنة بعد المغادرة ، فهو بالتأكيد ليس ٢٠٠٧ . ويمكن الحصول على نفس هذا الرقم دون الاهتمام بالإشارات الضوئية عندما نلاحظ ببساطة أن الزمن المنقضي على الأرض منذ

مغـــادرة شهد هو ٠,٦ من زمنها هو أي ٠,٦ × ٤,٢ = ٢,٥٢ سنة . إن تطبيق نفس الحســـابات على وصول شهد إلى النجم (بعد ٦ سنوات صاروخية) يُفضي بنا إلى أن هـــذا الحدث متزامناً مع عام ٢٠٠٣,٦ على الأرض ، وعلى خلاف ذلك فإن آية تعتبر نفـــس الحـــدث متزامـــناً مع ٢٠١٠ . إن الخلاصة من كل ذلك هي أن آية وشهد لا تشـــتركان بـــنفس «**الآن**» ، فـــإن «حدث شهد» (B) يمكن أن يعتبر من قبل آية أنه مـــتزامن مع «حدث آية» (A) حتى ولو لم تعتبر شهد (A) و (B) متزامنين بل إن حدث آية يحمل بعض الاختلاف الكلي (في المثال أعلاه كان أبكر) لكي يقوم بذلك الدور .

[لكـــن ذلك الغباء يثير شكوكنا ، ماذا يحصل لو أن آية تكلمت بالهاتف مع شهد وببساطة شديدة سألتها ماذا تفعل « الآن » .]

لن تستطيع القيام بذلك ، لأن نفس نظرية النسبية التي تتنبأ بأثر التوائم تحظر على أي جســـم فيزيائي أو تأثير أن يسير بسرعة تتجاوز سرعة الضوء ، وبالتالي فإنه من غير الممكـــن وجـــود اتصال فوري أو لحظي بين آية وشهد ، إذاً فالحقيقة التي تقول أن آية وشـــهد تملكان لحظات حاضر مختلفة وتعاريف مختلفة للتزامن عند مواقع متباعدة ، هذه الحقيقة ليست محل مناقشة (محط اهتمام) . ليس هناك أي معنى فيزيائي محدد يمكن أن يُسْنَد إلى الأحداث التي تحدث « **الآن** » في مكان بعيد لأننا لا يمكن أن نعرف أبداً أي شـــيء عنها أو عن آثارها ، وأن حساب « **أحداث — الآن** » البعيدة ليس سوى تمرين حســـابات مســـك دفاتـــر عادي . عندما يلتئم شمل آية وشهد ثانيةً يمكنهما مراجعة ملاحظاتهمـــا ومقارنـــتها ، وكمـــا رأينا فإنهما ستجدان أن قصصهما ستكون متوافقة حســـب ترتيـــبها تمامـــاً . إذا اتُّفق على عدم وجود شمولية العالم فإن « **الآن** » عامة ستصطدم بك كفكرة مجنونة وذلك ليس جديداً ففي عام ١٨١٧ كتب المحرر الإنكليزي (شـــارل لامب) ببُعد نظر خارق للطبيعة : « **الآن** التي لك ليست هي "**الآن**" التي لي ومـــرة ثانية "**بَعْدْ**" التي لك ليست "**بعد**" التي لي ، ولكن "**الآن**" التي لي يمكن أن تكون "**بعد**" التي لك ، والعكس ممكن »[٨] .

لقد تطرقت لعرض ملحمة آية وشهد لأنني كثيراً وباستمرار أستلم رسائل تسألني وتطلب مني توضيح تأثير التوائم أو رسائل أخرى تدعى أنها مزيفة لعدم وجود توافق . فإلى أولئك القراء الذين احتملوا العمل مع أرقامي أقول أنني أتأمل أن تكونوا مقتنعين بأن

كـــل ما قلته صحيح . ليس هناك تناقض . أتأمل مخلصاً أن تكون هذه آخر عبارة تُقال في هـــذا الموضوع ، على الرغم من أن هناك بلا شك حفنة من الأشخاص المعارضين للنسبية بعناد سيشعرون برغبة جامحة تدفعهم ليخطوا لي اعتراضاتهم على حساباتي .

(٢-٧) الوقت من ذهب

كيف يمكننا التأكد أن (آينشتاين) على حق في موضوع أثر تمدد الزمن ؟ برأيي أن الامـــتحان الحاسم لأي نظرية هو ما يلي : هل تستطيع جني المال من ورائها ؟ هناك سبب وحيد كان يجعلني دائماً أشك فيما يسمى بخوارق الطبيعة هو أنه وحسب ما بدا لي إذا كـــان هـــناك بعض الأشخاص الذين يدَّعون قراءة الغيب فإنهم يستطيعون تحقيق أربـــاح طائلـــة في سوق الأوراق المالية (البورصة) ، وحتى لو كان الأثر ضعيفاً فإن الأرباح ستتغلب على الخسائر مع الوقت ، كما أن أحدهم سيصبح ثرياً جداً مع أنه لم يمـــارس تقنـــيات السوق إلا مجدداً . لقد علَّمنا (داروين) كيف أنه حتى مميزات قليلة تســـتطيع أن تتسامى مع الزمن لتتحول إلى نجاحات باهرة . ولكن المحزن أن هناك دليل ضـــعيف لوجـــود نفاذ بصيرة مالية خارقة للطبيعة لدى الوسطاء المزعومين (عدا عن براعـــتهم في قدرتهم على فصل موكليهم عن أموالهم) . في الحقيقة أنني تعلمت حديثاً عن الشخص الذي يسمى المتنور (البصير الناصح) الذي ينصح رجال الأعمال ورجال السياســـة الذين عادةً ما يخسرون نصيب العائلة في صالات الكازينو المحلية . لكنني على أيـــة حال أحتفظ بعقل منفتح حول التنبؤات لأن المتنبئين يستطيعون أن يبنوا حياةً على وجود الماء أثناء طريقهم الوعر إلى حدٍ ما .

على النقيض من ذوي البصيرة الحادة فإن بعض الأشخاص يجنون المال بانتظام من تمـــدد الـــزمن ، فقد أصبحت مكابح الزمن الجاهزة الهندسية والسهلة الاستعمال عملية تجاريـــة في مختلف الأقطار ، وتسمى الآلة التي تنجزها لك : (السنيكروترون) أو آلة التسريع الإلكتروني ، وهي تعمل بتدويم إلكترونات حول أنبوب دائري مخلًى من الهواء بســـرعة قريبة من سرعة الضوء ، ولأن الإلكترونات تُجبر على الحركة في مسار دائري فهـــي تصـــدر إشعاعات الكترومغناطيسية كثيفة ومركزة في حزمة ضيقة (وبالمناسبة ، هـــذه هي الإشعاعات الإلكترونية المتزامنة التي تفسر ظهور إشارات النبَّاض على شاشة

الـــرادار) ، وعـــندما شـــوهدت لأول مرة كانت شيئاً مزعجاً . لقد صُمِّمَت أجهزة التســـريع الإلكترونية أصلاً لتسريع أجزاء الذرة وليس لتوليد الأشعة لأن توليد الأشعة يكلّـــف طاقة وبالتالي مالاً ، وأن أحد أسباب ضخامة وكبر المسرِّعات الإلكترونية هو تخفـــيض تقوس مدارات الجزيئات لتقليص الضياع في الإشعاعات إلى أقل حد ممكن ، ولكن كما جرت العادة في العلوم فإنه يمكن تحويل الخطيئة إلى فضيلة فإن معظم الدول الـــيوم بنـــت المســـرِّعات الإلكترونية بهدف مسبق لإنتاج وتوليد الأشعة . إن إشعاع المســـرِّعات مركّز جداً وهو ينشر باستمرار مجالاً عريضاً من الترددات من الضوء المرئي فما فوق ، بالإضافة إلى أنه سهل المعالجة .

تنشأ ميزات عظيمة عن الترددات العالية التي يمكن الوصول إليها بشكل جيد في مجـــال الأشعة السينية من الطيف ، وتستخدم مسرِّعات الأشعة السينية بفعالية كبيرة في توضـــيح التركيب الذري للمواد المعقدة مثل الزجاج والجزيئات الحيوية الكبيرة ، وقد جاءت الدراسات سريعاً لتعلن أن العلماء يستطيعون أحياناً أن يتتبعوا تفاصيل التغيرات الكيميائـــية عـــبر الزمن . وقد قام حديثاً فريق من جامعة (بيوتش) و (أكسفورد) بـــالعمل عـــلى تحديـــد هيكل وتركيب الفيروس الذي يسبب داء الحمى القلاعية عند المواشي باستخدام المسرِّع البريطاني الموجود في (دارسبوري) في مقاطعة (شيشاير) . كمـــا تم تحقـــيق إنجـــازات أخـــرى في مجالات أبحاث الأدوية ، البلاستيك الحراري ، والســـيراميك ، كمـــا استخدمت المسرِّعات في الطباعة لصناعة الآلات الصغيرة التي لا يزيد حجمها عن ميليمتر واحد حيث تكون الشركات على استعداد لدفع بضعة آلاف مـــن الـــدولارات يومـــياً لاستخدام المسرِّعات من أجل إنتاج تلك الأجهزة الصغيرة واستثمار ملايين الدولارات سنوياً تجارياً في هذا المجال .

تســـير الإلكترونات في المسرِّعات بمعدل ٩٩,٩٩٩٩ من سرعة الضوء ويكمن الســـر وراء نجـــاحهم في تأثير عامل « **تمدد الزمن** » الذي يصل إلى بضعة آلاف ، مما يـــؤدي إلى رفـــع ترددات الإشعاعات بشكل هائل كما تلاحظ ضمن الإطار المرجعي للمختـــبر . في السرعات المنخفضة وعندما يكون بالإمكان إهمال الآثار النسبية تصدر الإلكترونات في المسرِّعات أشعة ذات ترددات مساوية لتردد دورانها في الجهاز ، أما في السرعات العالية فإن تمدد الزمن والآثار النسبية المرتبطة به تنجز اختلافات دراماتيكية .

يبلغ محيط مسرِّع (دارسبوري) ست وتسعون متراً وتكمل الإلكترونات ثلاث دورات في كـــل ميكروثانية ضمن الإطار المرجعي للمختبر ، ويُعتبر التردد الناتج عن ذلك من مرتبة الميغاهرتز وهي نفس مرتبة الموجات الراديوية ذات الطيف الكهرومغناطيسي ، وأن منـــبعاً بهذا التردد يمكن أن يكون عديم الفائدة في دراسة التركيب الذري للمواد ولكن ضمن الإطار المرجعي للإلكترونات تكتمل الرحلة بشكل أسرع بكثير بسبب تمدد الزمن وما يصدر عن هذا التردد العالي هو أشعة .

لقـــد أفـــاد الجميع من خلال ملاحظاتهم في المختبر أن ظواهر النسبية تؤدي إلى زيادة ترددات الأشعة إلى مقدار كبير يصل إلى تريليون ميغاهرتز .

ليس من الضروري أن تسافر إلى أقرب مسرِّع لتشاهد عملية تمدد الزمن فآثارها العجيـــبة منتشرة حولنا وفي حياة العالم اليومية بإتقان وسمو ، لأننا محاطين بأجسام كثيرة تتحرك بسرعات عالية للغاية ، هذه الأجسام هي الإلكترونات التي تدور داخل الذرات. فالإلكترون النموذجي لذرة الهيدروجين يدور حولها بسرعة تبلغ حوالي ٢٠٠ كم/ثا أي أقل من واحد بالمائة من سرعة الضوء ، ولكن السرعة تكون أعلى بكثير عند إلكترونات الـــذرات الأثقـــل نظراً للشحنة الإلكترونية الأكبر التي تتمتع بها نواياها ، فالإلكترونات الداخلـــية ضـــمن ذرات الذهب مثلاً ، أو الرصاص أو اليورانيوم يمكنها أن تدور حول نواياهـــا بكســـر لا بأس به من سرعة الضوء ، وبالتالي فإن تأثير تمدد الزمن والتأثيرات الأخرى للنسبية ستغير من سلوك تلك الإلكترونات باتجاهات مهمة .

للحصول على فهم كامل لخواص المواد الصلبة الكهربائية والبصرية مثل الذهب ، على الفيزيائيين أن يأخذوا بعين الاعتبار تمدد الزمن عند إلكترونات الذرات بما فيها تلك الإلكـــترونات القريـــبة من النوى ، خذ مثلاً لون الذهب ، فمعظم المعادن ذات مظهر فضـــي مـــا عدا الذهب الذي يُعزى تألقه الجذاب والمميز إلى مظاهر وآثار النسبية على حـــركات الإلكترونات داخل المعدن والتي تكون مسؤولة عن انعكاس الضوء وإظهار اللون ، ولن يكون هناك أي مبالغة في قولنا أن هذا المعدن الثمين ، ثمين وقيّم مالياً نتيجة لعمل تمدد الزمن داخل ذراته .

كذلك فإن كثيراً من المناطق المتقدمة تقنياً إما أنها تعتمد على تمدد الزمن أو تتأثر به بطريقة أو بأخرى ، حيث أن شبكات الرادار ، مجموعات الملاحة للأقمار الصناعية ،

والأجهـــزة ذات الأجزاء الصلبة ، جميعها حساسةٌ لمظاهر وآثار النسبية ، فحتى الأنابيب المتواضعة التي تعلن إشارات الوقت باعتبارها صادرة عن ساعات ذرية مولفة بدقة يمكن أن تختلف أو تنحرف بشكل ملموس إذا أُهمل تأثير تمدد الزمن ضمن الساعات نفسها . ولذلـــك فإن مرونة الزمن والمفاهيم المتعلقة بذلك من نظرية النسبية تقتحم حياتنا عنوةً عن طريق حشدٍ من الأساليب العملية جداً وحتى التجارية منها .

[إذا كـــان تمـــدد الزمن ظاهرة مؤثرة في جني الأموال فعلاً فإنني مُجبر على الموافقـــة (ومستسلم للشك) أن الآن بالنسبة لآية والآن بالنسبة لشهد يمكن أن لا تتوافقا ، وهذا يعني أن الآن بالنسبة لي والآن بالنسبة لك لن تتفقا أيضاً. ولكن إذا كان هناك أكثر من « الآن » أفلا يعني هذا أن هناك أكثر من واقع؟ ماذا يحدث عندئذٍ لنظام الكون ؟]

ســـؤال جيد ! ما معنى الواقع الفيزيائي الذي يمكن أن نجسده عندما يكون هناك تعدد في « الآنات » ؟.

(٢-٨) مشهد الزمن

« التميـــيز بين الماضي والحاضر والمستقبل لا يعدو كونه وهم ، حتى ولو كان من النوع العنيد »

(ألبرت آينشتاين)

لقـــد تـــربى الغربـــيون على الاعتقاد السائد بأن الواقع منوط بأحداث اللحظة الحاضـــرة ، وأن التقســـيم الرئيسي للزمن إلى ماضٍ ، وحاضرٍ ومستقبل يبدو أساسياً لتجربتـــنا وخـــبراتنا عن واقع أي شيء . على الرغم من أن الماضي يمكن تذكره إلا أنه انسحب خارج الوجود ، بينما يكون المستقبل مجهولاً وغامضاً وحدوثه مازال منشوداً . ويبدو العالم مقيداً تماماً حسب رأي الفيلسوف الألماني (شوبنهاور) الذي كتب يقول : «إن معظم الحاضر الذي ليس له معنى يملك فوق معظم الماضي غير المهم ميزة الواقع»[٩] . مـــثل هـــذا الاعتقاد ينبغي ألا يُستبعد ببساطة ، وبعد تأمل عميق وطويل توصل أحد المفكـــرين الكبار في المسائل الزمنية وهو (اوغاستين) إلى هذا الموقع الدقيق من الحس الشامل العام :

« كيف يستطيع الماضي والمستقبل أن يكونا عندما ينتهي الماضي و لم يبدأ المستقبل بعد ؟ أما فيما يتعلق بالحاضر ، فإنه إذا كان دائماً حاضراً و لم يتحرك أبداً ليصبح ماضياً فلن يكون زمناً بل هو أبدية »[١٠] .

المزعج بالحس العام أنه يستطيع دائماً أن يتركك دونه ، ولكن بعد كل ذلك فإن الحس العام يوحي لك بأن الشمس والنجوم تدور حول الأرض ، وقد علّق (آينشتاين) مرةً أن : « الحس العام هو تلك الطبقة من الأذيات والأضرار التي تقبع في أسفل العقل قبل سن الثامنة عشرة »[١١] .

لا تقتضي النظرية النسبية ولا تتضمن أنه بإمكانك استخدام رحلة صاروخية للقفز داخل مستقبلك الخاص ولكن فقط داخل مستقبل أحد آخر ، ولا يمكنك تغيير الـ : **هنا - والآن** الخاصة بك (**زمانك ومكانك**) بتغيير حالة حركتك ، بل يمكنك فقط تغيير : **هناك - والآن** . إن عدم التوافق بين « **الآنات** » لكلٍ من آية وشهد يرجع إلى استنتاج كلٍ منهما عما تفعله الأخرى « **في تلك اللحظة** » فيما يمكن أن يكون لكل حالة منهما موقع بعيد ، وعندما يلتقي التوأمان تتطابق « **آناتهما** » مرة ثانية .

لست بحاجة إلى صاروخ لكي تفصل بين « **الآن و هناك** » بأكثر مما هي عليه إذا كانت الـ : « **هناك** » بعيدة بما فيه الكفاية لأن التأثير يزداد بازدياد المسافة . لنفترض أنك وضعت هذا الكتاب جانباً ونهضت من على كرسيك ومشيت في الغرفة ، فتكون بذلك قد غيرت للتو « **الآن** » والـ « **هناك** » العائدة لك في مجرة « المرأة المسلسلة » ليوم كامل ، ما أعنيه بهذه العبارة هو أنك خلال الجلوس يمكنك أن تستنتج أن حدثاً محدداً (E) على كوكب معين في مجرة المرأة المسلسلة يحدث في نفس اللحظة التي تحدث فيها عملية قراءتك لهذا الفصل (حسب حكمك أنت وضمن إطارك المرجعي الخاص) . أما عندما تمشي في الغرفة فإن الحدث على ذلك الكوكب البعيد المتزامن مع انتقالك يتغير فجأة من « بعد (E) للتو » إلى حدث آخر يختلف عن (E) بمقدار يوم ، فهو يقفز ليدخل إما في مستقبل (E) أو في ماضيه ، ويعتمد ذلك على اتجاه سيرك في ذلك الوقت مقترباً من المجرة أم مبتعداً عنها ، إذاً فالتزامن نسبي تماماً مثل الحركة .

[إذاً فالزمن المتتابع لحدثين يمكن أن يتغير على هواه ؟ ألا يعني هذا أننا نملك القدرة على عكس الزمن ببساطة بالقفز حوله ؟]

نعـــم ، و لا ، إذا وقـــع حدثان في موقعين مختلفين (أحدهما على الأرض مثلاً والآخـــر في مجرة المرأة المسلسلة) فإن التتابع الزمني للحدثين عندئذ يمكن أن ينعكس ، بشـــرط أن يكـــون الحدثان المنفصلان عن بعضهما فضائياً قد وقعا خلال فاصل زمني مـــتقارب إلى حـــد لا يســـتطيع فيه الضوء أن يصلَ من أحدهما إلى الآخر خلال ذلك الفاصل القصير ، وبالتالي فلا يمكن أن يكون هناك ارتباط سببي بين الحدثين لأنه حسب (آينشـــتاين) لا يمكـــن لمعلومة أو أثر فيزيائي أن ينتقل بسرعة تفوق سرعة الضوء بين الأحـــداث لكي يربطها ببعضها سببياً ، إذاً فانعكاس ترتيب الزمن في هذه الحالة المقيدة ليس وارداً ، فهذا (**الزمن**) لا يمكن أن يعكس السبب والأثر مؤدياً إلى تناقض سببي ، لأن الأحداث المعنية مستقلة تماماً سببياً . وعلى أية حال ، فإن هذا الغموض المحدود في ترتيـــب زمن الأحداث المنفصلة فضائياً له تضمينات ونتائج هامة ، فإذا كان الواقع فعلاً منوط بالحاضر ، فإنك عندئذ تملك القوة لتغيير ذلك الواقع عبر الكون تقديماً وتأخيراً في الـــزمن بالتجوال البسيط . ولكن عندئذ ستفعل مثل هذا قطرةٌ خضراء حساسة في مجرة المـــرأة المسلسلة ، فإن انزاحت القطرة إلى اليسار ثم إلى اليمين فإن اللحظة الحاضرة على الأرض (كمـــا تقـــاس من القطرة وحسب إطارها المرجعي) سوف تترنح في تغيرات هائلة للزمن تقديماً وتأخيراً .

إلا إذا كنـــت مـــن المؤمنين **بنظرية الأنا** ، فـــإن هنـــاك طريقاً منطقياً وحيداً للانســـحاب من الطبيعة النسبية للتزامن : الأحداث في الماضي والمستقبل يجب أن تكون في كـــل جزئياتها حقيقية وواقعية كأحداث الحاضر . في الحقيقة إن التقسيم الحاد للزمن إلى مـــاضٍ وحاضر ومستقبل يبدو أن لا معنى له فيزيائياً . لملائمة وتكييف « **الآنات** » للجمـــيع (آيـــة وشـــهد ، القطـــرة الخضراء ، أنت ، أنا) يجب أن توجد الأحداث واللحظات كلها في آن واحد عبر مجاز الزمن .

نحـــن نوافـــق أنك لا يمكن فعلاً أن تشاهد تلك الأحداث المختلفة هناك ، والآن « **عندما تقع** » لأن الاتصالات اللحظية الآنية غير ممكنة ، حيث عليك أن تنتظر ريثما ينقـــلهم الضوء إليك بحركته المتثاقلة ذات الثلاثمائة ألف كيلو متر في الثانية . ولكن من الضروري لجعل الإحساس بالفضاء والزمن ملموساً أن نتخيل أن تلك الأحداث الواقعة « **هـــناك والآن** » تكون إلى حد ما فعلاً « **هناك** » تفصلها عنا أيام ، شهور ، سنين ،

وهكذا أيُّ زمن ، (يمكنك أن تبالغ وتضخم في الزمن بزيادة تغيرات السرعة مع المسافة إلى الـــ : « **هناك** ») .

إن فكـــرة أن الأحداث في الزمن تقع كلها « في آن واحد » حثّت (آينشتاين) ليكتـــب كـــلمات نقلت عنه حرفياً بالنص في بداية هذا الفصل ، إلا أن هذا المفهوم لم يـــتفق بأي حال من الأحوال مع النظرية النسبية ، إنه يسترجع الصدى الخافت لمفهوم الأبديـــة الـــذي ســـلبه نيوتن من الثقافات الإنسانية الغربية ، وان فتنته العميقة وجذبه للكـــتّاب والشعراء تلتقط بشكل علني من كلمات (وليام بليك) : « إني أرى الماضي والحاضر والمستقبل تحدث كلها في آن واحد ، قبلي »[١٢] . وقد تردد صداها ببلاغة في هذه الأسطر لـــ : (س. ت. إليوت) :

وكانت النهاية والبداية دائماً هناك

قبل البداية وبعد النهاية

والكل دائماً الآن [١٣] .

إن هـــذا يتطلب على أية حال نوعاً من السلطة والقوة والوصاية للنظرية النسبية لتجـــبر العـــلماء عـــلى إعادة نظرٍ جدية لمفهوم الزمن بشكل عام للخروج من مفهوم « **الأحـــداث الواقعـــة** » بتتابع كوني مرتب ، والبدء باعتبار الزمن مثل الفضاء بكل بساطة « **هناك** » ، وحالما نستطيع أن نمسح الفضاء كصورة منتشرة قبلنا فإننا نستطيع مســـح الزمن (بعيون عقلنا على الأقل) كصورة أو كمشهدٍ للزمن مسجَّى أمامنا دون زمن . ويلجأ الفلاسفة إلى مفهوم « **مشهد الزمن** » كزمن حصين لتمييزه عن المفاهيم النفسية (ومفاهيم الحس العام) « **للحاضر الزائل** » .

في رحـــاب **الزمن الحصين** (Block time) يتـــم تمثيل الزمـــن بعد وضع طراز للفضـــاء وكـــان أول فيزيائي اقترح ذلك هو (هيرمان مينكوفسكي) الذي كان أحد مدرسي (آينشتاين) في معهد (ETH) . ألقى (مينكوفسكي) في عام ١٩٠٨ محاضرةً في (كولـــون) حـــول موضوع النظرية النسبية الجديدة لتلميذه اللامع السابق بدأت بالعـــبارة الدراماتيكية : « من الآن فصاعداً فإن الفضاء بنفسه والزمن بنفسه ، سيكون مصـــيرهما الانحسار والاضمحلال إلى مجرد ظلال وسيقوم نموذج واحد فقط من اتحادهما بالحفاظ على حقيقة مستقلة »[١٤] .

إن « **الاتحاد** » الذي ألمح إليه (مينكوفسكي) كان فكرته هو ، وهي أنه إذا كان **بإمكاننا أن نسبغ الصفة المكانية على الزمن** ، بهدف التمثيل الرياضي على الأقل ، فإنه يجب أن يعامل على أنه **البعد الرابع** ، حيث يوجد أصلاً للفضاء ثلاثة أبعاد ، وهذا يعني مزيداً من الغموض ، ولكن التمثيل المكاني للزمن مستمر طالما أن الجنس البشري يستعمل الرموز في التمثيل . وقد أشار (أنتوني آفيني) في كتابه الجذاب (امبراطورية الزمن) أن أجدادنا في العصور الحجرية كانوا يعبِّرون عن الفترات الزمنية بأثلام يحفرونها بشكلٍ متعاقب على العظام وكان ذلك قبل عشرين ألف سنة على الأقل وهذا بالتأكيد هو تمثيل مكاني للزمن . وحتى مصطلح « **البعد الرابع** » كان قد استعمل لوصف الزمن قبل سنوات عدة من ظهور النظرية النسبية ، فقد كتب العالم البريطاني (شارلز هينتون) مقالةً في عام ١٨٨٠ عنوانها : « ما هو البعد الرابع » دعانا فيها أن نتخيل : « الوحدة المتكاملة الجبارة التي يكون فيها كل من لم يأت إلى الوجود أو سيشارك بالوجود » وهذا وصف حي دقيق لـ : « **الزمن الحصين** (Block time) »[١٥] . والأكثر من ذلك فإن هذا النسق : « يترك في وعينا المتقد المحدود في فضاء ضيق وفي لحظة مفردة تسجيلاً مضطرباً للتغييرات والتقلبات التي لم يتعرض لها أحد غيرنا »[١٦] . وبكلمات أخرى فإن (هينتون) يؤكد أن « الآن » العائدة لمعرفتنا الواعية هي ظاهرة ذاتية بحتة لها وقتها المتأخر (اللاحق) .

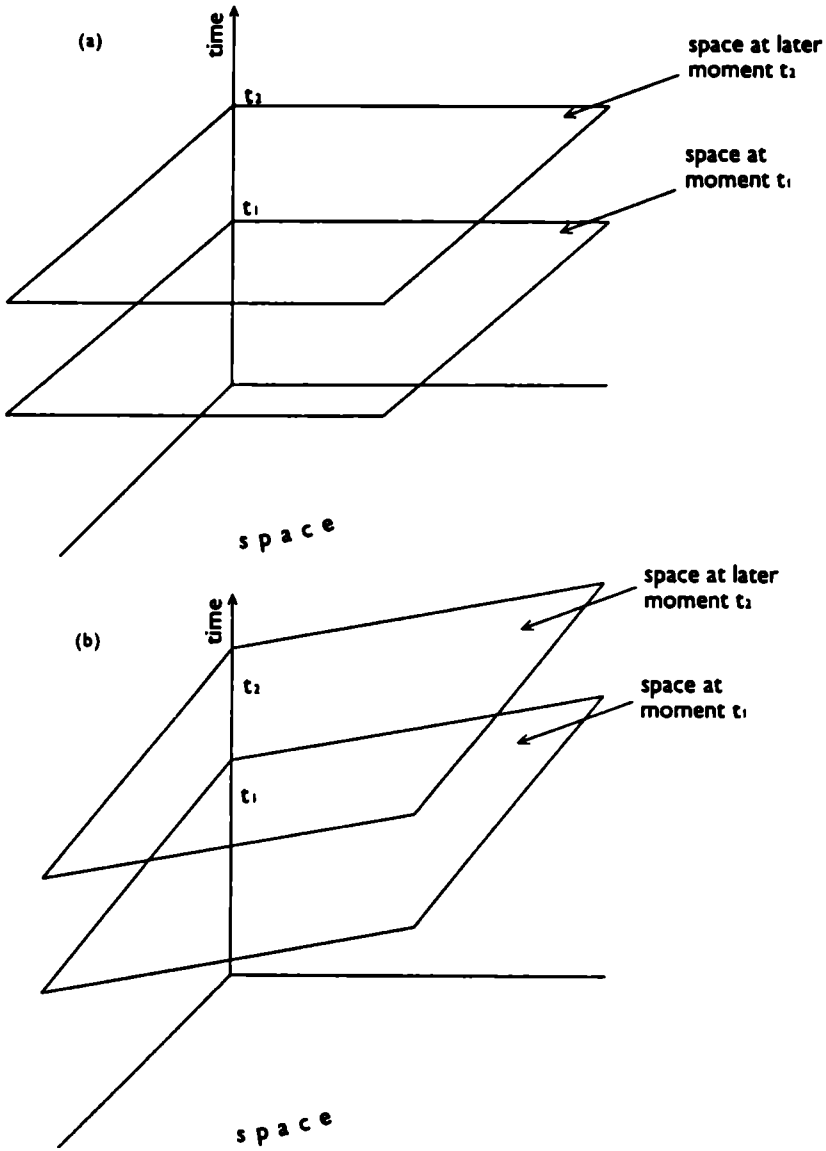
ما كان جديداً حول زمن (آينشتاين) هو الحقيقة التي ربطت الزمن بالفضاء فيزيائياً وليس فقط تشبيهاً مجازياً ، فالنظرية النسبية حبكت الزمن والفضاء بطريقة أكثر دقة وحميمية ، وقد ذكرتُ سابقاً كيف يتقلص الفضاء عندما يتمدد الزمن حيث يعبر في الرياضيات عن هذه التشوهات بنفس المجموعة من الصيغ ، وقد أكد (مينكوفسكي) بأنه لم يقم بإضافة الزمن كبعد رابع إلى أبعاد الفضاء الثلاثة الأصلية هكذا للتسلية ، بل لأن الكائن الناتج يشكل « **اتصالاً زمكانياً متحداً** » تكون فيه المفاهيم الزمنية البحتة والمفاهيم المكانية البحتة قابلة لفك وحل ألغازها . ولا تسمح لنا النظرية النسبية بفصل الزمن عن الفضاء (الزمان عن المكان) عن طريق أخذ حيز مكاني أو لحظات متساوية، أي شرائح خلال الزمكان بطريقة مطلقة وعالمية ، حيث سيكون لكل مراقب شريحته الخاصة به ولكنهم لن يتفقوا عموماً ، إن صورة الزمكان يمكن أن تكون مفيدة في هذه

المـرحلة ، فالشكل (٢-٢) يوضح ما هو معروف بمخططات (مينكوفسكي) البيانية الـتي تصور الزمان والمكان مع بعضهما . أحد المشاكل التي تعانيها هذه المخططات هو أنـه لا يمكن رسم أربعة أبعاد على الورقة مما سيؤدي إلى عدم ظهور بُعد مكاني واحد عـلى الأقل . يمثل المكان أفقياً بينما يجري الزمن عمودياً ، ويبين المخطط كيف يشرِّح المراقبون المختلفون الزمكان إلى زمان ومكان بطرق مختلفة .

لقد عبّر (هيرمان ويل) أحد مساعدي (آينشتاين) المقربين عن صورة الزمكان الجديدة كما يلي :

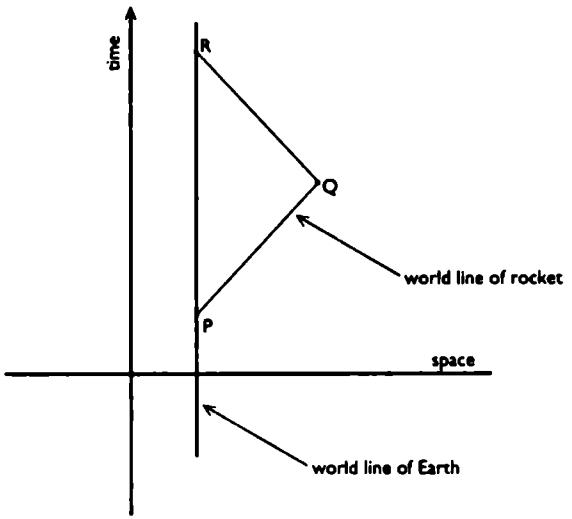
« إن مشـهد فعل الواقع هو .... وهو عالم رباعي الأبعاد يرتبط فيه (يتحد) الـزمان والمكان مع بعضهما بطريقة أبدية لا فكاك منها ، ومهما كان عمق الفجوة التي تفصل بين الطبيعة البديهية للمكان عن الزمان في تجربتنا ، فلا شيء من هذه الاختلافات النوعـية يدخـل في العـالم الموضـوعي الذي تحاول الفيزياء جاهدةً إخراجه وبلورته خارج التجربة المباشرة . إنه اتصال ذو أربعة أبعاد ، وهذا الاتصال لا يكون هو الزمان ولا المكان »[١٧] .

آينشـتاين نفسه لم يكن مفتوناً بفكرة توحيد الزمكان في البداية وكان مستبعداً لهندسـة (مينكوفسكي) الجديدة ذات الأبعاد الأربعة على أنها فذلكة أسطورية فائقة ولكـنه سرعان ما عاد يحوم حول الفكرة . إن المغزى الحقيقي لهذا الزمكان المتحد ذو الأربعـة أبعـاد هـو أنه يملك هندسة شاملة تمزج قطع الزمن مع قطع المكان ، وكان (مينكوفسـكي) سـريعاً في وضع قواعد هندسة المكان . ولسوء الحظ لم تكن هذه القواعـد تعمـيماً مباشـراً للهندسة المدرسية ثلاثية الأبعاد بحيث تتوسع هذه الأخيرة لتسـتوعب البعد الزائد (على الرغم من أن ذلك لم يكن صعب المنال) . سأعطي في الفصـل الثامن مزيداً من التفاصيل ولكن من أجل المناقشة الحالية أود الإشارة فقط إلى أنـنا عـندما نرسـم مخططات الزمكان (مقابل مخططات المكان) فإن حدسنا العادي وإحساسنا بالمسافات والزوايا قد يضللنا .



الشكل (٢-٢) : الزمكان حسب النظرية النسبية لآينشتاين . في هذه المخططات التي يطلق عليها اسم مخططات (مينكوفسكي) يمثل الزمن بمحور شاقولي ويرسم بُعدي المكان أفقياً في الأسفل . الشرائح الأفقية في الشكل (a) تُعبر عن الفضاء في لحظتين t_1 ، t_2 كما يتم رؤيتها من مراقب محدد ، فكل النقط على شريحة واحدة تبدو متزامنة بالنسبة لذلك المراقب . في الشكل (b) تم تقطيع شرائح الزمكان بشكل مختلف تبعاً لمنظور المراقب الثاني الذي يكون متحركاً بالنسبة للأول ، حيث يتم اعتبار النقط الموجودة على المستويات المائلة أنها متزامنة بالنسبة للمراقب الثاني . وبما أنه لا يوجد طريقة وحيدة متفق عليها لتقطيع الزمكان إلى شرائح زمان ومكان فإن الطريقة (a) يمكن أن تبدو طبيعية أكثر لأن الشرائح أفقية ، ولكن ذلك يرجع فقط لأنني رسمت اختيارياً محاور المخطط لتتفق مع الإطار المرجعي للمراقب الأول .

ولكـــن مخططات (مينكوفسكي) مازالت تحمل لنا الكثير من المساعدة ، دعني أوضـــح الخـــبرات التي مرّت بها كل من آية وشهد خلال رحلتهما باستخدام الشكل (٢-٣) .



الشكل (٢-٣) : مخطط مينكوفسكي لمفعول التوائم (أثر التوائم) . تغادر شهد الأرض فيما يسمى (P) ، الخط المائل هو الخط العالمي لصاروخها الذي يصل إلى النجم البعيد فيقع بذلك الحدث (Q) ، التغير المفاجئ في ميل الخط العـــالمي للصـــاروخ عند (Q) يمثل بداية عودة شهد . وقع الاتحاد مع الأرض مرة أخرى من خلال الحدث (R) . المسافات على طول مسارات الزمكان العديدة الممكنة : (PQR) , (PR) مختلفة بشكل واضح معطيةً فترات ممارسة ومعاناة مختلفة بين الحدثين (P , R) . وبسبب قواعد هندسة (مينكوفسكي) العجيبة فإن المسار (PQR) في الحقيقة هو أقصر مسار .

ومن أجل التسهيل الفني أبقيت على خط واحد أفقي لتمثيل المكان (الفضاء) . لاحـــظ أولاً أن حدثـــاً مثل مغادرة شهد للأرض يوافق نقطة واحدة من الزمكان . أما الأجسام مثل الأشخاص أو الصاروخ فهي ترسم مساراً لها في الزمكان يسمى : « **الخط العالمي** » . فالخط العالمي لآية الذي ينطبق بالطبع على الخط العالمي للأرض هو ببساطة خط مستقيم ، وهذا الخط شاقولي لأنني قررت أن أرسم المخطط لتمثيل الأحداث كما تُراقـــب مـــن الإطار المرجعي للأرض ، ففي هذا الإطار آية لا تتحرك ، بل هي بمرور الـــزمن فقط ترسم خطاً بإحداثيات مكانية ثابتة . وعلى العكس من ذلك فإن شهد قد جنحـــت بالصاروخ عن الأرض فانحرف خطها العالمي إلى يمين الخط العالمي للأرض ثم عـــاد فعكس انحرافه ليلتقي مع خط الأرض ثانيةً ، إن الأحداث التي تمثل مغادرة شهد

لـــلأرض ووصولها إلى النجم ثم عودتها إلى الأرض أشير إليها بالأحرف (P ، Q ، R) على الترتيب .

الـــنقطة الحاسمة الآن هي أن الفترة ما بين الحدثين (P ، Q) ليست ثابتة بل إنها تعـــتمد على طول الخط العالمي الذي يتتبعه المراقب بينهما ، والمخطط يجعل ذلك جلياً حيـــث أن المســـافة بين (P ، R) ستكون مختلفة ومتعددة حسب الخطوط العالمية التي يمكن أن توصل بينهما وأحدهما أن : آية سلكت خطاً عالمياً مستقيماً بينما انحرفت شهد في طـــريقها لتمر عبر (Q) ، وقد تظن أن ذلك يجعل تقدير شهد للمدة أطول ، ولكن هـــنا يذهلك المخطط كما حذرت . إن هندسة (مينكوفسكي) في الفضاء مختلفة عن الهندســـة العاديـــة هنا ، فتلك الخطوط المائلة عن الشاقول يجب ضربها بعامل تقصير ، وعـــندما نقوم بذلك يصبح الزمن الأطول بين حدثين هو في الواقع الزمن المسجل على ســـاعة تملـــك خطاً عالمياً يصل بين الحدثين بخط مستقيم ولذلك فإن شهد « **وعت** » الحـــدث (R) في زمن أقصر من الزمن الذي « وعت » فيه آية ذلك الحدث ، لاحظ أنني لم أقل أن « شهد وصلت إلى (R) أولاً » ، لأن (R) ليس مكاناً ولكنه حدث ، حـــدث يتضـــمن آيـــة وشهد (في هذه الحالة التأم شملهما) ولا يمكن أن يمارس في لحظـــتين مختلفتين ، حتى ولو لم تتفق آية وشهد على الفترات التي استغرقها حدوثه منذ مغادرة شهد (الحدث P) .

إن جعـــل الزمن مكانياً بهذه الطريقة يطور فهمنا للفيزياء ولكن ذلك يكلفنا ثمناً باهظـــاً . إن الحياة الإنسانية تدور في فلك تقسيم الزمن إلى ماضي وحاضر ومستقبل ، والبشـــر لـــن يتخلوا عن هذه الفصائل لمجرد أن الفيزيائيين قالوا أنها ليست أهلاً للثقة ، وهذا (ت. س. إليوت) يتفق شعرياً مع (مينكوفسكي) فيقول :

الزمن الحاضر والزمن الماضي
كلاهما ربما يكون حاضراً في الزمن المستقبل
والزمن المستقبل محتوى في الزمن الماضي

ولكنه مضى إلى نقطة خارج التتابع :

إذا كان كل الزمن حاضراً بشكل أبدي
فإن كل الزمن لا يمكن استرجاعه

مكتبة
t.me/soramnqraa

ربما يكون هـذا أكثر ما حيّر الناس حول **الزمن الحصين** (Block time) ، فإذا كان المستقبل يتبع « **هناك** » بطريقة ما ، فلن يكون له يد في تشكيله . إن المثل القائل : « ما حصل قد حصل » يبدو أنه يمكن أن ينطبق على الماضي والمستقبل بنفس القوة ، وقد كتب (وايل) مرةً : « أن الكون لم يحدث ، إنه ببساطة هو »[١٩] . فإذا اقتنعت بعبارة (وايل) فإن وقوع الأحداث ، وتحولها ، وجريان الزمن ، وعدم انتشار الأحداث ، كلها تصبح أوهاماً . وقد فعل (آينشتاين) ذلك حيث أنه أورد ذلك في النص المقتبس عنه في بداية هذا الفصل والذي خطه لمناسبة تعزية أرملة (بوسّو) عند وفاة زوجها ، وكان ذلك قبل بضعة أسابيع فقط من وفاة (آينشتاين) نفسه .

يَقْبَل معظم الفيزيائيون خلال حياتهم المهنية مفهوم الزمكان دون مناقشة ولكن بعيداً عن العمل تجدهم يتصرفون مثل غيرهم من الناس ، فيبنون أفكارهم وأفعالهم على افتراض تحرك اللحظة الحاضرة . أي شخص يمكن أن يقتنع فعلاً أن المستقبل لن « يحدث » ولكن بطريقة ما وببساطة « سيكون » (ولكن عندما يأتي وقته ...) ؟ هل أي انطباع عن عكس ذلك هو نوع من التضليل ؟ افترض أن عندك حالة طبية تستدعي الجراحة ، وقد أخبرك طبيبك أن المخدر يمكن أن يكون خطراً ، فهل توافق رأساً على الجراحة دون تخدير ، على أساس أنه بمجرد انتهاء العملية فإن الألم يصبح « مجرد ذكريات » ؟ من المحتمل أن لا توافق على أية حال ، هناك عقاراً اسمه (ميدازولام) له مفعول محو جزء قصير من الذاكرة ، فإذا استيقظ المريض بالصدفة خلال العملية وبدأ يعاني من آلام شديدة ، فإن إعطاءه جرعة من هذا العقار سيؤكد فيما بعد أنه يجهل تلك المعاناة المرعبة ، وسيكون الوضع بالنسبة له في فترة النقاهة كما لو كان المخدِّر استُخدم بشكل كامل . ولكن السؤال الآن : افترض أنه عُرِضَ عليك أن يكون العقار مكان المخدر فهل تقبل ؟ أم أنك ستُفضِّل المخاطرة بحياتك باستخدام المخدر ، على أساس أن تجربة الألم يمكن أن تكون حقيقية في وقت من الأوقات (حتى إذا لم يكن بإمكانك استرجاعها فيما بعد) وأن تجربة الألم مازالت تقبع في «**المستقبل**» فهي لم تحدث ومن الممكن أن لا تحدث ، أنا أعرف ماذا يمكن أن يكون جوابي .

حتى آينشتاين اعترف في أيامه الأخيرة أن مسألة « **الآن** » أقلقته كثيراً ، وقد

سـلّم في مناقشـة مع الفيلسوف (رادولف كارناب) أن هناك : « شيء ما جوهري حـول **"الآن"** » ولكنه عبَّر عن هذا الاعتقاد بأنه مهما تكون هذه "الآن" فهي « تقبع غير بعيد عن مملكة العلم » . يُحتمل أن يكون ذلك ممكناً ويُحتمل العكس .

هذا كل ما أردت قوله حول موضوع **"الآن"** ، ولكن سأعود له لاحقاً .

الفصل الثالث

مكابـــح الزمـــن

« هل نظرية (آينشتاين) وهم مجنون ؟ هي بالتأكيد كذلك »

عن أحد أعداد مجلة (نيويورك تايمز) عام ١٩٢١

(٣-١) حاجز الضوء

تقـــبع واحـــدة من أكثر مناطق الأرض وحشةً على بُعد خمسمائة كيلو متر إلى الشـــمال من (أديلايد) في (أستراليا) الجنوبية ، فأرضها صحراء ولكن ليست من ذلك النوع من الكثبان الرملية الصفراء المتحركة ، بل إن تربتها حمراء خصبة والأرض منبســـطة تقريـــباً ولا تضاريس فيها ، ولكنها مزينة هنا وهناك بشجيرات تبدو يائسة استطاعت بطريقة ما أن تتشبث بالحياة في تلك الظروف الحارة والجافة .

يـــبدو من الشاذ أن تجد مدينة هنا ، ولكنك تجدها واسمها (وروميرا) وهي تعني « إلقـــاء العصا » بلغة السكان الأصليين في (أستراليا) ، وقد تم تمديد أنابيب المياه لها عـــلى طول الطريق إليها من نهر (موراي) الذي يبعد عنها مئات الكيلومترات ، وقد ذهبـــت إلى هناك لأشاهد بأم عيني وأتفحص بنظرة الطفولة الفضولية إلى النظريات ، الـــبرهان التجريبي لأحد أكبر مكابح الزمن التي تم قياسها في العالم ، على الأقل ذهبت لمشـــاهدة الجهاز ، بل وبدقة أكثر ذهبت لمراقبة آخر جهاز محسّن تم الكشف عنه من قبل « وزير العلوم » . وفي اعتقادي أن النظام الجديد مغتبط باسمه (CANGAROO) كانغـــارو المـــأخوذ من تجميع الأحرف الأولى للجملة التالية : (التعاون بين استراليا ونيبون من أجل مراقبة أشعة غاما خارج حدود العالم) .

Collaboration between Austealia and Nippon for Gamma Ray Observations in the Outback.

المحطـــة العلمية غير مبنية في البلدة ولكن على مسافة قصيرة بالسيارة تمر خلالها بطـــريق محفـــوف بالأشجار المنخفضة لينتهي بك بعد ذلك إلى المكان الذي يُستخدم لإطـــلاق الصواريخ . قليل من الناس الذين يعلمون أن (أستراليا) كانت القوة الرابعة في الفضاء (وقد انتزعت فرنسا مؤخراً المركز الثالث من أستراليا) . وقد أطلق في عام ١٩٦٧ قمـــر صناعي صنع في (أديلايد) إلى مدار أعلى من مدار صاروخ أميركي . وقـــد كانـــت قاعدة (وومیرا) في إحدى الفترات مركزاً لاختبار أو إطلاق عشرات الصـــواريخ في كل عام وخاصة لصالح بريطانيا ثم لشركائها الأوروبيين ، لكن التمويل توقف في أوائل السبعينات حيث توصلت الحكومة الأسترالية إلى قرار صريح بأنه ليس هناك مستقبل لتكنولوجيا الفضاء ، وأمرت بالتالي أن يتم نسف كل هذه التسهيلات . مازال هناك قاعدة عسكرية في (وومیرا) وربما ستنطلق الصواريخ ثانيةً من هناك يوماً ما ، ولكن النشاط الرئيسي الآن هناك معني بالأشعة الكونية فهذا ما هو مطلوب منها الآن دراسته .

لقـــد كان وجود شكل من أشكال الأشعة التي تخترق الفضاء محل ارتياب عبر القـــرن المنصـــرم وقد كان مصدراً للدهشة والاستغراب ، وتم التعرف على العديد من الجزيئات دون الذرية لأول مرة وسط حطام الأشعة الكونية خلال السنوات الماضية ، وكمـــا أسلفت في الفصل السابق ، فإن الجزيئات المتشكلة بالقرب من سطح الأرض هـــي شظايا لما دون الذرة تنتج عن اصطدام جسيمات فائقة السرعة قادمة من الفضاء (والتي تتحول بمعظمها لتصبح بروتونات) بالنوى الذرية لمادة الغلاف الجوي .

يصـــطاد جهاز (وومیرا) الأشعة الكونية بطريقة ذكية ، فعندما يتحطم جسيم أولي ذو طاقـــة عالـــية فإنـــه يولّد وابلاً من الجسيمات الثانوية تحمل هي نفسها أيضاً كميات هائلة من الطاقة الجميلة ، ويتوجه هذا الوابل نحو الأسفل بالاندفاع الذي كان يحملـــه الجســـيم الأولي القادم حيث تتبعثر قليلاً قبل اصطدامها بالأرض ، وإن بعض الجزيئات المشحونة كهربائياً الموجودة ضمن هذا الوابل تتحرك فعلاً بسرعة قريبة جداً مـــن ســـرعة الضوء ، بل إنها في الحقيقة تتحرك بسرعة أكبر فعلاً من سرعة الضوء في الهـــواء ، وهذه نقطة مهمة حيث أن النظرية النسبية تمنع الجسيم دون الذري من السير بســـرعة تفوق سرعة الضوء في الخلاء ، ولكن الضوء يسير بسرعة أبطأ قليلاً في الهواء

وبالتالي فمن الممكن للجسيم النووي الذي خفّت سرعته قليلاً عن سرعة الضوء أن يصبح جسماً **فائق التألق** (Super Luminar) في الغلاف الجوي . فعندما يكون الجسيم مشحوناً كهربائياً فهو يولّد نوعاً من موجة كهرومغناطيسية مفاجئة (صاعقة) تشبه إلى حد ما الأزيز الصوتي (Boom Sonic) ولكن ببريق ضوئي بدلاً من الصوت، ويُعرف هذا التألق (البرق) باسم (إشعاع شيرنكوف) نسبةً إلى مكتشفه الروسي ، ومن السهل التعرف على إشعاع (شيرنكوف) بواسطة زاوية حزمته الضوئية ، وهكذا تمكّن علماء (وومیرا) بذكاء من صنع جهازٍ يقوم بذلك فحسب .

يعمل نظام الجهاز على مسح السماء في ظلام الليل وتسجيل تألقات (شيرنكوف) الخفيفة والتي تدل على مسار وابل الأشعة الكونية ، ولا أستطيع أن أقاوم إخباركم بقصة نظامٍ أقدم موجود في (بوكلاند بارك) وهي أقرب إلى مدينة (أديلايد) ، وهذا النظام موجود في محطة مثل (CANGAROO) أعدت لدراسة وابل الأشعة الكونية ، وقد كان حينها هناك الباحث الرئيسي (روجر كلاي) وهو فيزيائي تجريبي مبدع وعازف ترومبون منذ صغره وقد أمضى معظم حياته المهنية في الكشف والتحري عن الأشعة الكونية . ففي عام ١٩٧٤ فوجئ (كلاي) وزملاؤه العاملين في محطة (بوكلاند) بظهور بعض البيانات غير العادية ، فقد أشارت المعلومات إلى أن بعض الجسيمات من ذلك الوابل المنهمر في الهواء لم تصل إلى الأرض قبل ضوئها فحسب بل إنها كانت منطلقة فعلاً بسرعة أكبر من سرعة الضوء في الخلاء مقارنة بالقيمة الظاهرية لتلك السرعة .

كان ذلك مادةً لمناقشات مثيرة ، لأنني كما أكدت فإن النظرية النسبية تحظر على الجسيمات كسر حاجز الضوء ، فإذا ما قُيِّض لها أن تفعل ذلك ، فإن النتائج ستكون عميقة الأثر على طبيعة الزمن ، حتى أن هناك أبياتاً هزلية تحذرنا من ذلك :

كان هناك سيدة شابة اسمها « وميض »
وكانت تملك سرعة أكبر بكثير من سرعة الضوء
انطلقت يوماً ما في طريق نسبي
ورجعت في الليلة السابقة

باختصار فإن الأسرع من الضوء يمكن أن يعني **التراجع في الزمن** (الزمن

الماضي) بكل ما يتبع ذلك من ألغاز وتناقضات (انظر الفصل العاشر) .

في الحقيقة لا تقول النظرية النسبية أنه « لا يستطيع أي شيء الانطلاق بسرعة أكبر من سرعة الضوء » كما يكتب دائماً ، فهي تسمح للأجسام بالانطلاق بسرعات تسمى « **سرعات التألق الفائق** Super Luminal Speeds » حتى في الخلاء ، ولكن ذلك يتم فقط إذا كانت مثل تلك الأجسام لا تستطيع أن تسير بسرعة تقل عن سرعة الضوء ، وبعبارة أخرى فإنه حسب نظرية (آينشتاين) فإنه لا شيء يستطيع أن « **يعبر** » حاجز الضوء بالتذبذب بالسرعة تارةً أكبر وتارةً أدنى من سرعة الضوء ، وقد اخترع الفيزيائيون اسماً لتلك الجسيمات فائقة التألق هو «**التاخيونات** Tachons» نسبة إلى الكلمة اليونانية التي تعني السرعة . لقد اعتقد (روجر كلاي) وزملاؤه أنهم اكتشفوا فعلاً التاخيونات .

على الرغم من أن التاخيونات لم تُستبعد من النظرية النسبية إلا أنها سببت إحراجاً للفيزيائيين ليس أقلها أنه بالإمكان استخدامها لإرسال إشارات إلى الماضي . (السيدة وميض لا يمكنها أن تسافر بجسمها إلى الماضي بالشكل الذي تم وصفه آنفاً دون ارتكاب مخالفة للنظرية النسبية ، ولكن ربما يكون بإمكانها استخدام التاخيونات لإرسال رسالة عبر الزمن الماضي ، وعندما يصل الأمر إلى تناقضات في مسيرة الزمن فإن ذلك يصبح سيئاً إلى حد ما كما سنرى) . هناك مشاكل أخرى أيضاً ، ذات طبيعة أكثر تقنيةً . إذا قمتُ بإجراء استفتاء بين الفيزيائيين فإنني أتوقع أن يكون ٩٠% منهم ضد فكرة التاخيونات ، و ١% معها والباقي « لا يعلمون » ، (لقد اقترح لوكريتوس بشكل ملحوظ احتمال وجود أجسام تنطلق بسرعة أكبر من سرعة الضوء على الرغم من أنه لم يكن على علم بآثارها وتوريطاتها الزمنية) ، وإنني أذكر تلك الضجة الدعائية التي نجمت عن إعلان الفريق الأسترالي عن اكتشافهم لما يحتمل أن يكون التاخيونات ، لقد كانت مثيرة للغاية ، ولكن لدى تقييم أكثر عقلانيةً للمعلومات بدأت الاحتجاجات تخمد وتحولت الاهتمامات بعد ذلك إلى أمور أخرى .

من بين تلك الأمور الأخرى بعض الجسيمات المعروفة بسرعتها الفائقة (لا أعني التاخيونات) في الكون . يحب الفيزيائيون أن يصفوا الجسيمات ذات السرعة العالية من خلال طاقتها وليس سرعتها ، ويعود ذلك إلى أن سرعة الضوء تشكل حاجزاً ،

وأن جميع تلك الجسيمات ذات السرعات العالية تنطلق تقريباً بنفس السرعة وهي أقل بقليل من سرعة الضوء في الخلاء ، وللتمييز بينها بشكل أدق نلجأ إلى حساب طاقتها وهـــنا قد نجد جسيماً يملك عشرة أضعاف الطاقة الحركية لجسيم مماثل ولكنه يتحرك بسرعة أكثر قليلاً ، كما أن استخدام حسابات الطاقة يصبح أكثر واقعية عندما يكون الأمر متعلقاً بتمدد الزمن أيضاً .

لتفصـــيل هـــذه النقطة دعني أضع بعض الأرقام . يتم حساب طاقات الأجسام بواحدة تسمى « **الكترون فولط** » وهي الطاقة التي يمكن أن يكتسبها الإلكترون إذا تم تسريعه في حقل كهربائي يبلغ فرق الكمون خلاله فولطاً واحداً . ولكي يصبح لدينا إحســـاس بهذه الواحدة يمكن أن تلاحظ أن الطاقة الحركية النموذجية لإلكترون يدور حـــول نـــواة ذرة تـــبلغ بضـــعة إلكترونات فولط ، وبهدف المقارنة نقول أن الطاقة النموذجية لجسيم أولي من الأشعة الكونية يمكن أن تبلغ تريليون إلكترون فولط ، الأمر الـــذي يســـتدعي أن نتوقع أن هناك مولدات كونية في مكان ما من الفضاء تولّد على الأقل تريليون فولط . فإذا علمنا أن الجسيمات الأولية للأشعة الكونية هي البروتونات فنســـتدل أن الـــبروتون الواحد الذي يحمل تريليون إلكترون فولط من الطاقة الحركية ينبغي أن يتحرك بسرعة ٩٩,٩٩٩٩ بالمائة من سرعة الضوء ، بينما نجد البروتون الذي يحمـــل طاقة تبلغ عشرة تريليونات من الإلكترون فولط يتحرك بسرعة ٩٩,٩٩٩٩٩٩ بالمائـــة مـــن سرعة الضوء . في تلك السرعات يستحسن أن نعطي الفرق بين سرعة الـــبروتون وسرعة الضوء ، فمن أجل جسيم ذو عشرة تريليون الكترون فولط يكون الفـــرق فقط ثلاثة أمتار في الثانية – بضعة خطوات . ومن أجل مائة تريليون إلكترون فولـــط يكـــون الفرق ثلاثة سنتمترات في الثانية – خطوة عصفور ، ومن أجل ألف تريليون فولط يكون الفرق ٠,٣ مم في الثانية ، وهكذا . لاحظ الكم الهائل الزائد من الطاقـــة اللازم لتقدم ضئيل لا يذكر في السرعة ، (بالقرب من مدينة " وميرا " وعلى بُعـــد غير كبير إلى الشمال منها تقع منطقة لحوض مجفف اسمه " إيرا " ولا أستطيع أن أنســـى عـــندما ضـــرب المغامر البريطاني « دونالد كامبيلا » رقماً قياسياً في السرعة الأرضـــية عام ١٩٦٤ حيث وصل فقط إلى سرعة ٤٢٩ ميلاً في الساعة – ٦٩١ كيلو متر في الثانية – أو ما يقرب ٠,٦/مليون من سرعة الضوء) .

لـــتحويل طاقات الأشعة الكونية إلى عامل تمدد الزمن يمكنك أن تستخدم صيغة بســـيطة : اقســـم طاقة البروتون المقدرة بالإلكترون فولط على بليون وستحصل على عـــامل الـــتمدد عـــلى معدل ساعاتنا ، وهكذا فإن بروتوناً ذو طاقة مقدارها تريليون إلكـــترون فولط يتمدد زمنه بمقدار واحد من ألف من زمننا ، بينما يصبح عامل التمدد واحد من المليون بروتون يحمل طاقة قدرها ألف تريليون إلكترون فولط .

تعمـــل محطة (كانجارو) في البحث عن وابل الجسيمات في الهواء التي لا تتولّد من البروتونات بل المتولدة عن فوتونات أشعة جاما (Gamma) التي تحمل طاقات من رتبة التريليون إلى عشرة تريليون إلكترون فولط . (الفوتون هو صرَّة أو كمّ من الضوء ، بيـــنما أشعة جاما هي فوتونات ذات موجة قصيرة جداً) . وحتى تلك الطاقات الهائلة فإنها تكون متقلبةً في معايير الأشعة الكونية . في عام ١٩٩٣ تم رصد أشعة كونية أولية (وهي غالباً ما تكون بروتون) ذات طاقة بلغت ثلاثمائة مليون تريليون إلكترون فولط مـــن قبل فريق أميركي كان يستخدم مرصداً يسمى « عين الذبابة » وقد اشتق الاسم مـــن الهندسة البصرية المستخدمة ، وهي تحتوي على أكثر من مائة مرآة قطر كل منها ١,٥ مـــتراً وكل منها موجّه باتجاه يختلف عن الآخر مثل أجزاء العين المركبة للذبابة ، وبهـــذا النســـق يمكن تغطية معظم القبة السماوية ليلاً في وقت واحد ، وقد وُضع هذا المرصـــد على قمة جرف عالٍ ثابت في منطقة مهجورة مثل (ووميرا) وكأنه منافسٌ لمنصة إطلاق الصواريخ القذفية في (يوتا الغربية) . ولكن عين الذبابة تقتنص الجزيئات الذريـــة أفضل من الأسلحة الذرية متتبعةً أوليات الأشعة الكونية التي تحتوي على أعلى قدرٍ من الطاقة .

عـــند مستوى مائة مليون تريليون إلكترون فولط من الطاقة يحمل بروتون واحد نفس الأثر الذي تحمله كرة (بيسبول) عند قذفها ويُراوح عامل كبح الزمن هنا حول مائـــة بليون ، أي أن ساعة تتحرك بجانب مثل هذا الجسيم ستبدو لنا أنها تدق أو تسير بمعـــدل واحد على مائة مليون من معدل سير ساعة الجدار الموجودة في مكتبي ، فيومٌ واحـــد فقـــط يمر على الأرض يوافق ميكروثانية من زمن الجسيم (والعكس صحيح بالطـــبع) فإن دَقةً من ساعة مكتب تنطلق مع مثل هذه الأشعة الكونية يمكن أن تتكرر مـــرة واحـــدة فقط كل ثلاثة آلاف سنة أرضية . يحمل عامل الكبح الهائل هذا آثاراً

كبيرة على طبيعة جسيمات الأشعة الكونية المدروسة . وفي الحقيقة فإنه ما من أحد يعرف على وجه الدقة حتى الآن مصدر الأشعة الكونية وخاصة تلك الجسيمات ذات الطاقة العالية جداً من رتبة المائة مليون تريليون إلكترون فولط . **النجوم فائقة الاستعار** (Supernova) ، والكتل المركزية المتفجرة للمجرات ، والنجوم النبَّاضة ، والثقوب السوداء ، كلها يمكن أن تكون مصادر للأشعة الكونية ، ولكن لا يوجد آلية بسيطة يمكن أن تبين سبب قدوم كل هذه الجسيمات الهائلة الطاقة من الفضاء . جزء من المشكلة يعود إلى أن الإشعاعات الكونية تمطر الأرض بوابلها بالتساوي تقريباً من كل الاتجاهات فيكون من الصعب تمييز مصدرها بشكل محدد ، كما أن الجسيمات المشحونة مثل البروتونات تنحرف بسبب الحقل المغناطيسي للمجرات وبالتالي فإن اتجاه وصولها يمكن أن لا يعطي معلومات دقيقة عن موقع مصدرها .

هناك استثناء واحد لما ذكر هو الجرم المعروف باسم (سينوس X3) - وهو منبع لأشعة (X) يتألف من زوج من النجوم المتفجرة يقع على بُعد خمس وثلاثون ألف سنة ضوئية من كوكبه (سينوس) (وتسمى بالعربية كوكبة الدجاجة) . في منتصف الثمانينات تم توجيه « عين الذبابة » وأنظمة كشف أخرى إلى الأشعة الكونية المحملة بالطاقة والقادمة من اتجاه (سينوس X3) وذلك بخط مستقيم ، وبما أن الجسيمات غير المشحونة لا تتأثر ولا تنحرف بالمجال المغناطيسي فإن هذا التوجيه سوف يؤدي إلى استبعاد البروتونات ، وقد بدأ الفيزيائيون يستغربون عن إمكانية وجود نموذج جديد غريب من الجسيمات المعتدلة كهربائياً . وقد تنبأت بعض النظريات بوجود جسيمات ثقيلة معتدلة تسمى (فوتينات) ، فهل يمكن أن تكون الأشعة الكونية القادمة من (سينوس X3) هي الفوتينات ؟ ربما ، ولكن هناك احتمال غريب آخر ، النيترون المتواضع ليس له شحنة ، فهل يمكن أن يكون هذا هو الجسيم الغامض ؟ علماً بأن النيترونات لا تظهر عادة ضمن دراسات الأشعة الكونية لأنها غير مستقرة ، وأن نصف عمر النيترون حتى يتحلل يبلغ خمسة عشر دقيقة تقريباً ولا يمكن السفر بعيداً خلال هذه الفترة ، ولكن هنا يأتي دور مكابح الزمن لكي تعمل ، فإذا استطاع النيترون أن يتحرك بسرعة كافية فإن مدة حياته ستطول بشكل كبير بالنسبة إلى إطارنا المرجعي ، فعند مليون تريليون إلكترون فولط وبعامل كبح مقداره بليون تترجم الخمس عشرة

دقـيقة إلى خمسـة وثلاثين ألف عام ، وهذا يعني أن ذلك النيترون يستطيع السير في الفضـاء لمدة خمسة وثلاثين ألف عام قبل أن يتحلل ، وهذا أكثر من كاف لكي يصل هذا الجسيم إلى الأرض من (سينوس X3) هذا هو تمدد الزمن والتحدي الذي يكرسه، فإذا استطعت أن تسير بتلك السرعة فإنه يمكنك أن تعيش بليون سنة أرضية .

[هل هذا يعني أن السرعة العالية هي سر الشباب الأبدي ؟] .

الكثير من الناس يقعون في هذا الوهم ، ولكن الجواب لا ، إن الملاحظة الواردة أعـلاه حـول العـيش بلايين السنين تعني أن فترة حياتك البالغة خمس وسبعون عاماً بالنسـبة للإطـار المرجعي للأرض تحتل بلايين السنين من زمن الأرض ، أما بالنسبة لإطـارك المرجعي فإن الخمس وسبعون عاماً تبقى خمس وسبعون عاماً ، فمن منظورك أنت تتباطأ الأحداث على الأرض ، فدقة واحدة من ساعة على الأرض قد توافق ثلاثة آلاف سـنة مـن سـنواتك ، ومن سوء الحظ أنك لا تستطيع استخدام تمدد الزمن النسـبوي لـتأخير عمليـة نموك العمري (تقدمك في السن) بالنسبة إلى إحساسك الشخصي بالزمن ، ولكن فقط بالنسبة إلى زمن أحدٍ آخر .

[أنا حائر الآن حول شيء ما يؤكد شكوكنا ، فأنا أقرأ دائماً أن عمر الكون يبلغ خمسة عشر بليون سنة ولكن بالنسبة لمن ذلك ؟ إذا كان يمكن للأشعة الكونية أن تصغر تريليون من السنين إلى خمسة وسبعين عاماً فقط ، أفلا يعني هذا أن الكون بـدأ قـبل سـنة فقـط بالنسبة لزمن الأشعة الكونية ؟ وقد أكون مخطئاً في ذلك والصحيح أن تكون ساعة من زمننا هي التي تساوي بلايين السنين من زمن الأشعة الكونـية ، حيـث أن تلـك الأشعة سترى الخمسة عشر بليون سنة العائدة لنا قد تمـددت إلى بلـيون تريليون سنة . هلمَّ نفكر بذلك ، أليس الكون مليء بالحركة والمجرات تتدافع هنا وهناك وبعض منها يقترب من سرعة الضوء ؟ هل الزمن المرن عـند (آينشتاين) جعل وضع تاريخ لبدء الكون أمراً لا معنى له قطعياً ؟ في الواقع أليس لذلك تاريخ ؟ ما رأيك ؟]

حسـناً ، نعم و لا ، وسنرى في فصل لاحق كيف نحلل تلك الأزمنة ، ولكن الاعتراض قائم ، فبمجرد أن نقبل أن الزمن لم يعد مطلقاً أو شاملاً للكون فإن السؤال

عن احتمال وجود نوع من الزمن الكوني وفيما لو كان متفرداً ، يكون سؤالاً حاسماً . نحن فعلاً لا نملك حدساً يوجهنا في هذا المجال ، لأن الزمن في حياتنا اليومية يعطي أداءً مقنعاً ليكون البعد الكوني والمطلق ونحن على يقين أنه ليس كذلك .

إن السبب في كون الزمن المرن ليس جزءاً من إحساسنا العام بمعاناتنا اليومية هو أن الكائنات الحية نادراً ما تصل إلى سرعات نسبية تزيد عن واحد من المليون من سرعة الضوء ، ويكون أي تمدد في الزمن صغيراً جداً لدرجة غير ملحوظة . في عام ١٩٠٥ كان القطار هو أسرع وسائل النقل ، ومعظم المناقشات التي كانت تدور حول الزمن النسبوي استخدمت أمثلةً عن مراقبين في القطارات ، إلا أن (آينشتاين) استخدم فعلاً الحقيقة التي تفيد أن الأرض تدور بسرعة أكبر من سرعة أي قطار مستنتجاً ما يلي : « إن ساعة موازنة عند خط الاستواء يجب أن تسير ببطء أكثر بمقدار ضئيل من ساعة تماثلها تماماً بالدقة موضوعة في أحد القطبين وتحت نفس الظروف تقريباً »[1] ، على الرغم من أن (آينشتاين) لم يكن يعلم ما سنورده الآن عندما كتب كلماته المذكورة أعلاه . إن الأرض في الواقع مسؤولة عن مكبحين للزمن ولكنها في الحقيقة تبطلهما ، (لذلك فقد كان مخطئاً) ، أحدهما يرجع إلى دوران الأرض والثاني ينتج عن ثقالتها وقد كان (آينشتاين) نفسه هو الذي اكتشف مفعول الثقالة بعد ذلك بسنتين .

لماذا تؤثر الثقالة بالزمن ؟ هناك بعض المناقشات الجذابة التي تؤكد التأثير ، إحداها تنسجم مع حلم المهندسين القديم بوجود ما يسمى الحركة المستديمة (إلى الأبد) .

(٣-٢) الحركة الدائمة والمقاومة المتصاعدة

« ليس هناك شيء يسعدنا أكثر من غداءٍ مجاني »

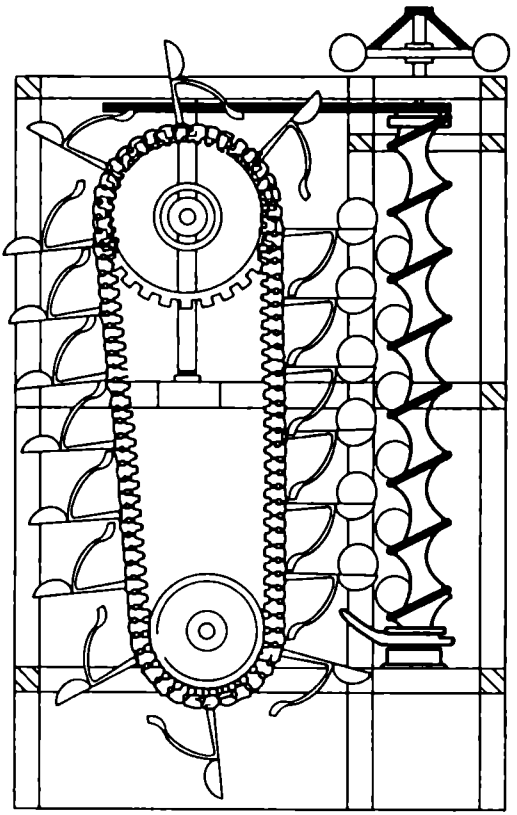
(ميلتون فرايدمان)

إذا كانت الأبحاث المتعلقة بالزمن تتصدر قائمة المخطوطات التي تتبادلها أقسام الفيزياء في الجامعة فإن تلك التي تبحث في الحركة الدائمة تأتي في المقام الثاني ، فالبحث

عـــن آلة تقدم لنا طاقة من لا شيء له تاريخ طويل وكئيب يمتد إلى عصور قديمة ، وقد شـــد هـــذا الموضـــوع في حينه انتباه العديد من الشخصيات اللامعة أمثال (ليوناردو دافينشـــي) و (روبرت بويل) ، كما أشارت تقارير الخبير المساعد لشؤون براءات الاخـــتراع الـــبريطانية عام ١٩٠٦ أن هذه المؤسسة تلقت ستمائة طلب براءة اختراع لآلات الحـــركة الدائمـــة منذ عام ١٦١٧[٢] . وقد وصف هذا الخبير أحد أكثر تلك الآلات المقـــترحة شهرة وهي التي أوضحتها في الشكل (٣-١) . تتألف هذه الآلة من ســـير نـــاقل متصل مثبت عليه بعض الأطباق ، وهي فارغة على أحد الجانبين ، ويتم وضـــع كـــرة في كل منها على الجانب الآخر فيؤدي ثقل هذه الكرات إلى شد السير الأيمن نحو الأسفل ، وعندما تصل الكرات إلى الأسفل تتدحرج من الأطباق لتدخل بين فجوات برِّيمة ضخمة تقوم بنقلها إلى الأعلى ثانيةً ، أما القوة التي تحرك البريمة فهي تأتي مـــن الســـير الدائر نفسه عبر مجموعة من المسننات . وعلينا أن نقتنع بأن هذه البدعة ستحافظ على دورانها دون الحاجة بتاتاً إلى أي محرك يقوم بتسييرها ، حتى أنها يمكن أن تعطينا فائضاً من الطاقة مجاناً !!

هـــناك قانونين في الفيزياء يفيدان بأن البحث عن مثل هذه الآلة هو ضرب من العبـــث مصـــيره الفشل . القانون الأول هو **قانون (مصونية) انحفاظ الطاقة** والذي ينص على أنه لا يمكننا استجرار طاقة من جملة معزولة أكثر مما نزودها ، وكل ما يمكننا فعله هو أن ندور الطاقة أو نحولها من شكل إلى آخر آملين أن لا نفقد شيئاً منها خلال هذه العمليات التحويلية ، علماً بأن الطاقة التي تتسرب من بين أيدينا لابد أن تظهر في النهاية بشكل حراري ، وفي حالة تحول القوة المحركة كلها إلى حرارة فإن الآلة تتوقف. يسمى قانون انحفاظ الطاقة أحياناً **قانون الترموديناميك الأول (قانون مصونية الطاقة)** . أما قانون الترموديناميك الثاني فهو يقول أنه إذا تم تبديد الطاقة على شكل حراري فلن يكـــون بالإمكـــان استعادتها إلا إذا تم استخدام مقدار مماثل على الأقل من الطاقة التي جـــرى تـــبديدها ، هذا وإن أي أحد يحاول أن يولّد طاقة دون وقود فإنه سيكون قد خـــالف القـــانون الأول ، كما أن أي أحد يسعى وراء البحث عن آلة حركة دائمة سيكون قد خالف القانون الأول والثاني لأنه في أي جملة عملية لابد أن يكون هناك هدر أو ضـــياع في الطاقة – عادة ما يكون على شكل احتكاك – يستنـــزف ببطء طاقة أي

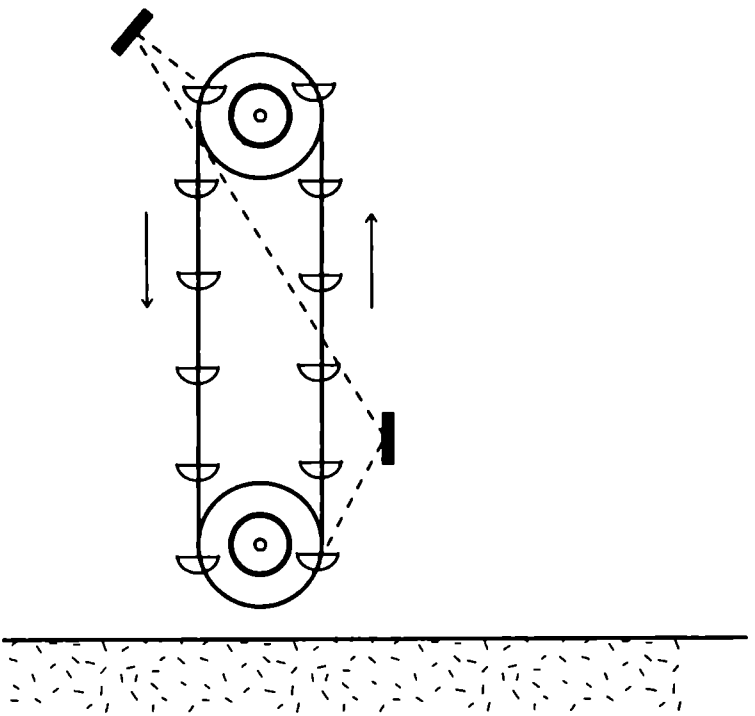
جملـــة مـــتحركة ، وهذا ما يجعل المحركات تحتاج دوماً إلى التزود بالوقود حتى تبقى في حالـــة حركة . في حالة السير الناقل سنجد أن الطاقة المتولّدة عن سقوط الكرات لن تكون كافية لتدوير الجذع الملولب وتعويض الحرارة التي لا يمكن تجنب ظهورها نتيجة دوران المسننات ، وستقف الكرات الصاعدة قبل وصولها إلى غايتها المنشودة .



الشـــكل (٣-١) : شيء ما ناتج عن لا شيء ؟ يبين الشكل تصميم آلة ذات حركة دائمة وهو تصميم نموذجي قديـــم .

يبين الشكل (٣-٢) تصميماً لآلة حركة دائمة وضعه الرياضي (هيرمان بوندي) حيث قال أنها تعتمد على فكرة من وضع (آينشتاين) نفسه وهي مقتبسة بوضوح من التصميم القديم الموضّح في الشكل (٣-١) . وهي تتألف من سير ناقل أيضاً مثبت عليه عدد كبير من الأوعية على مسافات منتظمة ، ولكن كل وعاء لا يحتوي على كرة بل عـــلى ذرة مفـــردة وحيدة . تكون الذرات التي في الأوعية اليسارية في حالة هيجان ،

والـــتي عـــلى الجانب اليميني في أقل طاقة لها أو في حالة ركود . يعتمد مبدأ الآلة على علاقة (آينشتاين) المعروفة ($E = mc^2$) التي تقول أن الطاقة (E) كتلتها (m) ، ولأن الكتلة لها ثقل فنستنتج أن الذرات التي في حالة هيجان (وهي تملك طاقة أكثر من تلك الـــتي في حالة ركود) تكون أثقل ، ويجب أن أؤكد هنا أن هذا الافتراض ليس عملياً بالشـــكل الذي تم وصفه لأن الثقل الإضافي للذرات طفيف لا يذكر ولكن هذه البنية ضرورية لنمذجة المثال وتوضيح معالم المبدأ .



الشكل (٣-٢) : كبح الزمن الثقالي يمنع هذا الجهاز المبدع من توليد الطاقة حسب زعم (هيرمان بوندي) .

إن توزيع الرجحان للأثقال يُسبب دوران السير الناقل حيث أن الذرات الأثقل الموجـــودة إلى اليســـار تسحب السير نحو الأسفل ، ويوجد في أسفل السير جهاز ما قـــانصٌ للطاقـــة يســـتفز (يحث) الذرات الهائمة لكي تتخلص من طاقتها على شكل فوتونـــات ضـــوئية ، علماً بأن الإصدار الضوئي المحثوث للذرات معروف وشائع عند الفيزيائيين وهو يوجد على شكل **الليزر** على سبيل المثال (Laser) .

إن الترتيب السابق يجعل الذرات التي تكون في الأوعية التي أصبحت إلى يمين السير الناقل في الحالة الراكدة الخفيفة كما هو مطلوب . ويتم توجيه الفوتونات المنطلقة وإرسالها إلى أعلى السير الناقل - ويمكنها أن تفعل ذلك دون الحاجة إلى جذع ملولب - حيث ترتد منعكسة إلى الأوعية التي تكون قد وصلت للتو إلى قمة السير الناقل فتعمل على تهييج الذرات الموجودة فيها ثانيةً . وهكذا تبقى الذرات الموجودة على يسار السير متهيجة وتبقى الذرات الموجودة على يمين السير الناقل راكدة بينما يستمر دوران السير بلا توقف ، وبعبارة أخرى فإن وضعية الرجحان تبقى سائدة ويصبح بإمكاننا استخدام هذه الحركة لتوليد الكهرباء بشكلٍ غير محدود ظاهرياً ودون استعمال أي وقود .

الآن ، ليس من المفروض أبداً أن يقوم (آينشتاين) أو (بوندي) بفتح ثغرة في قوانين الترموديناميك ، وبدلاً عن ذلك فقد قررا أن الحركة الدائمة مستحيلة ومضى كل منهما في مناقشة الأمر من وجهه الآخر ، فلابد أن الافتراضات التي بني عليها تصميم السير الناقل غير فيزيائية على ما يبدو ، أي يجب أن يكون هناك سبب يفسر عدم قدرة الفوتونات المتحررة في أسفل السير الناقل على إعطاء التهيج المطلوب للذرات في أعلى السير . ويجب أن يكون العجز في طاقتها مساوياً تماماً للطاقة التي من المفترض للآلة أن تولدها ، عندئذٍ يصدق ما تقوله الكتب .

إن طاقة تدوير السير الناقل تأتي من الثقالة التي تسحب الذرات الأثقل إلى الأسفل ، وهذا يتضمن أن الثقالة تقدم شيئاً تعويضياً للفوتونات الصاعدة فتسلب منهم طاقتهم التي اكتسبوها عندما تهبط الذرات إلى الأسفل . ومن الجلي تماماً الآن أن الفوتونات تضعف أثناء صعودها بسبب مقاومتها وكفاحها ضد قوى الثقالة ، ونتيجة لذلك فهي تصل إلى القمة منهكة وبطاقة أقل من الطاقة التي كانت تحملها عندما بدأت في رحلتها من الأسفل ، وتكون بذلك غير قادرة على تهييج الذرات إلى المستوى الذي كانت عليه من قَبْل ، وعندها سيتباطأ السير الناقل تدريجياً إلى أن يقف تماماً ، ويصل إلى المصير المحتوم لجميع الآلات والمتحركات « الدائمة » .

وهكذا وجدنا أن جهاز السير الناقل يُظهر لنا بعض التلميحات عن أن الثقالة تؤثر في الضوء ، ولكن ماذا عساها أن تفعل في الزمن ؟ .

(٣-٣) لماذا يجري الزمن بسرعة أكبر في الفضاء

قبل أن أشرح العلاقة بين خفوت الضوء والزمن دعني أستعرض مناقشة أخرى تؤكد الصلة بين الضوء والثقالة . وقد توصل (آينشتاين) نفسه إلى فكرة أن الثقالة تؤثر بالضوء عن طريق أسلوب مختلف تماماً في المناقشة عام ١٩٠٧ ، حيث كان في هذه المرحلة من تقدمه المهني قد بدأ يلمع وبدأت عبقريته بالظهور والتميز في المجتمع العلمي ، ولكنه كان لم يزل موظفاً في مكتب براءات الاختراع السويسري و لم يكن قد تبوأ مركزاً جامعياً بعد ، (هذا و لم يرد في الوثائق أنه استلم طلبات تسجيل اختراع آلات دائمة شبيهة بتلك التي تلقاها نظيره البريطاني) ، ولكنه مُنح شهادة الدكتوراه من جامعة زيوريخ لمشروع بحث في الميكانيك الإحصائي .

يبدو أن واجباته الوظيفية كانت قليلة إلى حد جعلته يمتلك مزيداً من الوقت الفائض ليجلس ويفكر حول طبيعة الكون الفيزيائي . وبينما كان يتأمل في غموض الثقالة عام ١٩٠٧ استطاع (آينشتاين) عن طريق خط منسجم في المناقشة أن يصل إلى طريقة تمكّن بواسطتها من الوصول إلى استنتاجات عميقة حول هذا العالم معتمداً على التفكّير البحت ، ومثل (جاليليو) الذي سبقه بثلاثة قرون ، بدأ (آينشتاين) مناقشة موضوع الثقالة بمقارنة القوى الثقالية بالتسارع .

لقد تخيل أولاً ماذا يشبه الإحساس بالتسارع ، وفي القراءة النهائية لهذا البحث استخدم مثال المصعد الذي يبدأ فجأة بالصعود ، حيث نعلم جميعاً وبشكل مألوف الطريقة التي تولّد بها الحركات المتسارعة **قوة الثقالة** «g-Force» حيث نُحسُّ بها مثل الثقالة ، فعربة المصعد المتسارع إلى أعلى تشدك نحو أرضية العربة فتزيد من ثقلك بينما تعمل العربة المتسارعة نحو الأسفل على « سحب معدتك إلى الأعلى » حيث أنها تخفف من ثقلك . هناك مثال آخر على التسارع الذي يحاكي الثقالة هو الدوران . في فيلم (ستانلي كوبريك) الأخير « الفضاء الأوديسي ٢٠٠١ » كانت محطة الفضاء تشبه الدولاب وتدور ببطء بحيث تولّد ثقالية اصطناعية حول حافتها ، وعلى الرغم من أن (جاليليو) و (نيوتن) كانا على علم بالرابطة الوثيقة بين التسارع والثقالة إلا أنهما اعتبراها سمةً عرضيةً للطبيعة ، ولكن (آينشتاين) رفع هذه الصلة ليضعها في مصاف المبادئ الأساسية وسماها : « **مبدأ التكافؤ** » حيث يقول هذا المبدأ أنه بجوار

كل لحظة فورية لجملة متسارعة يكون التسارع مكافئ فيزيائياً لقوة ثقالية .

الخطـــوة التالية لمناقشة (آينشتاين) بالإشارة إلى أن الحركة لها تأثير على الضوء هي تأثير دوبلر الذي ذكرته عندما تحدثت في الفصل السابق عن مفعول التوائم . هناك مـــثال واضـــح ملاحظ كثيراً عن تأثير دوبلر وهو صفّارة التحذير المنطلقة من سيارة شـــرطة تقـــترب منك ، حيث تلاحظ أن صوت الصفّارة قد انقلب فجأة عندما تمر بمحاذاتك (وي ، وي - وي ... ووو - ووو ..) ويحدث ذلك لأن السيارة المندفعة تضـــغط الأمواج الصوتية أمامها مما يؤدي إلى زيادة تردد تلك الأمواج ، بينما يحدث العكـــس أثناء ابتعاد السيارة حيث تتمدد الموجات العائدة إليك فيقل ترددها . ويحدث الأمـــر نفســـه للموجات الضوئية ، حيث تعاني الموجات الضوئية الصادرة عن مصدر مقترب من ارتفاع في التردد بينما تعاني الموجات الضوئية الصادرة عن مصدر مبتعد من انخفـــاض في الـــتردد (يكـــون التغير صغيراً جداً في السرعات العادية) ، ولأن تردد الموجـــات الضـــوئية متعلق بلونها فإن تأثير دوبلر على الضوء يؤدي إلى انزياح ألوانه . ومـــن المعروف أن أكثر الموجات الضوئية طولاً في الطيف المرئي هو اللون الأحمر وأن أكـــثر الموجات الضوئية قصراً هو الأزرق ، وبالتالي فإن المصدر المقترب تنـــزاح ألوان موجاته نحو الأزرق بينما تنـــزاح موجات المصدر المبتعد نحو الأحمر . يظهر تأثير دوبلر في جميع الأمواج الكهرومغناطيسية وهي تستخدم على سبيل المثال في دوريات الشرطة التي تمسك الدراجات النارية المسرعة .

عند دمج مبدأ التكافؤ مع ظاهرة دوبلر استنتج (آينشتاين) بمنتهى العبقرية أن **الثقالة تؤثر في الضوء** ، تخيّل أنك تتسارع بعيداً عن مصدر ضوئي ، فكلما ازدادت ســـرعتك يصبح الضوء منحرفاً نحو الأحمر بتأثير دوبلر وقد استنتج (آينشتاين) بناءً عـــلى ذلـــك أن الضوء سينحرف أيضاً نحو الأحمر إذا خضع لحقل ثقالي لأن التسارع يحاكي الثقالة ويعطي نفس آثاره الفيزيائية .

وقـــد استطاع (آينشتاين) باستخدام نظريته النسبوية الخاصة أن يعطي العلاقة التي تحدد مقدار الانزياح الثقالي نحو الأحمر .

هذا الانزياح نحو الأحمر هو الذي ينقذنا من تناقض الآلة الأبدية لأن هناك علاقة بين تردد الضوء وطاقة الفوتونات الموافقة ، ففي الحقيقة أن هذين المقدارين في تناسب

مباشر ، وبناءً عليه فإذا انزاح الضوء نحو الأحمر تنقص طاقة الفوتون ، وفي جملة السير الناقل ستكون الفوتونات التي تصل إلى أعلى السير ضعيفة فعلاً وغير قادرة على تهييج الذرات هناك .

نحـــن الآن جاهزون لاستنتاج الترابط النهائي لكل ذلك مع الزمن . إن مصطلح الـــتردد يعني عدد الدورات في الثانية فإذا انخفض تردد الصوت بسبب انزياح ثقالي نحو الأحمر فإن عدد دورات الموجات التي تعبر كل نقطة في الفضاء ينخفض ، ولكن لقياس الـــتردد نحتاج إلى ساعة لنعد الثواني ، وبناءً عليه فإذا وصل الضوء من أسفل السير إلى أعلاه بتردد أقل فإنه يمكن القول إما أن تردد الضوء قد انخفض أو (بشكل مماثل تماماً) أن الزمن في أسفل السير يجري بمعدل أبطأ قليلاً من جريانه في أعلى السير ، وفي النهاية وبمـــا أنه لا يمكننا أن نقيس التردد إلا باستخدام الساعات فإن التغير في التردد مكافئ للتغير في معدل سير الساعات . أليس كذلك .

[يبدو هذا نوع من الاحتيال (الخداع) لطالما تبرم منه شكّنا الحذر الذي لا ينتهي ، لماذا لا نقول ببساطة أن تردد الضوء يتغير مع الارتفاع ونحافظ على الزمن نفسه في كل الارتفاعات ؟]

حسناً ، لنفترض أننا استخدمنا دورات الموجات الضوئية كدقات ساعة ، ومن الممكـــن أن تكون ساعة جيدة ودقيقة وفي هذه الحالة فإن انزياح اللون الأحمر الثقالي سينقل إلى الساعة مباشرة ويغير من معدل سيرها .

[هـــذا جمـــيل ، ولكـــن ماذا لو استخدمنا ساعةً من نوع آخر ؟ فليس من الضروري أن نستخدم ساعة أمواج ضوئية . وهكذا نجد أنه لا يمكن أن ندعي بأن الزمن نفسه يتغير بتغير الارتفاع إلا إذا تأثرت كل الساعات بنفس الطريقة .]

هـــذا مـــا يحـــدث فعلاً ، فهم كذلك ، وإليك السبب . إن إنجاز عملية دقات الساعة يرافقه ظهور بعض الطاقة وهي تملك ثقلاً مثل كل أنواع الطاقة حسب العلاقة : ($E = m c^2$) ، فـــإذا رفعت ساعة إلى ارتفاع أكبر فإنك ستبذل عملاً للقيام بذلك لكي تتغلب على ثقلها ، ويتم الاحتفاظ بالعمل المبذول على شكل طاقة ثقالية مخزونة في الساعة ، ويمكنك استعادة هذه الطاقة عند السماح للساعة بالسقوط ثانية . الآن ،

هـــناك جزء صغير جداً من الثقل الكلي للساعة يأتي من طاقتها الداخلية أي من طاقة الدقـــات (تـــيك – تاك) لذلك فإن جزءاً من الطاقة الإضافية التي اكتسبتها الساعة عندما رفعناها يكون ناتجاً عن رفعنا لثقل هذه (التيك – تاك) وهذا الجزء مهما كان صغيراً يجعلنا نتوقع ظهور طاقة إضافية لعملية (التيك – تاك) يكون نتيجتها أن تصبح هـــذه الدقات أسرع قليلاً ، وعلى هذا فإن **رفع الساعة يجعلها تدق بشكل أسرع !!** وتثبت الدراسات الدقيقة أن معدل سير الساعة يتغير بتغير الارتفاع بنفس الطريقة التي يـــنخفض بها تردد فوتون أو موجة ضوئية عندما تصعدان إلى أعلى ، والأكثر من ذلك فـــإن هـــذا التأثير على الساعة لا يتعلق بتصميم الساعة فمهما كان نوع الساعة التي ســـتختارها (بما فيها العقل البشري) فإن جميعها سيجري هناك في الأعلى أسرع مما ســـيجري هـــنا في الأسفل ، ويكون معدل التغير متماثلاً عند كافة أنواع الساعات وهكـــذا فـــبدلاً من القول أن : « كل الساعات تسير بسرعة أكبر هناك في الأعلى » يصبح من الأفضل أن نقول : « إن الزمن يسير بشكل أسرع هناك في الأعلى » .

لـــنأخذ الآن خلاصة هذه المحاكمة العقلية حتى الآن ، والتي قادتنا إلى الاستنتاج بـــأن الزمن يتسارع كلما زاد الارتفاع بسبب استحالة وجود الآلات دائمة الحركة ، وقد توصل (آينشتاين) إلى نفس هذه النتيجة من دراسة المصاعد المتسارعة مع ظاهرة دوبلـــر ، حيـــث تقود الطريقتان إلى الاستنتاج بأنك كلما ارتفعت إلى الأعلى زادت سرعة سير الزمن . وبغض النظر عن كون تلك التأثيرات طفيفة للغاية فإنني لم أقدّم أي أمـــثلة عددية ، ولكن لا بأس أن نأخذ هذا المثال ، إن ساعة على الأرض ستخسر بعد ســـاعة واحدة نانوثانية واحدة (نانوثانية = واحد من البليون من الثانية) بالنسبة إلى ســـاعة موجودة في الفضاء . إن التأثير يستدعي أيضاً أن يسير الزمن في قمة بناء عالي بســـرعة أكـــبر من سرعته عند قاعدة البناء ، وهكذا فإنه يمكنك أن تكسب ببساطة نانوثانـــية أو ما يقاربها خلال مدة حياتك زيادة عن جيرانك فيما لو أقمت في الطابق الأرضـــي من البناء ، وهذا يجعلك تميل للاعتقاد بأن مثل هذه التغيرات الزمنية الطفيفة غـــير قابلـــة للكشف وأنها غير ذات قيمة على الإطلاق . في الحقيقة لا هذا ولا ذاك ، فهي قابلة للقياس كما أنها قد تصبح تحت بعض الظروف مكابح زمن ثقالية هائلة وقد تقود إلى آثار دراماتيكية كما سأوضح بعد قليل .

قد تكون محقاً في شكوكك حول المناقشات النظرية السابقة إذا تناولتها بمفردها، فإذا كان الزمن يتغير فعلاً مع الارتفاع فمن المهم إثبات ذلك تجريبياً . وقبل أن نأتي إلى ذلك أود أن أعرض حجةً أخيرة عن مفعول الثقالة وتأثيرها على الزمن ، ومن الطريف أن هذه الحجة الثالثة استخدمت ضد (آينشتاين) – على الرغم من أنه قدمها بنفسه – أثناء مناظرة مع الفيزيائي الدانماركي (نيلز بور) . وقد حدثت المواجهة بينهما بعد ذلك بكثير (عام ١٩٣٠) حيث كان (آينشتاين) في ذلك الوقت بروفسور ونجم عالمي متفوق وحائز على جائزة نوبل ، بينما كانت أفكار (بور) تحتاج إلى حربٍ لكل تقدم بسيط .

(٣-٤) الساعة داخل الصندوق

حدث أن أمضى (آينشتاين) و (بور) سنوات طويلة في مواجهات وتحديات، ولم تكن نقطة الخلاف بينهما النظرية النسبية التي سرعان ما قبلت في الأوساط الفيزيائية ، ولكنها كانت النظرية الثورية والمحيرة التي تُعرف **بالنظرية الكمومية** (Quantum Theory) – ولنتذكر أن (آينشتاين) كان له يد طولى في ولادة هذه النظرية عندما أعطى تفسيراً ناجحاً للظاهرة الكهرضوئية في عام ١٩٠٥ أي في نفس السنة التي نشر فيها بحثه الأول في النظرية النسبية ، على أنه لم يمض وقت طويل حتى أواخر ١٩٢٠ حينَ أرسى عِلم الفيزياء الكمومي أُسسه على قواعد صلبة في علم جديد هو **الميكانيك الكمومي** (الميكانيك الكوانتي Qantum Mechanics) هذا العلم الذي تصدَّر العلوم بجهود ذلك العظيم (نيلز بور) .

لقد كان الفيزيائي الألماني الشاب (فيرنر هايزنبرغ) أحد مؤسسي علم الميكانيك الكمومي الجديد ، فقدَّم عام ١٩٢٧ مشروعاً للمبدأ الأساسي في الفيزياء الكمومي وهو ما يُعرف باسم « **مبدأ الارتياب** » «Uncertainity Principle» حيث أعطى من خلاله حدوداً واضحة ومحددة لدرجة الدقة التي نستطيع من خلالها تعيين خواص الجسيمات . وسعياً وراء الدقة دعنا نفكر بالإلكترون فنرى بشكل عام أن جميع الخواص القابلة للقياس فيه تخضع لبعض الشك في قيمتها ، لذلك فمن الممكن أن تكون راغباً في معرفة أين يقبع هذا الإلكترون ، وبأي وسيلة يتحرك . إن مبدأ

الارتـــياب الذي وضعه (هايزنبرغ) يقول بأنه ليس من الممكن تحديد هذين المقدارين بدقة وبنفس الوقت ، فكلما كانت الدقة في تحديد موقع الإلكترون أعلى كانت الدقة في معـــرفة تفاصيل عن حركته أقل والعكس صحيح ، أي أن هناك تبادلية حتمية بين هذيـــن المقدارين . فإذا علمت أين يكون الإلكترون فستكون حركته غامضة بالنسبة لـــك ، وإذا كانت حركته معلومة عندك فيكون من الصعب عليك تحديد موقعه على وجـــه الدقـــة . ويمكن تطبيق علاقات ارتيابية مشابهة على أزواج أخرى من المقادير ، وهناك حالة هامة تتعلق بطاقة الجسيم وبالزمن الذي تقاس فيه تلك الطاقة ، فهما أيضاً غير مؤكدين تبادلياً .

لا نســـتطيع اشـــتقاق الارتـــيابات الأساسية من أفكار الحس العام العادية عن الجســـيمات أي ممـــا هو معروف باسم الفيزياء الكلاسيكي ، لأنها من خواص العالم الكمومي بشكل كامل كما وأن الغموض والتشويش اللذان يُعبر عنهما مبدأ الارتياب لهمـــا صـــلة وثيقة بنوع آخر من الغموض يُعرف باسم : « **ثنائية : الموجة/الجسيم** » (wave - Particle duality) ، حيـــث أن كائناً مـــا مثل الإلكترون الذي نفكر فيه عـــادة كجسيم يمكن أن يتخذ أحياناً شكل ومميزات موجة ، ومن الناحية الأخرى فإن الضوء الذي نفكر فيه عادة على أنه موجة يمكن أن يسلك سلوك سيلٍ من الجسيمات (الفوتونـــات) . من الواضح أنه في حياة العالم اليومية لا يمكن أن يكون هناك شيء واحد يكون الاثنين معاً : الموجة والجسيم ، فهما كائنان مختلفان تماماً ، ولكن في العالم الكمومـــي تكـــون مـــثل هذه الطبيعة الثنائية ممكنة ، ويُصبح لزاماً على ذلك الكائن الكمومـــي أن يقـــدم نفسه إما على شكل موجة أو بمظهر جسيم ويعتمد ذلك على الظـــروف . يجـــب أن لا تحاول أن تتخيل ما هو الفوتون فعلاً ، فهذا السؤال غالباً ما يكون بلا معنى حيث أنه يشبه محاولتك لرؤية أو مواجهة عالم التجربة الإنسانية بالعين المجردة ، فلن ترى شيئاً .مكتبة .. سُر مَن قرأ

لقد ذكرت في القسم السابق أن طاقة الفوتون تتناسب مع تردد الضوء ، وهذه العـــبارة توحي بالوضوح والبراءة ولكنها تخفي بعض الدهاء ، حيث أن مفهوم التردد يكـــون له معـــنى فقط عندما يُسند إلى موجة كما أن طاقة الفوتون تُعزى إلى وجود جسيم ، إذاً فالعبارة تقودنا إلى أن هناك **ثنائية من نوع : موجة/جسيم** تعمل هنا . من

الواضـــح أن قياس تردد موجة ما يحتاج إلى زمن حيث يجب علينا أن نترك الموجة تسير عـــدداً مـــن الأدوار ثم نقيس الفترة التي استغرقتها للقيام بذلك ، وإذا حاولت تقطيع موجـــة ضوئية إلى قطع صغيرة ذات فترات زمنية قصيرة جداً فإنك ستحصل في النهاية عـــلى موجة ذات تردد وحيد ومحدد تماماً أو فوتونات ذات طاقة وحيدة ومحددة تماماً وبالـــتالي فأنـــت تلمس مبدأ التبادلية الذي وضعه (هايزنبرغ) يعمل هنا : إن محاولة تحديـــد طاقة الفوتون تتطلب عدة دورات من الموجة وذلك سيشغل لا محالة جزءاً من الزمن ، وإن محاولة تحديد موقع الفوتون عند زمن محدد يتطلب أن تدرس قطعة صغيرة مـــن الموجة حيث يؤدي ذلك إلى عدم دقة قياس الطاقة . هذه أحد الطرق التي يتم بها التفكير بأحد **الثنائيات المعروفة** (**طاقة/زمن**) الخاضعة لمبدأ الارتياب .

لقـــد قـــادت علاقـــات الارتـــياب التي وضعها (هايزنبرغ) إلى نتائج وآثار دراماتيكية جلية على الصعيد الذري ونحن لا نلاحظها في حياتنا اليومية لأنها لا متناهية في الصِـــغَر ، ولكـــنها يجب أن تنطبق على كافة الجمل الفيزيائية مهما كان حجمها وكتلـــتها وإلا فإنـــنا سنستخدم الأجسام المرئية بالعين المجردة لإثبات عدم صحة مبدأ الارتـــياب ، وحـــتى لو لم نتمكن من ملاحظة التغيرات الكمومية في مواقع وطاقات الأجسام العادية فإنها ينبغي أن تكون موجودة حتى يكون للنظرية معنى .

لم يقتنع (آينشتاين) بمبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنبرغ) ، وبدقة أكثر ، لم يشـــعر بـــأن الفـــيزياء الكمومي الذي يشكل هذا المبدأ جزءاً أساسياً منه يعطي تفسيراً وتصـــوراً كـــاملاً للواقع ، وقد بذل براعة فائقة لإيجاد خللٍ أو شرخٍ أو جدلٍ في قواعد الـــنظرية الكمومية وكان ذلك فقط ليجعل (بور) يُقدِّم حججه ودُفوعه المقنعة ، وفي عـــام ١٩٣٠ وصـــلت المحـــاورات بين (آينشتاين) و (بور) إلى مستويات عالية من التعقـــيد ، وفي ذلـــك العـــام موَّلـــت الشركة البلجيكية (سولفي) للكيمياء مؤتمراً في (بروكســـل) للبحث في موضوع المغناطيسية . وقد أعطى ذلك الفرصة إلى (آينشتاين) لتقديم حججه وأبحاثه التي أعدها مؤخراً ضد الميكانيك الكمومي إلى (بور) ليفكر بها ملياً ويـــرد عليها ، علماً بأن معظم الفيزيائيين في تلك المرحلة كانوا قادمين إلى المؤتمر ليقبلوا الميكانـــيك الكمومي على أنه تفسير دقيق للعالم حتى لو أدى ذلك أحياناً إلى استنتاجات غريبة ، ولكن (آينشتاين) رفض بإصرار شديد أن يتبع هذا الحشد وتشبث بآرائه .

في تلك السنوات التي سبقت الحرب بقي جزء كبير من المسائل المطروحة حول العمليات الذرية وما دون الذرية نظرياً بحتاً ، صحيح أن بعض التجارب الأساسية المحددة تم إنجازها ، ولكن التقنيات الضرورية لاختبار المفاهيم الأساسية لتلك المواضيع بعمق كامل لم تكن متوفرة بعد ، فالفيزيائيون غالباً يتحدثون ويرسمون المخططات عن العمليات الكمومية دون تقديم اقتراحات جدية تثبت بأن الظاهرة التي تحت البحث يمكن تنفيذها في المختبر ، إذاً كان هناك « **تجارب ذهنية** »(*) مثالية يمكن القيام بها ذهنياً من حيث المبدأ ولكنها تستعصي على التنفيذ عملياً . وقد قدم بعض الفيزيائيين تحليلاً للآثار الكمومية على الأجسام المرئية بالعين المجردة كالشاشات المعدنية والبكرات ولكن تلك الآثار لا متناهية في الصغر إلى حد يفقدنا أي أملٍ في القدرة على قياسها .

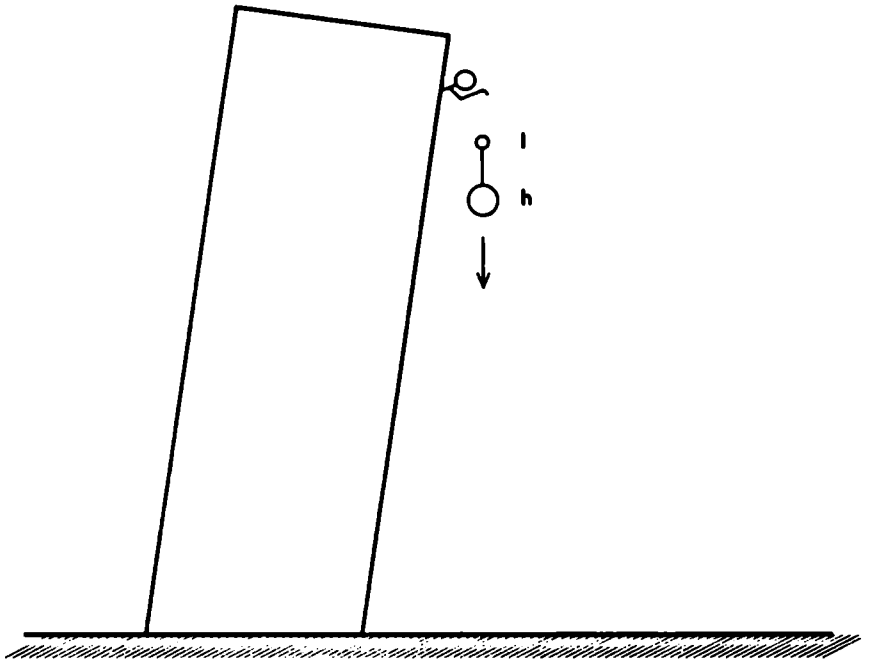
قد تستغرب كيف يستطيع العلماء أن يقدموا لنا أشياء مفيدة عن العالم لمجرد أنهم يتأملون ما حولهم ويفكرون بتجارب غير ممكنة التطبيق على الإطلاق . إن ذلك يثير موضوعات فلسفية ممتعة تستحق استطراداً موجزاً . يستند العلم على افتراض أن العالم يخضع للمنطق وأن المحاكمات العقلية البشرية تعكس ولو بشكل مهزوزٍ نوعاً ما تناسقاً متأصلاً في الطبيعة ، كما أن التوافق المنطقي يتطلب أن تكون جميع القوانين والمبادئ التي تحكم العالم الطبيعي متناسبةً مع بعضها وبشكل متوافق ، وبالتالي فإن من الممكن أحياناً وبالمتابعة العنيدة المركزة للتسلسل المنطقي أن نحصل على اكتشافات تتعلق بالعالم الحقيقي دون أن يكون هناك ضرورة بتاتاً للقيام بالتجارب ، ويتم ذلك بمنتهى البساطة بتخيّل الحالة الفيزيائية للمسألة المطروحة .

من الناحية العملية يكون من الضروري تأكيد تلك التنبؤات النظرية تجريبياً ، لأن هناك أمثلة عديدة في التاريخ لأفكار تبدو منطقية في ظاهرها لكنها تقود إلى استنتاجات باطلة . إن « التجارب الذهنية » (التي يتم تخيلها ذهنياً) يمكن أن تقدم قوانين أو مبادئ جديدة ، وبالمقابل فإنها قد تُظهر عدم اتساق في النظريات الموجودة ، أي أنها يمكن أن تكون إيجابية أو سلبية .

لقد كان (آينشتاين) أستاذاً في « التجارب الذهنية » وقد كتب مرةً أثناء شرحه

(*) التجارب الذهنية : هي التجارب التي يتخيلها الفيزيائي ذهنياً ولا يمكن تطبيقها عملياً (Thought Experimnts) . (المترجم)

لطريقـــته في عمليات الاستنتاج والتفكير : « أعتقد أن التفكير البحت جدير بأن يكون كافياً لفهم العالم »[٣] . وقد ذكرت سابقاً كيف أنه استطاع أن يتنبأ بأثر الثقالة في كبح الـــزمن بتخيل كيف أن الإحساس بالتسارع الذي يشبه الثقالة ، يمكن أن يسبب انزياحاً نحو الأحمر في حزمة الضوء بسبب ظاهرة دوبلر . لم يحاول أبداً أن يقوم بتجربة من هذا الـــنوع لأن ذلك الاستنتاج معتمد على الاتساق البديع والمنطقي والرياضي للطبيعة . في الحقـــيقة إن « **الـــتجارب الذهنـــية** » المتعلقة بالثقالة لها تاريخ طويل جدير بالإجلال والاحـــترام بـــدءاً مـــن (جاليليو) الذي كان أول من أوضح أن جميع الأجسام تسقط بســـرعة واحدة عندما نهمل مقاومة الهواء ، ولإثبات ذلك قام (جاليليو) بتجربة إسقاط أجســـام مخـــتلفة (حيث جاء في الأسطورة أنه أسقط أثقالاً من قمة برج بيزا المائل) ، ولكـــنه بالمقـــابل قام بالتجربة الذهنية أيضاً ، حيث كان في نيّته دحض نظرية (أرسطو طـــالس) التي كانت شائعة في ذلك الوقت والتي تقول أن الأجسام الأثقل تسقط أسرع مـــن الأجسام الأخف . تخيّل أن جسماً ثقيلاً (h) مربوطاً إلى جسم خفيف (l) بواسطة ســـلك نحيل وتم إسقاط الجسمين معاً من قمة برج ، (انظر الشكل ٣-٣) ، يمكن أن نســـأل بعـــد ذلك السؤال التالي : هل وجود الجسم (l) يزيد أم يقلل من معدل سقوط الجســـم (h) ؟ عـــلى افتراض أن (أرسطو طالس) على حق . عند ذلك ستجد أن (l) يجـــب أن يكون متأخراً عن (h) وبالتالي فإن السلك سيتوتر وسيكون للجسم (l) أثرٌ ما في إبطاء سقوط (h) ، من الناحية الأخرى ، لنأخذ الجسمين مع بعضهما كجملة واحدة (h) مـــع (l) حيث يجب أن تكون هذه الجملة أثقل من (h) لوحدها وبالتالي فيجب أن تسقط أسرع من سقوط (h) لوحدها ، وإذا كان الأمر كذلك فإنه سيكون للجسم (l) أثـــرٌ ما أيضاً في تسريع سقوط (h) ، ولكن ذلك غير منطقي على الإطلاق ، فقد قادتنا نظرية (أرسطو طالس) إلى الحصول على استنتاجات متناقضة ، وهي تحديداً أن الجسم (l) له مفعول في إبطاء وتسريع سقوط الجسم (h) ، وأن التفسير المناسب الوحيد هو أن وجـــود الجســـم الخفيف (l) ليس له أي تأثير على (h) ، فكلا الجسمين يسقطان بنفس المعـــدل ، وبذلك تمكّن (جاليليو) من أن يهدم نظرية (أرسطو طالس) دون أن يتسلق بـــرج بيزا المائل أبداً ، وعلى هذا النسق شرع (آينشتاين) في هدم الميكانيك الكمومي عندما نهض ليتكلم في ذلك المؤتمر الشهير الذي عُقد عام ١٩٣٠

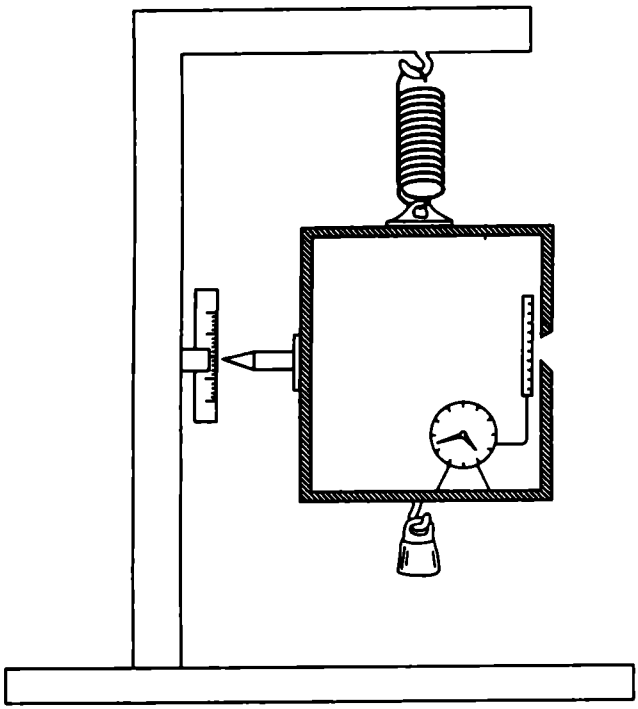


الشـــكل (٣-٣) : كل الأجسام تسقط بسرعة واحدة ، ربط الجسم الخفيف l بالجسم الثقيل h لا يؤثر بأي شكلٍ على سرعة h في السقوط وإلا فسيكون هناك تناقض منطقي .

يـــتألف الجهـــاز الافتراضي الذي تخيله (آينشتاين) ليقوم بتجربته الذهنية من صندوق معدني معلق على حامل صلد بواسطة نابض ، (انظر الشكل ٣-٤) .

هـــناك ثقب في أحد جوانب الصندوق ويحوي بداخله ساعة مهيأة لكي تتحكم بحاجـــز يمكنه أن يسد الثقب أو يتركه مفتوحاً لفترة وجيزة من الزمن عند لحظة محددة مســـبقاً ، ويمكن قياس الوضع الشاقولي للصندوق (منسوبه) بواسطة مؤشر ومسطرة مُدَرَّجـــة ، وبالإضـــافة إلى الساعة فإن الصندوق ممتلئ بالضوء ، وتتلخص التجربة في محاولـــة قياس كلا المقدارين : طاقة الفوتون ولحظة إفلاته من الصندوق بدقة لا متناهية وذلك في خرقٍ صارخٍ لمبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنبرغ) . إليك الآن ما ينبغي أن تفعل : قم بوزن الصندوق أولاً ثم انتظر حتى تفتح آلية الساعة الحاجز لهنيهة مُؤذنة بإفلات فوتون واحد من الثقب وستسجل الساعة بالطبع زمن حدوث ذلك ، قم الآنَ بـــوزن الصندوق وستجده أخف لأنه فقد فوتوناً والفرق بين الوزنين سيجعلك قادراً

على حساب كتلة الفوتون ومن علاقة (آينشتاين) : ($E = m c^2$) يمكنك حساب طاقتـــه .



الشـــكل (٣-٤) : رسم تصويري لتجربة (آينشتاين) الذهنية التي استخدمها لدحض الميكانيك الكمومي ، وهي في الحقيقة توضح أن الزمن يتباطأ مع الارتفاع .

إن الدقـــة في حســـاب طاقة الفوتون محصورة بالدقة في عملية الوزن نفسها ، ولكـــنك في الواقع لست بحاجة لعملية وزن الصندوق قبل وبعد إفلات الفوتون حيث أن المطلـــوب الفـــرق في الوزن فقط ، ويمكنك أن تستنتج ذلك من الحركة الشاقولية للصـــندوق : فبعد خروج الفوتون سيصبح الصندوق أخف وسيشير المؤشر عندها إلى وضـــعية أعلى على المسطرة المدرجة ، وبإضافة ثقلٍ تعويضي في أسفل الصندوق يمكن إعـــادة المؤشـــر وبالتالي الصندوق إلى موقعه الساكن الأولي ويكون مقدار هذا الثقل مســـاوياً لـــثقل الفوتـــون المفقود . من ناحية أخرى يمكنك التحكم بمدة فتح الحاجز فيمكن أن يكون ذلك للحظة وجيزة أو لفترة طويلة حيث يوجد في الصندوق كميات

كبيرة من الفوتونات ، وبالتالي فإنه يمكنك معرفة زمن إفلات الفوتون بدقة كبيرة أيضاً. وهكذا فإن دقة كلا المقدارين : الزمن والطاقة تعتمد فقط على المظاهر العَرَضية التي يمكن من حيث المبدأ تحسينها بشكل اختياري . إن الاستنتاج الخطير الذي استخلصه (آينشتاين) هو أن مبدأ الارتياب يمكن أن يطوَّق نظرياً بهذا الإجراء وبالتالي فهو غير جديرٍ بأن يكون مبدأً أساسياً في الطبيعة .

مالَ معظم الفيزيائيين الشباب إلى هز أكتافهم لا مبالين بانتقادات (آينشتاين) المكررة للميكانيك الكمومي قائلين : « سيكون كل شيء على ما يرام » ، من الناحية الأخرى كان هناك (بور) رجل الدولة المسن (السابق) الذي يأخذ دائماً تجارب (آينشتاين) الذهنية على محمل الجد ، وقد بدا عليه الضيق الحقيقي أثناء هذه المناسبة ، ويتذكر السيد (ليون روزنفيلد) الذي كان حاضراً في لقاء (سولفي) كيف ظهرت على (بور) مظاهر الصدمة ، وكيف أمضى وقته خلال العشاء في نادي الجامعة محاولاً أن يُقنع زملاءه بأن (آينشتاين) لابد أن يكون قد ارتكب خطأ ما ، ورافق (بور) رفيقه الهادئ (آينشتاين) في طريق العودة إلى الفندق في حالةٍ من التوتر والاضطراب الكبيرين حيث أمضى بعد ذلك ليلة لم يذق فيها طعم النوم .

على أنه في اليوم التالي ، وحين جاء دور (بور) في الحديث كان يبدو وكأنه في انتصار كبير . ادعى (بور) أن (آينشتاين) أغفل نظريته في النسبية في سبيل أن ينتزع ذلك الاستنتاج بضعف مبدأ الارتياب !! وشرح (بور) ذلك بقوله أنه أثناء قياس طاقة الفوتون يجب أن تقيس بدقة الوضعية الشاقولية للمؤشر عندما يعود إلى السكون قبالة المسطرة المدرجة ، وحتى يمكنك التأكد من أن المؤشر أصبح فعلاً في وضع السكون يجب أن تتحقق أن حركته الشاقولية انعدمت (أصبحت صفراً) ، ولكن هذا المتغير خاضع أيضاً لمبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنبرغ) : فكلما كانت دقتك أكبر عند محاولتك تحديد فيما لو أن المؤشر أصبح فعلاً في وضع السكون ، كلما كان تأكدك حول موضعه أقل (أي أين كان المؤشر على المسطرة المدرجة في وضعية السكون) ، بعبارة أخرى فسيكون هناك ارتياب حتمي في ارتفاع الصندوق .

نرى الآن أن جوهر تجربة (آينشتاين) هو أنك لا تستطيع أن تقيس طاقة الفوتون بواسطة القيام بوزنه أي أن الثقالة تلعب دوراً حاسماً ذهنياً ، وكما رأينا فإن

الـنظرية النسبية تتنبأ بأن الساعات الأعلى تسير بسرعة أكبر من الساعات الأخفض ، فإذا كان هناك ارتياب في ارتفاع الساعة فسيكون هناك ارتياب موافق في معدل سيرها وهـذا يترجم إلى ارتياب في الزمن الذي ينفتح فيه الحاجز ليحرر فوتوناً ، إذاً فالعمل المضـني المـبذول في القياس الدقيق لطاقة الفوتون سيقدم حتماً خطأً لا يمكن التحكم بـه في تعـيين لحظـة إفلاته . كل التأثيرات المذكورة حتى الآن كانت مكتوبة ولكن (بور) قدمها بالأرقام أيضاً وأوضح أن الارتياب المألوف في **الثنائية طاقة/زمن** يتجلى بشكل تام .

وهكذا فقد كان (آينشتاين) مُجبراً على الاعتراف بالخطأ ، وفي الحقيقة ، فإن هـذا العقل الفذ الذي يتمتع به (بور) قضى على كل ما يملك (آينشتاين) في حملته العنيفة المستمرة لإيجاد ثغرة أو اكتشاف خطأ ما في أسس الفيزياء الكمومي .

وفي السـنة التالية قام (آينشتاين) بترشيح (هايزنبرغ) لجائزة نوبل مع الإقرار الـتالي : « أنا مقتنع بأن هذه النظرية تحتوي على جزء من الحقيقة المطلقة »[٤] ولكن كـل الحقـيقة ؟ ربمـا لا . وقـد ظل (آينشتاين) حتى آخر أيامه مُصراً أن النظرية الكمومـية إن لم تكـن غير متلائمة مع بعضها ، فإنها بالتأكيد غير كاملة ، لقد كان مقتـنعاً بأنها هجرت شيئاً ما حاسماً حول الواقع . وعلى الرغم من سمعة (آينشتاين) المرعـبة كعالِم ، فستبقى آثار رؤيته القاصرة موجودة ، واليوم وبعد مرور أربعين سنة عـلى وفاته فإن تحسن التجريب جعل موقفه صعب الاحتمال لأنه حتى في تلك الأيام كانـت القلة القليلة من الفيزيائيين هي التي تشك فعلاً بالميكانيك الكمومي وأن حجة الساعة الموجودة في الصندوق يمكن أن تُدْحَض ، فإذا كان ينبغي للفيزياء الكمومي أن يكون متوافقاً ومتناسقاً فمن الأفضل لمعدل سير الساعة أن يتغير بتغير الارتفاع .

(٣-٥) أفضل ساعة في الكون

ذكـرنا الكثير حول التجارب الذهنية ، فماذا عن التجارب الحقيقية ؟ هل تسير السـاعات حقـاً بشكل أبطأ في الأدوار السفلية ؟ من الغريب أن تكون الفيزياء أكثر تسلية في السراديب (الأقبية - الأدوار التي تحت الأرض) . إن افتراضي هذا يرجع إلى أن إدارة الجامعـة لا تعـير موضـوع الفيزياء الأهمية المطلوبة وتخصص للفيزياء أسوأ

الأجنحة لاستخدامها كمختبرات لهم ، ولكن الأقبية في الحقيقة هي أفضل مكان للقيام بالقياسات الدقيقة والحساسة ، فالاهتزازات أقل ويمكنك أن تثبِّت أي شيء مباشرة على الأرض ، كما أن وصول وسائل النقل أسهل لجلب المعدات الثقيلة .

واحدٌ من مختبرات الأقبية المفضلة عندي موجود في (بيرث) حيث تقع جامعة غرب أستراليا ، وهو عبارة عن خليط مبرقع من الغرف والممرات والصالات المختلفة الأحجام والارتفاعات ، كما أنه مزدحم بخليط مذهل من الأنابيب والأسلاك والمقاعد المتناثرة ، وأجهزة الكومبيوتر وعلب الكولا الفارغة ، باختصار ، إنه مختبر فيزياء نموذجي ، وفي ركن هادئ من أحد قاعات البحث ينتصب صف من أسطوانات زرقاء ارتفاعها حوالي المتر ونصف يثير منظرها التساؤل ، حيث ترى على قمة كل منها صمام فولاذي لامع ، وإن أمعنت النظر فسترى بعضها يتسرب منه ببطء بخار أبيض فاسد، وقد جمعت واحدة منها أو اثنتان إلى مجموعة من المعدات الإلكترونية وشاشات « صمام ثنائي مصدر للضوء » «Light emit diode» يرف ضوءه الأحمر الكامد (ينطفئ ويضيء) بشكل مسلّي . يُشرف على هذا النظام فيزيائي يبدو شاباً اسمه (دافيد بلير) وهو أسترالي المَولد ، وقد أمضى عدة أشهر من السنة متجولاً في أنحاء العالم زار خلالها مختبرات أخرى وتمكن من حضور بعض المؤتمرات .

(بلير) الآن في الأربعينات حيث أنه اجتاز حاجزاً مهماً ، ذو لحية داكنة كثيفة وعينان ثاقبتان وابتسامة حاضرة وكتلة من الشعر الأسود الغزير ، كل ذلك يجعلك تتخيّل بسهولة أنك أمام مزارع . لقد كان في الحقيقة مزارعاً يزرع أي شيء ، مكافحاً لا يعرف الكلل لكي يصل في النهاية إلى حزمة البيئة ، فقد اشترى عدداً من الهكتارات في غابات الكاري(*) في الرأس الجنوبي من أستراليا الغربية لكي يمنع قطعها من قبل الحطّابين ، وقد بنى مع زوجته مسكناً من التراب المرصوص (الطين) وكانت مصادر الطاقة لديهما تقتصر على ضوء الشمس ونار مدفأة الحطب .

كان لعائلة (بلير) منزلاً عائلياً تقليدياً في (بيرث) غالباً ما يستضيفون فيه العلماء الزائرين الذين يأتون لينهلوا من علم (دافيد) الذي كرَّس حياته له ، ولتطوير وصقل التقنيات الخاصة بالقياسات الفائقة الدقة لمختلف الأشياء ، وقد كان هدفه

(*) الكاري : خشب أسترالي داكن الحمرة كثيف (المترجم) .

الأساسي الكشف عن تصادمات الثقوب السوداء والنجوم النيترونية في أعماق الفضاء، حيث يمكن الوصول إلى هذه المهمة الصعبة برأيه عن طريق قياس عبور الأمواج الثقالية ، وقد تنبأ (آينشتاين) في عام ١٩١٦ أن تلك التموجات المحيّرة الغامضة لم تُكتشف بعد على الأرض ، ولكن نظرياً يمكن القول بأن صخب الاصطدامات النجمية يتردد صداه في الكون على شكل أمواج ثقالية ، وبقياس اهتزازات هذه الأصوات التي لا يمكن تصور مدى صغرها والمتولدة أثناء عبور أحد تلك الموجات الثقالية خلال المختبر ، يأمل (بلير) أن يستطيع توليفها مع الحدث الذي يمكن أن لا يُكتشف إطلاقاً بغير ذلك .

وكثمرة ثانوية لهذا المشروع الطموح أنشأ (بلير) وزملاءه أكثر الساعات دقةً في الكون المعروف لدينا ، وحتى نكون منصفين فإن هذه الساعات تحافظ على سجلها هذا لمدة تبلغ حوالي خمس دقائق ، بينما تُحافظ الساعات الذرية والنبّاضات على ثباتها لفترات أطول . تعتمد ساعات (بلير) على بلورات الياقوت الأزرق (الزفير) (Sapphire) الفائق النقاء التي تهتز بأصفى وتيرة ، وهذه الاهتزازات تلعب دور البندول - النواس - مشيرة إلى فترات زمنية ذات دقة منقطعة النظير ، والفكرة المدهشة هي ربط البلورات إلى دارة إلكترونية مهتزة باستخدام **تغذية راجعة** (Feed back) للمحافظة على ثبات التردد في أعظم مستوى ممكن من الصدق ، ويتم بعد ذلك تغذية (نقل) الاهتزازات الكهربائية إلى شاشة رقمية يستطيع بواسطتها مراقب التشغيل قراءة الزمن .

لكي يعمل الجهاز بشكل يُعتمد عليه يجب أن يتم تبريده إلى درجة قريبة من الصفر المطلق (- ٢٧٣ درجة مئوية) باستخدام الهليوم السائل ، وللمحافظة على تلك البرودة تدفن الساعات في **حافظات حرارة معزولة** (Thermos Flasks) مُجمَّدة ، وتلك هي الأسطوانات الزرقاء التي ذكرتها ، أما بلورات الياقوت الأزرق نفسها فتوضع في داخل تجويف مصنوعٍ من معدن « النيوبيوم » وتم اختياره لأنه يصبح ناقلاً فائقاً في درجات الحرارة المنخفضة حيث تحوِّل هذه الخاصية جدران التجويف إلى مرايا ذات فاعلية عالية . يتم تغذية الأمواج القصيرة جداً من الدوائر الإلكترونية إلى التجويف حيث تولّد نموذجاً مميزاً من الموجات الكهرمغناطيسية المستقرة

(Standing waves) ذات تـــردد صُمّم لكـــي يتجاوب (resonate) تمامـــاً مـــع الاهـــتزازات البللورية . لقد تم بالطبع تطوير هذا التصميم بعددٍ من التحسينات ، مثل دارات إضـــافية للمحافظة على استقرار درجات الحرارة ، وحاويات معدنية إضافية ، وأغطـــية واقية لمنع تسرب الموجات القصيرة ، ووسيلة لإعادة الهليوم عند تبخره ، إلى آخـــره مـــن هذه التحسينات ، والنتيجة النهائية ساعة تصل دقتها إلى أفضل من جزء واحد من المائة تريليون جزء من الثانية خلال ثلاثمائة ثانية ، وهذه الدقة ممتازة ، حيث أنهـــا تمكـــنك من ملاحظة الفرق في معدل سير الزمن إذا وضعت ساعة من الياقوت الأزرق في قمة مبنى (إمباير ستات) (Impire State) وساعة تماثلها على الأرض . مـــن الناحـــية العملية ، عليك أن تواقت الساعتين أولاً عند الطابق الأرضي ، ثم تأخذ أحدهمـــا وتصـــعد بواسطة المصعد إلى قمة البناء وتبقى هناك قليلاً ثم تعود إلى الطابق الأرضـــي حيـــث تركـــت الساعة الأخرى وتقارن بين ما تشير إليه الساعتان ، وهنا ســـتلاحظ وجود فرق صغير ولكنه قابل للقياس ، وستكون قد قمت باختبار طريف وممـــتع ومباشـــر لنظرية (آينشتاين) ، ويوجد لدى (بلير) طموحات لإنجاز ذلك وحسب ، ولكنه يواجه عقبات تقنية مثل كيفية تجنب التشويش الكبير الذي تعاني منه أجهزة تلك الساعات الناتجة عن كل تلك الحركات .

هـــناك اختـــبار أســـهل وذلـــك بأخذ الساعة إلى ارتفاع أكبر ، حيث يكون الاختلاف الزمني أكبر . في عام ١٩٧٦ استخدم (روبرت فيسوت) و (مارتن ليفين) مـــن المرصد الفلكي التابع لـــ : (سميث) **ساعات "الميزر"(*) الهيدروجينية "Maser"** لقـــياس تـــأثير الـــثقالة عـــلى الزمن ، حيث وضعوا ساعة منها في المقدمة المخروطية للصـــاروخ ثم أطلقـــوه لارتفـــاع ٩٦٠٠ كيلو متر من جزيرة (فالوبس) في ولاية (فيرجينيا) وبمراقبة مقدار تقدم الساعة المحمولة بالصاروخ بالراديو ومقارنته مع ساعة مماثلـــة على الأرض تمكنوا من إظهار التغير في كبح الزمن ، لقد كانت التجربة معقدة لأن مكـــابح الزمن كانت تأتي من عاملين ، سرعة الصاروخ وتغير الثقالة وكان ينبغي فصـــل الأثـــرين في البـــيانات عند تحليلها . ففي أثناء الصعود يكون تأثير الحركة هو المســـيطر وكلما ارتفع الصاروخ إلى الأعلى ينخفض تأثير السرعة ويزداد تأثير الثقالة .

(*) الميزر : وهي جهاز لتحويل الطاقة الداخلية للجزيئات إلى طاقة على شكل أمواج قصيرة جداً ومن ثم تضخيم تلك النبضات لمراقبتها.

استطاع (فيسوت) أن يُراقب السفينة الفضائية لمدة ساعتين قبل أن تسقط أخيراً بحمولتها في البحر قرب (برمودا) مما أدى إلى التحطم الكامل للأجهزة بداخله . ما يهمنا هو أن بيانات المراقبة أفادت بأن كبح الزمن الثقالي بلغ أربعة أجزاء من عشرة بلايين جزء وقد تم قياس التأثير الثقالي بهذه الدقة الفائقة لأن **ساعات الـ : (ميزر)** بلغت من الدقة درجة تُظهر جزءاً من مليون بليون جزء . وهكذا استطاع (فيسوت) بعد سبعين عاماً أن يتحقق من نبوءة (آينشتاين) التي أطلقها عام ١٩٠٧ وبدقة بلغت سبعين جزءاً من مليون جزء . ولم يكن الزمن يسير بسرعة أكبر فحسب عند الارتفاعات الكبيرة كما تنبأ (آينشتاين) ، بل إنه سار تماماً بالمعدل الذي كان (آينشتاين) يقول أنه ينبغي أن يسير به .

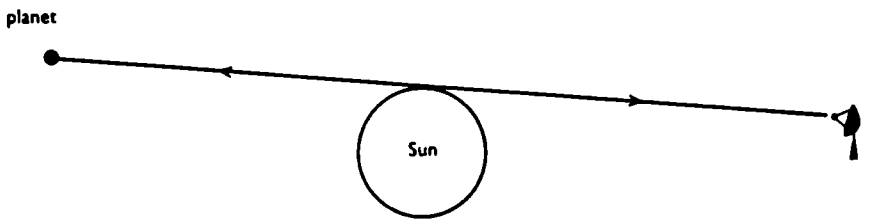
مكتبة
t.me/soramnqraa

(٣-٦) الصدى الذي وصل متأخراً

لقد نصح (آينشتاين) أصلاً بالتحري عن العلامات التي تنم عن وجود الانزياح الثقالي للون الأحمر في ضوء الشمس . إن الزمن على سطح الشمس يسير بمعدل أبطأ بمقدار جزئين من مليون جزء من المعدل الذي يسير به على الأرض بسبب ثقالة الشمس التي تفوق ثقالة الأرض بكثير ، لذلك فإن الخطوط الطيفية للشمس يجب أن يتراح ترددها بنفس العامل ، ولكن هذا الأثر الذي ينبغي أن يُكشف بوضوح يختلط عملياً مع آثار أخرى ولا يكون من السهل ظهوره لوحده . على أن مكابح الزمن الشمسية تظهر لنا عبر طرق أكثر وضوحاً ، وبشكل يمكن قياسه بدقة . بما أن الأرض والكواكب الأخرى تدور حول الشمس فإن مواقع هذه الكواكب في القبة السماوية تتغير عندما ننظر إليها من الأرض ، فأحياناً يبدو أحد الكواكب أنه قريب جداً من الشمس (حيث لا يمكن مشاهدته عادة) فإذا وقع الكوكب في الجانب الآخر (البعيد) من الشمس فإن الحزمة الضوئية القادمة من ذلك الكوكب باتجاه الأرض ستمر بالقرب من سطح الشمس حيث يسير الزمن أبطأ قليلاً ، وبالتالي فإن الضوء سيصل إلى الأرض متأخراً قليلاً عن الوقت الذي كان سيصل به فيما لو كانت الشمس في مكان آخر من السماء ، والشكل (٣-٥) يوضح رسماً هندسياً أساسياً لذلك .

لقد كان (آينشتاين) نفسه على علم بهذا التأخر الزمني منذ عام ١٩١١ ولكنه

لم يتابع نتائجه وأهميته التي انتظرت لكشفها إلهام الفيزيائي الأميركي (إيرفين شابيرو) الـذي أكـد في عام ١٩٦١ أن تأخير الزمن الشمسي قابل للقياس باستخدام الرادار فضـلاً عن استخدام الضوء ، حيث أن الموجات الرادارية يمكن أن تصطدم بالكواكب الأخرى وترتد عائدة إلى الأرض بشكل صدى واهن بنفس الشكل المستخدم للكشف عن الطائرات ولكن على مقياس أكبر ، فإذا كان الكوكب ذا موقع مناسب في السماء وقريب من الشمس فإن الحزمة الرادارية تمر بالقرب من سطح الشمس مرتين وحسب نظرية (آينشتاين) فإن صداها سيتأخر ببضعة مئات من الميكروثانية .



الشكل (٣-٥) : عندما تكون الشمس في مكان يقع بين الكوكب والأرض فإن الإشارات الرادارية وصداها يجب أن تنطلق قريبة من سطح الشمس حيث يسير الزمن هناك أبطأ قليلاً وهذا يؤخر الصدى لبضع مئات من الميكروثانية ، تتنبأ نظرية (آينشتاين) أيضاً بأن الحزمة الرادارية (أو الحزمة الضوئية) سوف تنحني قليلاً .

في عـام ١٩٥٩ كان (شابيرو) يدرس أول صدى راداري مسجل من كوكب الزهـرة ، إلا أنه لم يكن بالإمكان أن يصبح قياس تأخر الزمن النسبوي عملياً إلا في عام ١٩٦٤ ، ففـي ذلـك العـام أصـبحت شبكات هوائيات الرادار في (وستفورد - ماسوشوسـتس) جاهزة للعمل بطاقة خرج (Powe Output) مقدارها أربعمائة كيلو واط . وقـام (شـابيرو) بعد تلك السنة بنشر فكرته في مجلة الفيزياء الرائدة « رسائل ومـراجعات في الفيزياء » وبعد وقت قصير وضع مع زملائه برنامجهم ، وفي أواخر عام ١٩٦٦ كـانوا جاهزين للعمل وتم توجيه شبكات هوائيات الرادار إلى الزهرة ثم عطارد خـلال اقـترانات ملائمة . وتم تسجيل مئات الأصداء وقاموا بتحليلها بعناية ودقة عن طريق الكومبيوتر (الحاسوب) ووجد (شابيرو) وزملاءه أن الأصداء كانت فعلاً تعاني من تأخيرات وكانوا بذلك قادرين على تأكيد نبوءة نظرية (آينشتاين) بنسبة ٢٠% .

تكـون الأخطاء في المدى الراداري (**المسح الراداري**) - Radar Ranging - ناتجـة من التضاريس الصعبة للسطح المدروس من الكوكب ، ومن الارتياب في مواقع

الكواكب ، ومن التشويش الناشئ عن الهالة الشمسية ، ويمكن تحسين التقانيات بشكل ملموس باستخدام سفينة فضائية تعيد الإشارة ، وقد هبطت فعلاً مركبتان فضائيتان في عام ١٩٧٧ على سطح المريخ (من وكالة الفضاء الأميركية NASA) مما أدى للحصول على بيانات ذات مجال أدق ، وهكذا تمكن (شابيرو) من إثبات تأخر الزمن الذي توقعه (آينشتاين) بدقة جزء من ألف جزء .

(٣-٧) الارتقاء إلى العالم

تم إجراء أول اختبار دقيق لتأثير الثقالة على الزمن بشكل ناجح وملفت للنظر على سطح الأرض ، ضمن حدود جامعة هارفارد ، ففي عام ١٩٥٩ قرر (روبرت بوند) و (جلين ريبكا) قياس انزياح اللون الأحمر بسبب الثقالة دون استخدام الضوء المرئي ، بل بواسطة أشعة جاما ، ونحن نعلم أن أشعة جاما هي أمواج كهرومغناطيسية تماماً مثل أمواج الضوء والراديو وبالتالي يمكن أن توظّف كساعة . وفي هذه الحالة يتضاعف التردد ملايين المرات واعداً بدقة أعلى . إن طريقة (بوند – ريبكا) تذكرنا بالآلة الدائمة ذات السير الناقل مع الفارق بأنه يتم هنا حث (تنشيط) النوى الذرية بدلاً من إلكترونات الذرات كما أنه لا يوجد سير ناقل فعلاً ، فقد كانت التجربة محددةً في إظهار أن أشعة جاما الصادرة عن نوى محثوثة عند أسفل برج لا يمكن إعادة امتصاصها بواسطة نوى مماثلة في أعلى البرج نظراً لترددها المنخفض ، وقد كان ارتفاع البرج الذي اختير لتنفيذ التجربة يبلغ اثنان وعشرين متراً ونصف المتر وكان يقع في مختبر (جوفرسون) للفيزياء .

كان الجزء الاكثر براعة هو التأكد أن أشعة جاما بدأت بطاقة مضبوطة تماماً وكذلك التردد حيث أن تأثير الإنزياح طفيف فعلاً (فهو جزأين ونصف فقط من ألف تريليون جزء) ، وعندما تصدر النواة فوتونات أشعة جاما فإن طاقة الفوتون تختلف بشكل كبير لأن النواة ترتد وتنتزع بعض هذه الطاقة ، ولتطويق هذا التعقيد استخدم (بوند) و (ريبكا) بلورات الحديد المشعة ، ففي تلك البلورات تكون الذرة المعنية محبوسة تماماً داخل النظام الشبكي وبالتالي فإن الفوتون الهارب قادر على تحصين نفسه ضد كامل الكتلة البللورية فيكون تأثير الارتداد مهملاً وتنطلق أشعة جاما بتردد معرّف ومحدد تماماً .

كانت التجربة تثبت بشكل واضح أنه عند لحظة الانطلاق إلى أعلى البرج كان الفوتـــون ضعيفاً لدرجة أنه لا يستطيع حث أي من نوى الحديد في بلورات مشابهة في الأعلى ، ولحسم المسألة عمد (بوند) و (ريكا) إلى تحريك البلورات التي في الأعلى إلى الأســـفل ثم إلى الأعلى صعوداً ونزولاً . بالنسبة إلى الإطار المرجعي للبلورات فإن حـــركة الأرجحة هذه تجعل الانزياحات الناجمة عن تأثير دوبلر متغايرة وبترتيب دقيق ومدروس لانزياح دوبلر نحو الأزرق الناتج عن البلورات الهابطة إلى الأسفل لكي تلغي الانزياح الثقالي نحو الأحمر الناتج عن صعود الفوتون إلى الأعلى يمكن للتجربة أن تنجز الحث النووي المطلوب ، وأن سرعة الأرجحة التي يمكن الوصول إليها في هذه المجموعة مـــن الأمور هي التي تحدد قيمة كبح الزمن الثقالي وقد استطاع (بوند) و (ريكا) إثبات نبوءة (آينشتاين) ضمن قياسات بلغ خطؤها واحد بالمائة .

عندما تنبأ (آينشتاين) لأول مرة بأن **الثقالة تؤدي إلى إبطاء الزمن** كانت كل تلـــك الـــتجارب الدقيقة تقبع في غياهب المستقبل ، و لم يكن قلقاً أبداً لأن مثل هذه النبوءة تحظى بأمل قليل في التحقق منها تجريبياً لأنه كما سبق وذكرت كان مؤمناً بقوة الـــتفكير أكـــثر من إيمانه بقوة التجريب كأسلوب لحل ألغاز الطبيعة . في عام ١٩٠٧ كـــان (آينشتاين) قد أرسى قواعد النظرية النسبية الخاصة واستحوذت على تفكيره طبيعة الثقالة ، ومع ذلك فقد بدأ فقط عندها بالتفكير في الحصول على منصب أكاديمي، ويبدو ذلك غريباً في أيامنا هذه ، فواحدٌ مثل (آينشتاين) وله ذلك السجل الحافل لا يملك منصباً جامعياً رفيعاً !! تفسير ذلك أن عجلات العلم كانت تدور ببطء في أوروبا الـــ : ١٩٠٧ .

كانـــت الخطوة الأولى التي ارتقاها (آينشتاين) على السلّم المهني هي أنه تقدم ليمنح الحق للتدريس في جامعة (بيرن) ، وقد كان ذلك يُعرف بنظام المنحة الأستاذية حيـــث لا يتقاضـــى خلالها الأستاذ أي راتب من الجامعة بل يمكن أن يأخذ راتبه من الطـــلاب ، فحـــتى عام ١٩٠٧ كان (آينشتاين) غير مرتاح مادياً مما اضطره للبقاء موظفـــاً في مكتـــب براءات الاختراع السويسري . المهم أن اللجنة التي درست طلبه للـــتدريس في الجامعة قررت رفض ذلك الطلب لأسباب فنية : فقد تقدم (آينشتاين) بســـبعة عشـــر بحـــثاً منشوراً ولكنه حذف قطعة من عمل غير منشور ولكنه مطلوب

حسب الأنظمة ، وأخيراً تم قبول الطلب في يناير ١٩٠٨ .

بدأ (آينشتاين) تقدمه في السلك التعليمي بوتيرة منخفضة فقد أعطى فصلاً من المحاضرات عن الحرارة لثلاثة طلاب فقط وذلك في صيف عام ١٩٠٨ وكان من بين الطلاب صديقه (بيسُّو) ، على أنه في عام ١٩٠٩ استيقظ الوسط العلمي في الجامعة على حقيقة أن هناك عبقرياً بينهم ، وهكذا حصل (آينشتاين) على منصب أستاذ مساعد للفيزياء النظرية في جامعة (زيوريخ) ، وقد كانت موافقة مجلس الكلية بالإجماع تقريباً على قرار استحداث هذا المركز الجديد لـ : (آينشتاين) على الرغم من أنه كان يهودياً وكان هناك ملاحظات قوية ضد السامية لها صلة أكيدة بالتعيين . وفي يوليه (تموز) من ذلك العام استقال (آينشتاين) من مكتب براءات الاختراع ، واستلم عمله في أكتوبر (تشرين ١) حيث كان قد حصل في ذلك الوقت على أول « دكتوراه شرف » من جامعة (جنيف) وذلك من العديد من تلك الشهادات التي حصل عليها فيما بعد .

كانت السنوات التالية من عمر (آينشتاين) المهني غنية بالإنتاج العلمي له بالطبع ، ولكن موضوعي طبيعة الزمن ، والثقالة لم يحرزا تقدماً كبيراً ، فقد تابع (آينشتاين) تنقيح أفكاره في تلك المواضيع والعمل باتجاه التوليف العظيم بينهما ، ولكن ذلك كان مازال بعيداً بعض الشيء بالإضافة إلى أن (ميليفا) أنجبت ولدهما الثاني في عام ١٩١٠ ثم انتقلت العائلة بأكملها إلى (براغ) في عام ١٩١١ حيث حصل (آينشتاين) هناك على منصب (بروفسور) ذو كرسي . وفي أواخر تلك السنة بدأ بإعادة صياغة مناقشاته حول تأثيرات الثقالة على الزمن والضوء وكتب سلسلة من أوراق البحث حول ذلك . لقد تيقن (آينشتاين) بوضوح أن عليه أن يعمم نظريته النسبية الخاصة حتى يتم إدخال الحقول الثقالية والحركة المتسارعة بعين الاعتبار ، ولكنه لم يكن يعرف بعد كيف يقوم بذلك ، وقد اعترف لصديقه (بيسُّو) بأن هذه المهمة كانت صعبة جداً .

في منتصف عام ١٩١٢ حدث انقطاع مفاجئ آخر ، ففي ذلك الوقت انتقلت العائلة مرة أخرى إلى (زيوريخ) حيث حصل (آينشتاين) على مركز بروفسور في جامعته الأم التي تخرج منها : (ETH) . وصل (آينشتاين) إلى قناعةٍ بأن نظرية عامةً

في النسبية تكون كافيةً ووافية تماماً يمكن الحصول عليها فقط بتطبيق القواعد العادية في الهندسة (Geometry) ، وقد استنتج أن من الخطأ التفكير بأن الثقالة **تُسبب** تشويهاً أو كبحاً في الزمن ، بل أن الثقالة **كانت** كبحاً للزمن ، بعبارة أخرى فإن **كلاً** من الزمن والمكان يجب أن يكبحا ، كما أن حقل الثقالة ليس حقل قوة على الإطلاق ، ولكنه تقوس في هندسة الزمكان .

لم يكن (آينشتاين) يفقه شيئاً في الهندسة المنحنية (**هندسة التقوس** Curved geometry) ولكن كان له صديق رياضي يدعى (مارسيل غروسمان) وقد علّم (آينشتاين) التقنيات الضرورية التي كانت قد استنبطت من قِبَل (غاوس) و (رينمان) منذ القرن التاسع عشر . وهكذا أصبحت جميع عناصر النظرية العامة في النسبية متوفرة الآن ولكنها كانت مبعثرةً في ذهن (آينشتاين) إلى درجة محبطة . وبكل صعوبة وبطء تقدم (آينشتاين) و (غروسمان) نحو التركيب النهائي .

في هذه الأثناء كانت هناك تحركات لإقناع (آينشتاين) بالانتقال إلى (برلين) ، وتم بحث فرص عمل كثيرة وأخيراً وفي نهاية عام ١٩١٣ وافق (آينشتاين) على عضوية رسمية في الأكاديمية الألمانية للعلوم ، ولدى مغادرة العائلة لمدينة زيوريخ في مارس (آذار) عام ١٩١٤ اندلعت الحرب في أوروبا ، وكان أن أقام (آينشتاين) في ألمانيا حتى عام ١٩٣٢ ، ولكن (ميليفا) سرعان ما أعلنت أنها ستعود مع ولديها إلى سويسرا المحايدة . لم يكن زواجهما من النوع السعيد إطلاقاً مما أدى إلى وقوع الطلاق بعد مغادرتها . ويظن مؤرخوا السيرة الذاتية أن (ألبرت) كان منشغلاً أساساً وفي هذه المرحلة بالذات بعلاقة غرامية مع ابنة عمه (إيلزا) التي تزوجها فيما بعد ، على أية حال فقد عاد (آينشتاين) إلى حياة العزوبية وأعلن أنه لن يكون أكثر سعادة أبداً .

في مقابل الانهيار البشع لزواجه كانت إنجازات (آينشتاين) العلمية تصل إلى أبعاد مثيرة . كان ما يزال يحاول أن يجمع المكان والزمان والمادة والحركة والثقالة في نظام رياضي مشترك ، وقد ينجح في ذلك خلال أشهر ، وقد يعرف العالم التطبيقات المذهلة والصاعقة لنظريته العامة في النسبية .

الفصل الرابع

الثقوب السوداء :

بوابات نحو نهاية الزمن

« لذلك فإنه يوجد في السماوات أجسام معتمة بنفس كبر النجوم ذاتها وربما تكون هائلة مثلها »

(بيير دولابلاس) - ١٧٩٦

٤-١ لانهائية عامل الكبح

« ما زالت عقارب الساعة متوقفة عند الحادية عشرة والنصف منذ خمسين عاماً ، إنها دائماً تفتح الزمن بين ذراعي البحارة » .

(ديلان ثوماس)

وصلتني مرةً رسالة من رجل تايلاندي يسأل بمنتهى الجدية فيما لو كان من الممكن الوصول إلى الجنة من خلال « **الثقوب السوداء** » . قام الفيزيائي (جون ويلر) بنحت هذا المصطلح بكل ما يوحي به للعامة من جاذبية وغموض ، وقد يرجع هذا الاسم إلى أن تلك الثقوب تملك القدرة على امتصاص أي شيء يصلها وحبسه بداخلها وهذا بحد ذاته مثير للفضول .

إن الثقوب السوداء هي الاختبار المطلق لأفكار (آينشتاين) ، وعلى الرغم من أنه تم الآن التأكد بشكل لا يقبل الشك من وجود كوابح الزمن الثقالية بالتجارب الدقيقة على الأرض وضمن النظام الشمسي ، فإن آثارها طفيفة إلى حد مثير للاستغراب بالإضافة إلى أنه ليس لها شأن عملي يذكر خارج نطاق الملاحة والفلك . فإذا كانت هذه الآثار هي النتائج الوحيدة لنظرية النسبية العامة فإن هذا المظهر من

أعمال (آينشتاين) يمكن أن يهمل تماماً في أيامنا هذه ، ولكن يبدو أن هناك عدد من الأجرام الكونية تكبح الزمن بشكل دراماتيكي مثير للعجب والدهشة .

في عـــام ١٩٦٧ عـــثرت ســـيدة إنكليزية شابة اسمها (جوسلين بيل) بمحض الصـــدفة على كابح زمن ثقالي أكبر من ذلك الذي تسببه الشمس بحوالي مليون مرة ، وقـــد أنجزت هذا العمل البطولي باستخدام شيء أكبر قليلاً من شبك الدجاج . كانت (بيل) محددة بميزانية قليلة لكي تنفق على أبحاثها ، مثلها مثل أي طالب ، وقد تعرفت عـــلى زمـــيل تخرج قبلها من نفس الجامعة (أنتوني هاويش) حيث اختار مجال الفلك الإشـــعاعي (Radio Astraunomy) في جامعـــة (كامبردج) ، وقد أراد (أنتوني) و (بيل) دراسة مصادر الإشعاعات المتلألئة وبدلاً من استخدام تلسكوب الإشعاعات المكلـــف فقد أعدوا وسيلة بسيطة بأنفسهم باستخدام قطع مشدودة من شبك الدجاج العادي وقاموا بنشرها على أعمدة عبر أحد الحقول في ضواحي (كامبردج) فخورين بهذه التقاليد للعلوم البريطانية . وفي أحد الأيام ذهلت (بيل) عندما رأت أثراً مشوشاً رسمـــه القـــلم المحبر على ورق المخرجات (out put) الموجود على جهاز الكشف ، وقـــــد لاحظت أن هذا الأثر الغريب يتكرر حدوثه كل ليلة وفي حوالي منتصف الليل . أبلغـــت (بيل) زميلها (هاويش) بما شاهدت وبدأ الاثنان يدرسان الظاهرة بعناية أكبر ، وقـــد استنتجا سريعاً أن هذه الآثار الغامضة كانت تظهر بسبب وجود مصدر إشعاعي في الفضاء يصدر نبضات منتظمة . وهكذا اكتشفت (جوسلين بيل) **النبَّاضات** (Pulsars).

كما ذكرت في الفصل الثاني فإن **النجم النبَّاض** أو اختصاراً النبَّاض (Pulsar) يتشـــكل من نجم نيوتروني دوار حول نفسه (**ملتف** Spining) وهو جرم مضغوط لدرجـــة أن حقله الثقالي يفوق ملايين المرات الحقل الثقالي للأرض ويكون تأثير ذلك عـــلى الزمن دراماتيكياً (خيالياً) . إن الزمن على سطح نجم نيوتروني نموذجي يكبح فيكون أبطأ من زمن الأرض بـــ ٢٠% ، ومن الأفكار الملفتة للنظر أنه من وجهة نظر مراقب على سطح **نجم نيوتروني** (وقد لا تكون هذه الفرضية حمقاء كما تبدو - انظر الفصـــل ١٣) فـــإن الأرض تبلغ من العمر ٣,٥ بليون سنة أرضية فقط ، وأن الكون نفسه يقل عمره عما كنا نقدر بحوالي ٢ أو ٣ بليون سنة .

يكبح الزمن على سطح النجم النيتروني بعنف شديد لأن النجم الذي يملك كتلة

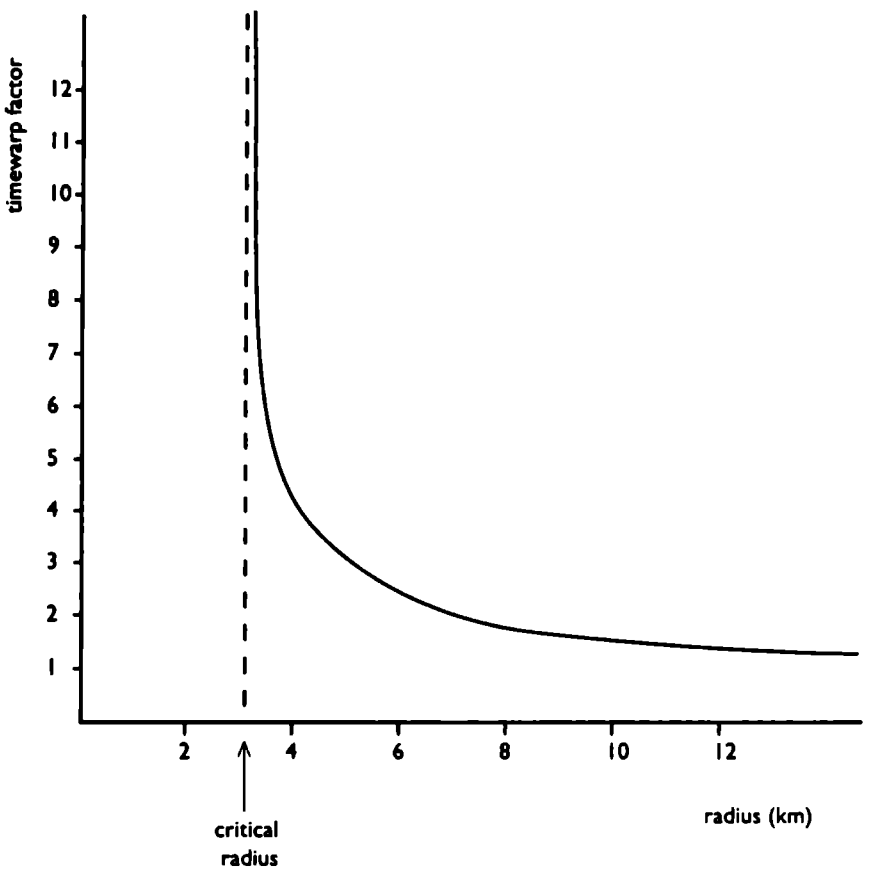
مـثل كـتلة الشـمس أو حتى أكثر ينضغط إلى حيزٍ لا يزيد نصف قطره عن بضعة كيلومترات ! وكلما كانت الثقالة أكبر على سطح جرمٍ ما ، كلما أبطأ الزمن في سيره أكثر ، أي **توسع** أو **تمدد** أو **امتط** (Slow, dilation, stretched, time wrap) .

في الشـكل (٤-١) رسم بياني يوضح معدل تغير عامل كبح الزمن مع نصف قطـر جـرم يحوي كتلة مادية تساوي كتلة الشمس ، وأن المظهر المميز لهذا التغير هو الطـريقة التي يقفز بها المنحني إلى أعلى الرسم عندما يصل نصف قطر النجم إلى حوالي ثلاثـة كيلو مترات ويعتبر هذا نصف قطر حرج حيث أن كبح الزمن لا يصبح كبيراً جداً بسهولة عندما ينضغط النجم إلى هذا الحد بل إنه في الواقع يصبح لا نهائياً .

إن مـن المدهـش والمذهـل أن تكون هذه الفكرة الجوهرية حول كبح الزمن اللانهـائي معلومةً عند (آينشتاين) فور صياغته للنظرية النسبية العامة تقريباً ، ولكنها مـع ذلـك ليسـت من اكتشافه لوحده ، فكما ذكرت في الفصل السابق فقد كافح (آينشـتاين) لسـنوات محاولاً تعميم نظريته النسبية لكي تشمل آثار الثقالة والزمان والمكان (الفضاء) ، وقد قام بتجريب عدة أنظمة رياضية لتحتوي ذلك ولكنها جميعاً بـاءت بالفشل وكان مصيرها سلة المهملات ، وفي خريف عام ١٩١٥ عندما كانت أوروبـا منغمسـةً في حـربها كان (آينشتاين) الهادئ منغمساً في الرياضيات العالية (Advanced Mathematics) ، وبعـد دراسات مكثفة ومضنية اهتدى إلى مجموعة المعـادلات التي أوصلته إلى ضالته المنشودة وحفظت له ماء وجهه ، والتي تعرف اليوم بمعادلات (آينشتاين) في الحقل الثقالي .

وفي الـثاني مـن نوفمـبر (تشـرين الثاني) من ذلك العام وبنشوة المنتصر قدَّم (آينشـتاين) بحثاً إلى الأكاديمية الألمانية للعلوم في برلين وضع فيه معادلاته التي تُعرف اليوم باسمه ، وفي ١٦ يناير (كانون ثاني) من عام ١٩١٦ كان قد عاد من برلين وكان يقرأ ورقة بحث لأحدهم ويدعى (كارل شوارتز شيلد) وهو مدير مرصد (بوتزدام) ، لم يكن (شوارتز شيلد) موجوداً على رأس عمله في ذلك الوقت ، فقد كان في الواقع مشـغولاً بالقـتال على الجبهة الروسية وسرعان ما مات من جراء وباء انتشر هناك . كانـت ورقـة البحث منارةً مضيئةً فقد احتوت على أول حلٍ لمعادلات الحقل الثقالي

الجديدة التي وضعها (آينشتاين) . لقد كان (شوارتز شيلد) يتابع أعمال (آينشتاين) في أبحاثـــه عن الثقالة ، وقد استطاع أن يقرأ عن الصيغة النهائية للمعادلات الحقلية في نشـــرة ٢٥ نوفمـــبر (تشرين ثاني) من نشرات الأكاديمية الألمانية للعلوم وكان جاهزاً بشـــكل فـــوري ليقدم حلاً يصف فيه مثالاً بسيطاً ولكنه مفيد فيزيائياً وهو : الحقل الثقالي في مجالٍ خالٍ خارج كرة منتظمة من المادة .



الشـــكل (٤-١) : كبح الزمن المتصاعد . يبين الرسم تغير عامل الكبح على سطح جرم كروي له كتلة الشمس كـــتابع لنصـــف القطر . يتزايد عامل كبح الزمن ليصل إلى اللانهاية عندما ينضغط النجم ليصل إلى **نصف القطر الحرج البالغ ٣ كم** .

قدمـــت معادلات (شوارتز شيلد) ما كان لازماً (ضرورياً) بالضبط لحساب

الحقل الثقالي في جوار الأرض والشمس حيث أفردت لذلك حساباً مقنعاً تماماً ، وهي تـؤول تحديداً وبشكلٍ صحيح إلى قانون نيوتن في الثقالة للمسافات الكبيرة . على أن هناك شيئاً شاذاً حول الحل ظل يقض مضجع (آينشتاين) طوال حياته ، وكان ينبغي في الواقـع أن تمضـي أربعون سنة أخرى قبل أن يتم تفسير ذلك بشكل كامل . ومن الضـروري لكي نفهم المشكلة أن نعطي فكرة عما كانت تهدف إليه وتعطيه معادلات (آينشـتاين) . إنهـا أولاً تربط بين قوة الحقل الثقالي في كل نقطة من الفضاء بالمادة والطاقـة الـتي تولّد تلك الثقالة . وللوصول إلى أحد حلول هذه المعادلات ينبغي أن نفـترض توزعاً ما خاصاً للمادة والطاقة (في حل شوارتز شيلد كان كرة من المادة) فنحصـل على الحقل الثقالي الخاص والموافق الناتج عن ذلك ، وهناك أكثر من ذلك ، فحيث أن الحقل الثقالي متعلق بكبح الزمن فإن الحل الخاص يعطينا أيضاً كم يبلغ تمدد الزمن في كل نقطة من الفضاء ، وفي حل (شوارتز شيلد) الأول المشهور تم الوصول إلى مقـدار كبح الزمن بعلاقة (صيغة) بسيطة جداً تعتمد فقط على المسافة من مركز الكتلة ، وهي تلك الصيغة التي قدمتها في الشكل (٤-١) .

كـان مسـار مـنحني كبح الزمن الواقع **بقرب الثلاثة كيلو مترات في حالة الشـمس** هو الذي أقلق (آينشتاين) فقد بدا له أن وجود نصف قطر حرج - هو ما يدعى اليوم **نصف قطر (شوارتز شيلد)** - يتمدد عنده الزمن بشكل لانهائي هو أمر غـير فيزيائي بتاتاً ، بلغة السلوك الضوئي فإن أي فوتون يحاول الإفلات صعوداً بعيداً عـن نصـف القطر الحرج سوف يعاني من انزياح لانهائي نحو الأحمر ، أي أن تردده وطاقته ستنخفضان إلى الصفر مما سيجعله عاجزاً تماماً ، ولن يكون بإمكان مراقب بعيد عـن النجم مشاهدة أي شيء ، فعلى الرغم من سخونة النجم واتقاده على السطح إلا أنه يبدو أسوداً من المسافات البعيدة .

لقـد كـان (آينشتاين) يعلم جيداً في عام ١٩١٦ أن حل (شوارتز شيلد) يحـتوي مظهـراً محـيراً ولكن في ذلك الوقت لم تكن مشكلة جدية . إن نصف قطر الشـمس يـبلغ سبعمائة ألف كيلو متر وهو أكبر بنصف مليون مرة تقريباً من نصف القطـر الحـرج الذي حدده (شوارتز شيلد) وأن حل (شوارتز شيلد) لا يطبق في المجال الداخلي للشمس . فإذا كان المنحني ينطبق على المجال الخارجي فقط فحتى ينطبق

عـــلى ســـطح الشمس يجب أن يمتد المنحني بعيداً نحو اليمين حيث يصبح عامل كبح الـــزمن ذا قيمة متواضعة جداً - حوالي جزأين من مليون جزء - ولكبح الزمن بشكل مـــلموس ينبغي أن تنضغط مادة الشمس إلى حجم أصغر بكثير من الأرض ، وقد بدا هذا المشهد خيالياً تماماً بالنسبة إلى الأكاديمية الألمانية في حينه .

(٤-٢) لغز الظلام

« أظن أنه ينبغي أن يكون هناك قانون للطبيعة يمنع النجم من التصرف بهذه الطريقة العبثية المنافية للعقل »

(آرثر أدينغتون)

إن مـــيل (آينشتاين) وزملائه للمحافظة على القديم لم يتأثر بمغامرات العلماء الذيـــن سبقوهم . صحيح أن نصف قطر الشمس والأرض أكبر بكثير من نصف قطر (شوارتز شيلد) ولكن ماذا عن الأجرام السماوية الأخرى ؟ هل يمكن أن تكون أكثر كـــتلةً أو أكثر انضغاطاً إلى حد يكفي للوصول إلى كبح الزمن اللانهائي ؟ من العجيب أنـــه منذ وقت طويل نسبياً وهو عام ١٧٨٤ قام كاهن إنكليزي مغمور يدعى (جون ميشـــيل) باقتراح ذلك بالضبط ، كان ذلك في ورقة بحث تقدم بها في نوفمبر (تشرين ثاني) من ذلك العام إلى الجمعية الملكية في لندن وقد كتب يقول :

« إذا كـــان ينـــبغي أن يوجد في الطبيعة فعلاً أية أجسام لا تقل كثافتها عن كثافة الشمس وأقطارها أكبر من ٥٠٠ ضعف من قطر الشمس ... فإن من الممكن أن لا يصل ضوءها إلينا أبداً »[1] .

لم يكـــن (ميشيل) بالطبع يعرف شيئاً عن كبح الزمن ولا عن النظرية النسبية العامة ، وقد اعتمد في حساباته فقط على نظرية نيوتن في البصريات ، والتي تفترض أن الضـــوء يـــتألف من جسيمات أو كريات دقيقة ، واعتمد أيضاً على نظرية نيوتن في الـــثقالة . وبـــالفعل يحدث كثيراً أن تلتقي نظرية (نيوتن) مع نظرية (آينشتاين) في اســـتنتاجات محددة حول أثر الثقالة على الضوء . يقول (ميشيل) بتأمل : « لنفترض أن جســـيمات الضـــوء تـــنجذب بنفس الطريقة التي تنجذب بها كافة الأجسام التي نعرفها » ، ثم استنبط بعد ذلك أنه لكي يفلت جسيم ما بشكلٍ دائم من حقل جاذبية

جسم آخر فإنه يجب أن ينطلق من سطح ذلك الجسم بسرعة معينة لها حد أدنى ، وتسمى هذه السرعة : **سرعة الإفلات ، وتبلغ سرعة الإفلات من حقل الثقالة الأرضي على سبيل المثال ١١,٢ كيلو متر في الثانية** (حوالي ٤٠٠٠٠ كم/سا) فإذا قذف جسم من على سطح الأرض بسرعة أقل من ذلك فسوف يسقط في النهاية عائداً إلى الأرض .

تعتمد سرعة الإفلات من جسم كروي على نصف قطره وعلى كتلته ، فإذا حافظت الأرض على كامل مادتها ولكنها انضغطت إلى ربع حجمها فإن سرعة الإفلات منها ستغدو مضاعفة ، ولكي تتمكن عندها من قذف جسم من على سطحها لكي يسافر في الفضاء إلى الأبد فإنه ينبغي عليك أن تقذفه بسرعة ٢٢,٤ كيلو متر في الثانية ، وبشكلٍ مماثل فإذا كان للأرض كتلة أكبر فإن سرعة الإفلات سوف تكون أكبر ، وقد أشار (ميشيل) إلى أنه إذا زادت كتلة جسم ما له نصف قطر محدد بشكلٍ كاف ، فإن سرعة الإفلات منه سوف تتجاوز سرعة الضوء ، وتحت هذه الظروف فإن الضوء لن يعود بإمكانه الانطلاق منه وبعيداً عنه ، وبالتالي فإن ذلك الجسم يمكن أن يبدو أسوداً !! وأن المعادلة التي كتبها (ميشيل) لهذه الحالة من المعطيات تتماثل لدرجة ملحوظة مع الصيغة التي تربط بين الكتلة ونصف قطر (شوارتز شيلد) .

لاقى استنتاج (ميشيل) صداه بعد بضعة سنوات عند الرياضي الفرنسي الشهير (بيير لابلاس) ، ومع ذلك وعلى الرغم من موقع (لابلاس) كعالم وباحث ولكن أحداً لم يأخذ التفكير في « النجوم السوداء » على محمل الجد ولفترة طويلة . وبتطابق عجيب ، وفي نفس الشهر الذي كتب فيه (شوارتز شيلد) حلّه الشهير ، أعلن الفلكي (ولتر آدمز) الذي كان يعمل في مرصد (ماونت ويلسون) في كاليفورنيا بأنه حصل على صورة طيفية لضوء صادر عن نجم غريب ومحيّر يطلق عليه اسم (سيروس B) . ومن المعروف أن النجم (سيروس) هو النجم الأكثر لمعاناً في السماء ولكن له رفيقاً ذا ضوء خافت جداً تم الانتباه إلى وجوده في عام ١٨٤٤ من الطريقة التي كان (سيروس) يبدو فيها مضطرباً بسبب تأثره بحقل ثقالي لجرم مجاور غير مرئي. لقد ذهل (آدامز) عندما وجد أن طيف (سيروس B) يختلف تماماً عن طيف النجم (سيروس) ، حيث أن ذلك يمكن أن يعني شيئاً واحداً : (سيروس B) كان متقداً

وســـاخناً مثل (سيروس) تماماً . لماذا إذاً هو معتم إلى هذا الحد ؟ كان يجب أن يكون الجواب : لأنه صغير جداً – بحجم الأرض تقريباً – ، ذلك أن نجماً ساخناً متقداً ملتهباً بصـــغر الأرض يملك كثافة أكبر بآلاف المرات من كثافة المادة العادية التي نعرفها على الأرض .

قوبلـــت فكرة النجم المسحوق إلى مثل هذا الحجم الصغير برعب شديد عندما طرحها (آدامز) ، على أنه وبمرور السنوات بَشَّر الفلكيون بأن النجوم المنضغطة للغاية (المســـحوقة) ليســـت ممكنة فحسب بل إنها حتمية !! ولكن نجوم وسوداء ؟ في عام ١٩٢١ كـــان الســـيد (أوليفر لودج) يلقي محاضرةً على طلابه ، وهو عالم بريطاني متمـــيز ومعروف بأبحاثه الفيزيائية في جامعة (بيرمنغهام) ذات المركز المرموق ، وكان هـــو الشخص الأول فيها . وقد خاطب طلابه قائلاً : « إذا خضع الضوء للثقالة ، أي إذا كـــان للضوء وزن ضمن أي منطق حقيقي ... فإن أي كتلة كبيرة بشكل كاف ، وأي جســـم مركز يمكن أن يكون قادراً على الاحتفاظ بالضوء وأن يمنعه من الإفلات مـــنه »[٢] . ثم تابع معطياً بعض الأرقام : « إذا أمكن تركيز كتلة مثل تلك التي تملكها الشمس إلى كتلة يبلغ نصف قطرها ثلاثة كيلو مترات فإن مثل هذه الكتلة سيكون لها الخـــواص التي ذكرتها آنفاً ، ولكن الوصول إلى تركيز أو تكثيف للمادة إلى هذا الحد خـــارج نطـــاق التصور المنطقي » . على أية حال فقد أشار (أوليفر) بأن مجرةً هائلة يمكـــن أن تضيق حدودها ليصل قطرها إلى بضعة مئات من السنوات الضوئية **ويصبح بإمكانها عندئذ أن تخنق الضوء** على الرغم من أن متوسط كثافتها لن يزيد آنذاك عن جـــزء من ألفٍ تريليون جزء من كثافة الماء ، « فهذا فعلاً لا يبدو أنه تكثيف مستحيل تماماً للمادة » .

مـــع مرور الوقت تخلّى (أوليفر) عن خطابه ، وذاعت شهرة (آينشتاين) في أنحـــاء العالم ، وفي عام ١٩١٩ قام الفلكي البريطاني (آرثر أدينجتون) بالتهيئة لإثبات تنـــبؤ أساسي في النظرية النسبية العامة – الانجذاب الطفيف جداً ومن ثم الانحناء لحزمة ضوئية لدى خضوعها لثقالة الشمس ، وقد قابل الناس ذلك ببعض السخرية والدعابة ، إذ كيف لعالم « بريطاني » أن يثبت نظرية « ألمانية » بعد أن وضعت الحرب أوزارها بـــين البلدين بوقت قصير . وسرعان ما دخلت كلمة « النسبية » ضمن المصطلحات

الشعبية وشاع ترددها بين العامة من الناس ، وتم تكريم (آينشتاين) وإغراقه بالإجلال والاحترام وتدفقت الدعوات على برلين من مختلف أنحاء العالم ، كل واحد يريد أن يقابله ، من أصحاب الملايين إلى الشخصيات المرموقة التي تحفل بالمظاهر والأبهة ، إلى السياسيين ، ووصل مركزه العلمي (الأكاديمي) إلى أوْجه ، وفي عام ١٩٢١ تقرر منحه « زمالة الجمعية الملكية » في لندن ، وهو شرف كبيرٌ نادراً ما يحصل عليه أجنبي، وفي السنة التالية بينما كان متوجهاً إلى اليابان تم منحه جائزة نوبل ، وقد أعطى المكافأة المالية إلى (ميليفا) كجزءٍ من إنهاء صفقة الطلاق بينهما ، لقد منحت الجائزة في الواقع عن جهود (آينشتاين) وأبحاثه في الظواهر الكهرضوئية التي قام بها عام ١٩٠٥ وليس عن النظرية النسبية .

زار (آينشتاين) الولايات المتحدة أيضاً حيث قابل الرئيس (هاردنج) في البيت الأبيض ، وقد حوصر بوابل من أسئلة مراسلي الصحف وهتف الناس له بطلاً وأصبح اسمه مرادفاً للعبقرية ، وفي الواقع لم تكن رحلته إلى أميركا ذات أسباب علمية بل كانت ممارسة سياسية بشكل رئيسي ، فعلى الرغم من أن (آينشتاين) لم يأخذ إطلاقاً يهوديته على محمل من الجد ، وبقي طوال حياته على نوع من الإلحاد الهادئ فقد استصحب له (شاييم وايزمان) وأُقنع بأن يهتم بالصهيونية ، وقد كان الهدف من زيارته إلى أميركا دعم تمويل الجامعة العبرية في القدس (أورشليم) .

على الرغم من الشهرة التي تم اجتذابها لاسم (آينشتاين) نفسه ولنظريته في النسبية فقد كان هناك العديد من المعارضين ، ويعود ذلك جزئياً إلى أن ما تنبأت به النظرية كان عصياً على الاختبار إلى درجة بالغة ، على أن هناك جزء آخر يعود إلى وجود عداوة وكراهية كبيرين لآينشتاين بسبب عرقه وسياسته (وهي مزيج من الصهيونية والمسالمة) وجنسيته أيضاً . آخرون كانوا يحسدونه على إنجازاته ، والبعض الآخر يكرهونه لأنهم بمنتهى البساطة لم يفهموا أعماله ، وقد علّق مرة بسخرية على ذلك فقال : « إذا تم إثبات نظريتي في النسبية فإن ألمانيا ستدَّعي أنني ألماني وستعلن فرنسا أنني مواطن عالمي ، أما إذا ثبت عدم صحة نظريتي فإن فرنسا ستقول أنني ألماني وستعلن ألمانيا أنني يهودي »[٣] .

على الرغم من أن النظرية النسبية العامة حازت على القبول تدريجياً خلال

العشرينات من هذا القرن فقد ذاع صيتها بأنها صعبة ولا سبيل إلى فهمها حتى قيل أن مـــن فهم هذه النظرية هم (آينشتاين) و (أدينجتون) وواحد أو إثنان آخران فقط ، وقـــد كـــان في ذلك مبالغة بلا شك ولكن شح وندرة التطبيقات العددية عملت ضد النظرية حتى كادت تصبح شيئاً اختصاصياً علمياً راكداً ومعزولاً . وفي الحقيقة فإنه لم يـــبدأ أخـــذ نتائجها بمنتهى الجدية إلا في الثلاثينات حيث بدأ الفلكيون يقبلون وجود النجوم ذات الكثافات الهائلة مثل (سيروس B) وأطلقوا عليها اسم «الأقزام البيضاء» ولكـــن كان هناك خلاف حاد وعنيف حول ما يمكن أن يحدث للنجم إذا كان أكثر كتلة وكثافة وأكثر انضغاطاً من القزم الأبيض . هل سيسبب حقله الثقالي الهائل المتزايد تقلصه إلى أكثر من ذلك ؟ هل يمكن أن يصل إلى نصف قطر (شوارتز شيلد) ؟ وإذا تمكـــن مـــن ذلك فما الذي يمنعه من الانهيار الكامل بتأثير ثقله الهائل إلى نقطة الكثافة اللانهائية ؟

في عـــام ١٩٣٠ كـــان الطالـــب الهندي اللامع (شاندرا سيكار) يتسلى بحل المعـــادلات الـــتي تصف القزم الأبيض ، وذلك أثناء رحلة بحرية طويلة حيث كان من المقـــرر أن يذهـــب للعمل مع (أدينجتون) العظيم في جامعة (كامبردج) ، وكانت دهشـــته عظيمة عندما وجد أن ذلك أعطاه نتائج غير مألوفة ، فإذا كان للقزم الأبيض كـــتلة تزيد عن ١,٤ مرة من كتلة الشمس فإنه بناءً على الحسابات لن يبقى ساكناً بل إنـــه سينهار أكثر بدون أي حدود محددة . عند وصوله إلى بريطانيا أَطْلع (شاندرا) الفلكـــيين الـــبريطانيين على حساباته ، لكنهم نبذوها واعتبروها شاذة وغير واقعية ، فالنجم القزم الأبيض النموذجي مازال يملك نصف قطر أكبر بآلاف المرات من نصف قطر (شوارتز شيلد) على الرغم من انضغاطه الشديد . وهكذا بقيت فكرة أن جسماً ذا كـــتلة بقدر كتلة الشمس يمكن أن ينضغط إلى كرة يبلغ قطرها بضعة كيلو مترات تبدو لكثيرٍ من الناس غير قابلة للتصديق ، بل إنها في الحقيقة كانت فكرة بغيضة تماماً .

قام الخبير الدولي في الثقوب السوداء (فيرنر عزرائيل) بإجراء دراسة تاريخية عن مواقـــف العـــلماء تجاه الانهيار الثقالي المترافق بكبح لانهائي للزمن ، فتبين له أن هناك إجحافات نفسية وفلسفية متأصلة تعمل بعمق وتولّد مقاومةً لهذه الفكرة حتى في أيامنا هـــذه :

[بينما كان يتم ربط نسيج النظرية والمشاهدة بإحكام وبطء ، وضع رد الفعل العلمي – الذي بدأ بالإهمال ثم بالخوف وبعدها بالاستسلام ليبدأ تدريجياً بالقبول – تصوراً للاكتشافات التي ستأتي فيما بعد]

بقي موقف (آينشتاين) الخاص الشخصي عنيداً ، وفي أواخر عام ١٩٣٩ كتب أن : « كبح الزمن اللانهائي ، لا يوجد في الطبيعة لأن المادة لا يمكن أن تتركز وتنضغط بشكل اعتباطي »[٥] . كم كان (آينشتاين) وأمثاله متأثرين باللاشعور بشكهم بالاعتقادات المتوارثة في الصلابة المطلقة للمادة ، وعدم فناء الذرات – ذلك الاعتقاد الذي تمتد جذوره إلى العصر اليوناني – ولكن ذلك لم يكن واضحاً . لقد كان من المعروف أصلاً ومنذ الوقت الذي ظهر فيه حل (شوارتز شيلد) أنه لا يمكن لجسم له نصف قطر أقل من نصف قطر (شوارتز شيلد) بمرة وثُمن (٨/١) المرة أن يقاوم الانهيار على نفسه حتى ولو كان يتألف من مادة غير قابلة للانضغاط افتراضياً ، لأن الضغط المركزي سيصبح لانهائياً . لقد كانت الفكرة العميقة للانفجار الداخلي غير المقيد محيّرة ومربكة جداً لدى تأملها من قبل العلماء . أما (أدينجتون) المتشبث برأيه والذي لا يحب الثرثرة فقد كان واضحاً في تعبيره عن هذا الشيء البغيض ، فنصف قطر (شوارتز شيلد) بحسب ما وصفه هو : « تلك الدائرة السحرية التي لا توجد أي وسيلة تأخذنا إلى داخلها »[٦] .

(٤–٣) اختراق الدائرة السحرية

« انظر ! لقد افترسه فكّا الظلام »

(وليام شكسبير)

إن نبذ (آينشتاين) الكليل لإمكانية ارتداد النجوم إلى نصف قطر (شوارتز شيلد) كان يعني البرهان على عبارة مصيرية . بعد شهرين فقط ، تقدم (روبرت أونبهايمر) الذي سيصبح لاحقاً رئيس (آينشتاين) في معهد الدراسات العليا في (برينستون) ، تقدم بورقة بحث إلى المراجعة الفيزيائية ، وقد اشترك معه في إعدادها تلميذه (هارتلاند سنايدر) وعنوانها « الجذب الثقالي المستمر » وقد طَرحت بجرأة مسألة عما يمكن أن يحدث لنجم ضخم عندما ينفذ أخيراً وقوده النووي ، حيث يمكن

أن يصبح النجم آنئذ غير قادر على أن يقاوم الضغط الداخلي بشكل يكفي لكي يصمد أمام وزنه الذاتي الهائل ، وقد استهلت ورقة البحث بالعبارة التنبؤية التالية : « عندما تُستنفد كل المصادر النووية الحرارية للطاقة في نجم ثقيل بشكل كاف فإنه سوف ينهار »[٧] . والحسابات المؤكدة التي اعتمدت معادلات (آينشتاين) في الحقل الثقالي قادت الباحثين للاستنتاج بأن الانهيار سيكون « مستمراً بشكل غير محدد » وسيهرع النجم نحو نصف قطره الحرج فاتحاً الطريق أمام كبح الزمن اللانهائي .

أُغفلت أعمال (أونبهايمر) حول النجوم المنهارة (المتهافتة) بشكل كبير بسبب انشغال العالم بالحرب الثانية ، فقد طغت الأبحاث الذرية وأصبح موضوع الطاقة الذرية أكثر من مجرد فرع للفيزياء الفلكية النظرية ، وتم نقل (أونبهايمر) نفسه لإدارة مشروع القنبلة الذرية . ومازال هناك شعور سائد بأن نصف قطر (شوارتز شيلد) يحمل استحالة فيزيائية ، وهو أولاً وآخراً كائن رياضي ، أي أنه يصف مقداراً فيزيائياً يصبح لانهائياً . هناك قاعدة غير مكتوبة في العلم تقول أنه إذا تم التنبؤ عن أي شيء يمكن أن يكون مُشاهداً بأنه سيصبح لانهائياً فتلك علاقة تؤكد أن النظرية فيها خلل ما. (آينشتاين) نفسه برَّر هذه اللانهائية بقوله أن الجسيمات التي يتكون منها النجم يمكن أن تجبر على التحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء إذا انضغط النجم بشكل كبير كاف، وقد وضع هذه القاعدة اعتماداً على نظريته النسبية الخاصة ، وبعبارة أخرى فإنه قبل أن يحدث كبح الزمن اللانهائي فإن شيئاً ما يجب أن يُقدم ، أو حساباً ما يجب أن يُسدد . وبعد أن أصبحت الحرب باردة وانقسم المجتمع العلمي إلى شرق وغرب ، تحدث (عزرائيل) فقال :

[كانت أعمال (أونبهايمر) و (سنايدر) مهملةً في الدوائر الغربية ، وظلت تقبع على الأرفف حتى الخمسينات ، وحتى لو فكر أحد بإثارة مفهوم الانهيار الثقالي فإن هذا التفكير كان يستبعد ويعتبر تطرفاً موحشاً في التأمل ، ولكن في الاتحاد السوفييتي أدى إلى كتاب تقليدي][٨]

لقد أعطى (عزرائيل) مثلاً عن ذلك ، طبعة عام ١٩٥١ السوفياتية لكتاب (لاندو) و (ليفتز) في الفيزياء الإحصائي ، وهو كتاب مدرسي تقليدي حيث قدم وصفاً لنجم تجاوزت كتلته الحد الأقصى الذي يستطيع أن يتحمله وزنه :

[مـــن الواضـــح مـــنذ البداية أن جسما كهذا يجب أن يسعى نحو التقلص بشكل لانهائي ... من وجهة نظر مراقب « محلي » فإن مادته تنهار بسرعة قد تصل إلى سرعة الضوء وهي تصل إلى المركز في وقت محدود مناسب][٩].

في الغـــرب كان الفيزيائي (جون ميلر) من جامعة (برينستون) وهو متحرر وواســـع الخـــيال وعمل مع (نيلز بور) وإلى جانب (آينشتاين) ، هو الوحيد الذي وضع موضوع الانهيار الثقالي على خارطة العلوم ، ولكن معضلة نصف قطر (شوارتز شيلد) العنيدة بقيت قائمة مع الدائرة السحرية التي ظلت تشكل منطقة محرمة تماماً لمدة طويلة ، ومحمية بحاجز فيزيائي من طبيعة غريبة ومجهولة .

بفضـــل معرفتـــنا الحالـــية للموضوع يمكننا الآن أن نلاحظ أن لغز كبح الزمن اللانهـــائي تم حله بشكل ضمني عدة مرات عبر دورة التاريخ قبل أن يشرق الحل أخيراً عـــلى المجتمع العلمي المذهول . في عام ١٩١٦ مثلاً نجد أن الفيزيائي الألماني (جاهانز دورســـت) الـــذي كان قد اكتشف حل (شوارتز شيلد) بشكل مستقل أيضاً ، قد توصل إلى أن نصف القطر الحرج ينبغي أن يؤخذ على محمل الجد . (أدينجتون) أيضاً حلّ المشكلة دون أن يقصد في العشرينات . أما (أونبهايمر) و (سنايدر) فقد أعطيا تفسيراً واضحاً تماماً في بحثهما الشهير عام ١٩٣٩ . ولكن الرسائل والمعاني التي كانت كل تلك المساهمات تشير إليها أُهملت في خضم الإجحاف العام للموضوع الذي كان (آينشـــتاين) نفســـه يدعمه ويؤيده ، فها هو يقول بأن الانفجار الداخلي غير المقيد الذي يُفهم من نصف قطر (شوارتز شيلد) كان مستحيلاً من الناحية الفيزيائية .

(٤-٤) مشكلة استثنائية A Singular problem

غالـــباً ما يواجه الرياضيون « اللانهاية » في معادلاتهم ولكنهم نادراً ما يغضون الطـــرف عنها ، فهم يسمون نقط اللانهاية (infinity) في حلولهم « **النقط الشاذة**[*] Singular points » . كانت حاجة الرياضيين أكثر من الفيزيائيين لحل معضلة نصف القطـــر الحرج لما لهذا الأمر من أهمية بالنسبة لهم ، لكن ذلك لم يحدث إلا حوالي عام

(*) استخدمتُ مقابل كلمة «Singularity» باللغة الإنكليزية عدةَ مفردات باللغة العربية وذلك حسب الإحساس والمعنى الذي أعطته في النص الإنكليزي ضمن السياق مثل « شذوذ » أو « تفرُّد » أو « استثناء » . (المترجم)

١٩٦٠ عـــندما تم أخيراً توضيح المسألة ، وكان ذلك على أيدي مجموعة من الباحثين هـــم : (مارتن كروسكال) و (دافيد فينكلستين) في الولايات المتحدة و (جورج زيكـــرس) في (أســـتراليا) ، فقد تبين للجميع أن الطبيعة الشاذة لنصف قطر (شوارتز شيلد) كانت خدعة رياضية بحتة ، فليس هناك أي شيء فيزيائي يكون شاذاً إطلاقاً . لم يكـــن أي مـــن العلماء المذكورين الذين بحثوا الموضوع ممن خاضوا في مجال النظرية النســـبية . (فينكلســـتين) كان له برنامجه الخاص الذي يهتم بالعلاقات الطريفة بين الرياضـــيات والفيزياء ، حيث عمل بشكل أساسي في الفصل بينهما . (كروسكال) كان باحثاً شاباً في (برينستون) وقد قام بإنجاز الحسابات التفصيلية في هندسة الفضاء الـــتي وضعها (شوارتز شيلد) وعادة ما تُقدم للاطلاع بعد عقد حلقة البحث حول الموضوع ، وقد أطْلَع (ويلر) على النتيجة بشيء من الاستحياء ظناً منه أنها تافهة ولا تســـتحق النشـــر وترك الأمر إلى (ويلر) لينشرها أو يحفظها . (سيكرز) بدأ حياته المهنـــية كمهـــندس كيمياء في (هنغاريا)ثم فرَّ من وجه النظام الذي كان قائماً هناك ليستقر في (شنغهاي) في أواخر عام ١٩٣٠ وقد تركه اليابانيون وحيداً أثناء سنوات حربهم فعمل كاتباً لدى الأميركيين ، وقد اعتاد أن يعمل بالرياضيات – عشقه الحقيقي – خـــلال أوقات فراغه ، وبعد بضع سنوات حصل على مركز محاضر في الرياضيات في جامعـــة (أديلـــيد) في (أستراليا) وأصبح مهتماً بشكل أساسي بالنظرية النسبية العامة لأنهـــا كانـــت تطبيقاً مناسباً للتقنيات الرياضية المحددة التي طوَّرها ومنها حل مشكلة الشـــذوذ في نصف قطر (شوارتز شيلد) ، ولكنه لم يلقِ بالاً إلى الأهمية الخاصة لهذا الموضـــوع فقد نشره في مجلة هنغارية مغمورة حيث ستقبع هناك دون أن يطلع عليها أحد لبضعة سنوات .

مـــا توصل إليه أولئك الرياضيون جميعاً هو أن الشذوذ الرياضي في نصف قطر (شوارتز شيلد) مشابه تماماً لما يحدث لخطوط الطول والعرض عندما تلتقي في القطب الشـــمالي والقطـــب الجـــنوبي عـــلى خريطة الكرة الأرضية . إن الإسقاط النظامي الميركاتوري «Mercator» يصور القارة القطبية الجنوبية وجزيرة (جرنيلاند) القطبية الشـــمالية مشـــوهتين إلى حـــد كـــبير ، حيث **تصبح المسافات متمددة (ممتطة)** (Stretched) أكـــثر فأكثر عندما نقترب من القطبين . في الواقع لا تختلف التضاريس

المستوية الهندسية سواء كنا نمثل الطبقة القطبية أو أي منطقة أخرى على سطح الأرض، ولكـــن ما يبرز هنا هو خداع التشويه فقط بسبب استخدام نظام (جملة) System إحداثيات خطوط الطول والعرض .

إن إحداثـــيات (شـــوارتز شـــيلد) عانـــت مـــن نفس مشكلة الإحداثيات « الميركاتورية » ، وبتحويل مناسب وبسيط إلى جملة جديدة من الإحداثيات يستطيع الواحـــد مـــنا أن يزيل الشذوذ عن نصف قطر (شوارتز شيلد) ، وعندها يصبح من الممكن اختراق دائرة (أدينجتون) السحرية [رياضياً !!] .

[أنـــا لا أفهـــم احتجاجات شكوكنا المريضة ، بالتأكيد هناك كبح لانهائي للزمن عند نصف قطر (شوارتز شيلد) وهذا يعني شيئين جميلين بالنسبة لي: فيزياء جميل وشذوذ جميل] .

كانت النقطة الحاسمة هي أنه لا يوجد مقدار فيزيائي « محلّي Local » شاذ عند نصف قطر (شوارتز شيلد) ، حيث أن كبح الزمن يتضمن مقارنة غير محلّية لمعدلات ســـير الســـاعات ، أي يجـــب أن تُقارن الساعات عند نصف قطر (شوارتز شيلد) بساعات بعيدة عنها لمعرفة وضعها الفعلي .

« أوه ، الزمن مكبوح بشكل لانهائي هنا !! » في الحقيقة لم يلاحظ أي شذوذ أبداً حول الزمن ، أو حول أي مفهوم في الفيزياء المحلية ، أي في **الجوار اللحظي** الذي حولـــك (immediate vicinity) . وببساطة شديدة فأنت لا تستطيع اكتشاف كبح الزمن إلا بالمقارنة بين زمنك وزمن شخص آخر في مكان آخر .

لتوضـــيح هذه النقطة ، دعنا نعود إلى توأمنا الجريئتين آية وشهد ، ولنفترض أن آية بقيت على الأرض ، أما شهد فقد انطلقت بسفينة فضاء إلى جوار نجم منفجر وهي مزودة بساعة خاصة ، تخيّل أن النجم انهار متهافتاً باتجاه مركزه لينتهي إلى نصف قطر (شـــوارتز شيلد) ، وانضغط على نفسه حتى وصل إلى حجم كرة صغيرة ، وسنرى قريـــباً مـــا هو مصيره المحتوم . الشكل (٤-١) يخبرنا عن معدل مرور الزمن في ساعة شـــهد بالنســـبة إلى ســـاعة آية في الحالة التي تكون فيها الكتلة المنهارة مكافئة لكتلة الشمس ، فمن الخط ستعلم أنه عندما تكون شهد على بُعد ستة كيلو مترات من مركز الكـــتلة تكـــون ساعتها تشير إلى نصف ما تشير إليه ساعة آية ، ويمكنهما التحقق من

ذلـــك بإرسال إشارات إذاعية (راديوية Radio) إلى بعضهما ، ولتجنب الخلط بين كـــبح الزمن الناتج عن الحركة وكبح الزمن الناتج عن الثقالة يمكننا أن نتخيل أن شهد تستخدم طاقة صواريخ سفينتها الفضائية لتبقى دون حركة بالنسبة إلى النجم المنهار . (بالطـــبع لا يســـتطيع المخلوق البشري أن يقاوم قوى الثقالة التي يمكن أن تتولّد) . اكتشـــفت شـــهد بعد ذلك أنها تصغر آية عمراً وأن آية وافقتها في الرأي حيث أنه لا يوجـــد تناظر في الظروف في هذا المشهد . إن شهد بالتحديد هي التي خضعت لحقلٍ ثقـــالي كـــبير ولـــتمدد الزمن المرافق لذلك . آية وشهد تستطيعان مقارنة ساعتيهما وتجربتهما الحياتية لإقناع أنفسهما أن زمن شهد بالفعل يسير بشكل أبطأ مقارنة بزمن آيـــة . إذا تكلمت شهد فإن آية ستسمع كلماتها تخرج ممطوطة وهي تتشدق وبوتيرة صـــوت بطيء ، وسترى ساعة شهد تسير بمعدل يبلغ نصف معدل سير ساعتها . كل الظواهـــر الأخرى ستظهر بحركة بطيئة أيضاً بما فيه سرعة تفكير شهد وسرعة نموها . شهد نفسها لن تلاحظ أي شيء غير عادي حول نطقها وعقلها ونموها أو مرور الزمن عندها ، كل شيء في جوارها اللحظي يبدو عادياً بالنسبة لها ، ولكنها عندما تستخدم تلسكوبها لتراقب الأرض فإنها سترى الأحداث تتسارع بضعف وتيرتها العادية المتعايشة معهـــا هي في تلك اللحظات ، فإذا نظرت شهد إلى ساعة آية فستجدها تسير ساعتين بالنسبة لها كلما سارت ساعتها ساعةً واحدة ، كلمات آية ستكون ذات وتيرة سريعة ومضغوطة مثل الأغاني المسجلة بسرعة مضاعفة ، العمليات (الظواهر) الفيزيائية حول آيـــة ستبدو لشهد وكأنها تحدث في زمن مضاعف ، أي كما لو أنها تشاهد فيلم فيديو موضـــوع على ضعف السرعة ، كل هذا حقيقي وليس ضرباً من الخداع البصري أو الشـــذوذ . تستطيع شهد الآن أن تعود إلى وطنها وتقارن الساعات والأعمار فوراً مع آية ، وتؤكد المشاهدة لشهد بأن زمنها فعلاً تباطأ خلال رحلتها إلى منطقة ذات ثقالة كبيرة فهي كبرت بنصف القدر الذي كبرت فيه آية .

[ربما كان الأمر كذلك ، ولكن في النهاية فإن تضخيماً فقط للأثر هو الذي قاســـه (فيسوت) وآخرون على الأرض . ولكن ماذا إذا كانت مغامرات شهد قريبة من نصف قطر (شوارتز شيلد) نفسه ؟ بالتأكيد سيحدث شيء شاذ حيث من المفترض أن يصل كبح الزمن هناك إلى اللانهاية . فكيف يمكن

لأي شيء فيزيائي أن يصبح لانهائياً بشكل فعلي ؟] .

كـــلما حلّقت شهد مقتربة من نصف قطر (شوارتز شيلد) تزايد كبح الزمن وأصبح أكثر فأكثر ، وسترى شهد أن ساعة آية أصبحت تسير أسرع فأسرع بالنسبة لساعتها ، أما آية فسترى ساعة شهد تزداد إبطاءً . بالطبع سيزداد إحساس شهد بعدم الارتـــياح لأنهـــا حتى تحوِّم مقتربة أكثر من الجرم الضخم ينبغي عليها أن تتجلد بحق وتـــتحمل قوى الثقالة الهائلة (g-forces) . هناك شيء آخر يصبح مهماً أيضاً وهو أن نفـــس التباطؤ الذي يؤثر على ساعة شهد سوف يؤثر على الموجات الضوئية الصادرة عن ذرات السفينة الفضائية وعلى الأمواج الإذاعية (Radio waves) التي تستخدمها شهد في التحدث إلى آية ، حيث ستعاني تلك الأمواج من انزياح ثقالي كبير نحو الأحمر الأمر الذي يعني أن سفينة الفضاء ستبدأ بالظهور حمراء جداً بالنسبة إلى آية ، بل أنها في الحقـــيقة ســـتبدو داكنة حتى ولو أجهدت شهد نفسها في تشغيل **الأضواء الغامرة** في ســـفينتها (Floodlights) لمســـاعدة آيـــة في رؤيتها فإنها لن تفلح لأن تسلق الضوء الصـــعب ليفلت خارجاً من الحقل الثقالي الجارف سوف يستنـــزف منه طاقة كبيرة لا تبقي منه سوى بقايا من ضوء شاحب ذابل خافت ، كما أن على آية أن تضبط جهاز الراديو المستقبِل لديها على موجة ذات تردد منخفض جداً حتى تتمكن من استقبال أو التقاط كلام شهد المتداخل .

كلما اقتربت شهد من نصف قطر (شوارتز شيلد) كلما أصبحت هذه الآثار أعـــنف وأشـــد ، ولكـــن على الرغم من أن آية تستطيع من حيث المبدأ وعن بُعد ، مشاهدة الأحداث تسير ببطء شديد على سفينة الفضاء فإنها ستصل إلى مرحلة يصعب عليها رؤية أي شيء بسبب انزياح الأحمر اللولبي (الحلزوني) «Spiraling Red Shift» حيـــث سيبرز ذلك دون حدود عند وصول شهد إلى نصف قطر (شوارتز شيلد) ، ويـــلي ذلـــك تلاشـــي حدة الضوء ووصولها إلى الصفر ، وتختفي شهد وسفينتها عن الأنظـــار تماماً ، وكما تنبأ (جون ميشيل) قبل قرنين من الزمان فإن آية عندما تنظر باتجاه النجم المنهار فكل ما ستراه هو السواد : ثقب أسود .

[لماذا دُعي بالضبط ثقباً أسوداً ؟] .

إن قـــدرة شـــهد على التحليق بالقرب من نصف قطر (شوارتز شيلد) تعتمد

عـــلى صاروخها الذي يملك الطاقة للتغلب على الجذب الهائل للثقالة هناك ، وستزداد قـــوى الثقالة (g-forces) المطبقة عليها وعلى سفينتها بلا حدود كلما اقتربت السفينة مـــن نصـــف قطر (شوارتز شيلد) مما يجعل ثقل شهد يصبح لانهائياً هناك . من هذه الـــزاوية (بهـــذا المنطق) كان آينشتاين على حق ، فلابد أن يكون هناك شيئاً ما غير فـــيزيائي - محـــلي - حول هذه الحالة الساكنة لهذه الأمور . إنه من المستحيل فيزيائياً بالتأكيد على سفينة فضاء أن تحلّق تماماً عند نصف قطر (شوارتز شيلد) حيث يجاهد الـــزمن حتى يتوقف بالنسبة إلى إطار آية المرجعي . في الواقع ، لا يوجد قوة في الكون لها القدرة الكافية على مقاومة الجذب الثقالي هناك ، إذاً فقبل الوصول إلى نصف القطر الحـــدي بقليل ستخسر محركات الصاروخ معركتها حتماً ضد الثقالة وستهوي السفينة مـــندفعة عبر نصف قطر (شوارتز شيلد) ، وبمجرد أن تصبح السفينة في الداخل فلن يكون هناك أي إمكانية لكي تبقى محلّقة على أي بُعد ثابت من مركز الثقالة ، وينطبق ذلـــك عـــلى أي مادة هناك بما فيها مادة النجم المنفجر كلها ستهوي إلى المركز . إن المـــنطقة الـــتي تكون **ضمن نصف قطر (شوارتز شيلد)** لا يمكن أن تحوي أي مادة ســـاكنة ، لذلك فإن هذا المجال من **الفضاء الزماني (الزمكان** Spacetime) يكون بشـــكل عام **خالياً** (Empty) ويبدو **أسوداً** (من الخارج) ومن هنا جاءت التسمية : « **الثقب الأسود** » .

[ولكـــن هل يمكن أن يكون هناك بالتأكيد محركاً ذو قوة كافية تستطيع أن تقاوم أي قوة ثقالية مهما كان كبرها ؟] .

في هـــذه الحالـــة لا . إن الثقالة داخل الثقب الأسود تكون جبارة ، فهي تلجم الضوء المتوجه للخروج وتعيده ساحبةً إياه إلى مركز الثقالة بحيث لا يفلت منها وكأنه مســـلّط بواســـطة **عدسات عملاقة** (بالضبط كما كان حدس جون ميشيل) . ومن المدهـــش أن هذا التصور التقط أيضاً في عام ١٩٢٠ من قِبَل العالم (أ. أندرسون) من جامعة (جالوي) ، حيث كتب في المجلة الفلسفية لذلك العام ما يلي :

[.... إذا أمكـــن لكـــتلة الشمس أن تتركز في كرة نصف قطرها ١,٤٧ كيلو متر فإن قرينة الانكسار (index of refraction) يمكن أن تصبح كبيرة بشـــكل لانهـــائي ، وينبغي أن يكون لدينا عدسات ذات طاقة تقريب عالية

جـــداً ، فائقـــة جداً بالفعل ، حتى يمكن رؤية الضوء الذي تصدره الشمس حيث أن ذلك الضوء نفسه يمكن أن لا يكون له سرعة بتاتاً عند سطحها . لذلك .... فهي تكفّن بالظلام][١٠] .

لكـــي تقـــاوم سفينة الفضاء (أو مادة النجم المنفجر) قوة الثقالة الهائلة هذه ، وتـــبقى عـــند نصف قطر ثابت ، فإن ذلك يتطلب بأن تكون منطلقة بسرعة أكبر من سرعة الضوء وهذا محظور بموجب النظرية النسبية .

[مهـــلاً ، الســـفينة لا تستطيع أن تتحرك أبداً بالنسبة إلى مركز الثقالة أو بالنسبة إلى آية ، لماذا تقول أنها يمكن أن تنطلق بأسرع من الضوء ؟] .

إن مفهوم السرعة هو بالضرورة مفهوم محلي ، مثال ذلك ، أنك تستطيع قياس الســـرعة النســـبية للجســـم (A) الـــذي يمر أمام (B) ، ولكن إذا كان (A) و (B) مفصولين مكانياً وفي الحقل الثقالي ، فإن سرعتهما النسبية تصبح شيئاً غامضاً ومبهماً ، فـــإذا حاولت أن تقيسها بإرسال إشارات ضوئية موقتاً الحركة بين نقط الفضاء المتتالية فستدخل في مشكلة ساعة مَن ستستخدم ؟ وعندما تصبح (A) على الأرض و (B) في داخل ثقب أسود فلا يمكنك بناء أي منطق عن سرعة (B) بالنسبة إلى (A) . صحيح أن شرطة المرور يستطيعون قياس السرعة ضمن مسافة بأجهزتهم الرادارية ، ولكن ذلك لأنهـــم يهملون أثر الثقالة ، فإذا حاولوا قياس السرعة الرأسية فسيدخلون في مشاكل ، حيـــث سيختلط في هذه الحالة انزياح دوبلر مع الانزياح الأحمر الثقالي ويصبح تحديد الســـرعة بشـــكل مضـــبوط ودقيق أمراً صعباً ، « لن يكون ذلك مشكلة كبيرة في حالة الأرض لأن أثـــر **الانـــزياح الأحمر الثقالي** (gravitational Red shift) طفيف جـــداً ولكنك تستطيع إدراك ما أعني » . وبالمقابل فإن المرء يمكن أن يتفهم معنىً للسرعة النسبية بـــين سفينة فضاء ونبضة ضوئية تمر بجوارها حتى ولو كان كلاهما داخل الثقب الأسود ، هـــذه الســـرعة ســـتكون دوماً هي سرعة الضوء ، لذلك فإذا تم سحب الضوء المتجه إلى الخارج وإعادته إلى الداخل بطريقة ما فإن السفينة أيضاً يجب أن تخضع لذلك أو أنها ستسير محلياً بسرعة أكبر من سرعة الضوء وهو أمر محظور في النظرية النسبية الخاصة .

[إذا كانـــت ثقالـــة المادة المنهارة تجذب الضوء ، ألا يعني ذلك أن الضوء

الخارج من المناطق التي خارج نصف قطر (شوارتز شيلد) مباشرة سينطلق بعيداً باتجاه آية بسرعة مخفضة ؟] .

نعم ، و لا . إن الضوء الموجود في المجال القريب من نصف قطر (شوارتز شيلد) سيستغرق بالتأكيد زمناً طويلاً جداً لكي يخرج إذا ما قيس من قبل آية ، على أنه يجب أن تتذكر أنها لا تستطيع قياس سرعة الضوء مباشرة من هذه المسافة ، لكنها تستطيع أن تتتبع الفوتونات وهي تتهادى في طريقها الشاق نحوها ببطء مؤلم حسب معايير ساعتها ، ولكنها عندما تأخذ بعين الاعتبار أن الزمن بالقرب من نصف قطر (شوارتز شيلد) يتباطأ ستجد أنه في المجال الذي ينبغي لفوتون ما أن يكون فيه فإنه يتحرك بنفس سرعته الأصلية (أي ثلاثمائة ألف كيلو متر في الثانية) ، وبالطبع فإن مراقباً قريباً من الثقب الأسود سيكون قادراً على قياس سرعة الضوء محلياً ويحصل على نفس الإجابة .

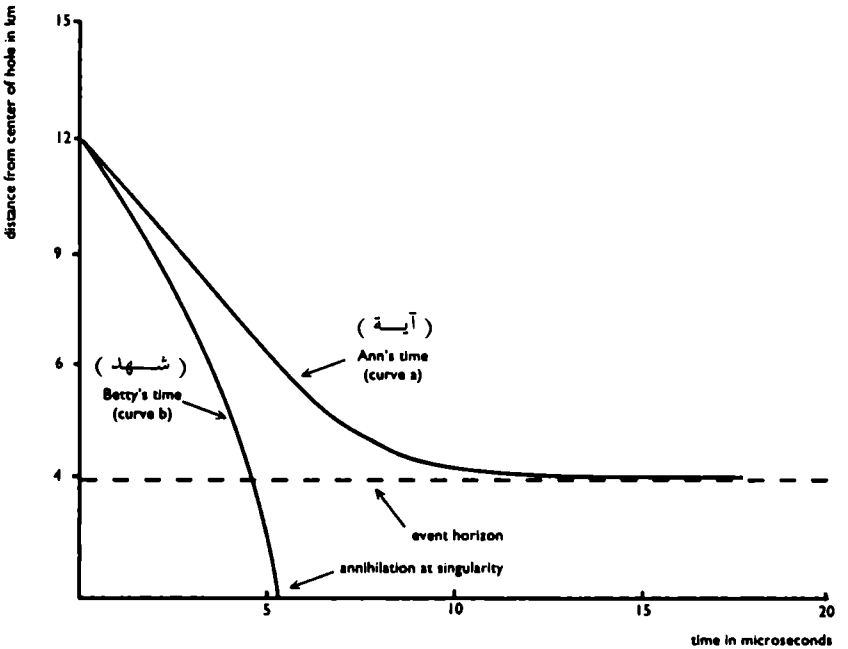
[ألا يعني هذا أن آية لن تشاهد أبداً وصول شهد فعلاً إلى نصف قطر (شوارتز شيلد) ثم سقوطها في الثقب الأسود ؟] .

هذا صحيح . إن الضوء الذي يبلغ عن موقع سفينة شهد سيستغرق وقتاً أكثر فأكثر حتى يصل إلى آية كلما اقتربت السفينة من نصف قطر (شوارتز شيلد) أكثر فأكثر ، والشكل (٤-٢) يقارن ساعة آية مع ساعة شهد عندما تبدأ سفينة شهد بسقوطها الحر (Free Fall) بتأثير الثقالة في قلب الثقب الأسود ، وتستطيع أن تتبين بوضوح أن على آية أن تنتظر زمناً يمتد إلى اللانهاية حتى ترى شهد تنزلق عبر نصف القطر المشؤوم .

[إذاً ، هل تريد القول أنه بينما تكون شهد واعية تماماً لسقوطها المرعب في الثقب ، فإن آية سترى سفينة شهد تحوم فقط على الحافة الجامدة بلا حراك في الزمان والمكان ؟] .

ليس الأمر كذلك في الواقع ، بسبب **تذبذب الانزياح نحو الأحمر** وتضاؤل شدة الضوء القادم من السفينة عند اقترابها من نصف قطر (شوارتز شيلد) . إن آية لا تستطيع أن تتابع زحف هذا « **التجميد** » ، وما تراه في الواقع هو أن السفينة تزداد

احمراراً بسرعة حتى الأحمر الداكن ثم **تغوص في لجة الظلام الدامس للثقب الأسود ، وهكذا ابتلعتها العتمة .**



الشـــكل (٤-٢) : الـــتردي في الثقـــب الأسود . الممثل على هذا الشكل هو قراءات الساعة المأخوذة من قبل شهد عند سقوطها في الكتلة الشمسية المتحولة إلى ثقب أسود (المنحني b) وقراءات آية أثناء مراقبتها لذلك السقوط من بعيد (المنحني a) ، وقد رسم المنحنيات كتابعين لمسافة شهد (بُعدها) عن مركز الثقب الأسود . تبدأ شهد من السكون وهي على بُعد ١٢ كم وتصل إلى تصف قطر (شوارتز شيلد) بعد ٤,٧ ميكروثانية وهو الممثل بالخط المنقط على الشـــكل (أفـــق الحدث Event Horison) وتختفي عند نقطة التفرد المركزي «Contral Singularity» بعد ٥,٣ ميكروثانـــية . بالمقابل فإن آية سترى سقوط شهد يتباطأ بقسوة وعنف ويصبح جامداً إلى الأبد خارج نصف قطر (شـــوارتز شـــيلد) مباشرةً ، وبالتالي فإن المنطقة (المحال) الموجود تحت الخط المتقطع يقبع « وراء نهاية الزمن » حسب وجهة نظر آية (Beyond the end of time) .

[ولكـــن أمازال هذا يعني في الواقع أن شهد لم ولن تصل إلى نصف قطر (شـــوارتز شـــيلد) ؟ وأن الثقـــب الأسود هو ضرب من الخيال ؟ أليس كذلك ؟] .

كـــلا ، ليس كذلك ، إن الكلمات المغرية مثل « لم » و « لن » ليس لها معنى

مطلق ، فيجب أن تحدد من تعني وعمَّ تتحدث . صحيح أنه في الإطار المرجعي لآية لن تصل شهد أبداً إلى نصف قطر (شوارتز شيلد) ، ولكن بالنسبة لإطار شهد المرجعي فإنها قد وصلت بالفعل ، في الحقيقة ستستغرق شهد في الأحوال النموذجية بضعة ميكروثانية فقط من زمن سفينة الفضاء لكي تسقط في الثقب الأسود للكتلة الشمسية من على بُعد عدة أضعاف من نصف قطر (شوارتز شيلد) ، وقد أنجزت هذه المهمة بنجاح وفي وقتٍ قصير أيضاً .

[ولكن الثقوب السوداء مازالت خيالاً حسب القدر الذي نضطلع به نحن في العالم الخارجي . إن النجم الذي ينفجر ليشكل افتراضياً ثقباً أسوداً يمكن أيضاً أن يستغرق قدراً لانهائياً من زمننا ليتقلص ويصبح ضمن نصف قطر (شوارتز شيلد) . السواد المفترض أن يكون خالياً هو مجال يمكن أن يملأ بالبقية الباقية من النجم ، أليس كذلك ؟] .

هذا صحيح إلى حد ما . في الحقيقة لم يستسغ الروس مصطلح «الثقب الأسود» لهذا السبب تحديداً ، وعلى سبيل الدعابة نقول أنهم كانوا سيستخدمون مصطلح « المخيمات العمالية » لأنه ما من أحد يستطيع الخروج منها . هم في الحقيقة استخدموا مصطلح « النجوم الجامدة » للتعبير عن أنه عند مسافة محددة هي نصف قطر (شوارتز شيلد) يصبح الزمن والحركة جامدين . أصبح بإمكانك الآن أن تستنتج أن ما يشبه الثقب الأسود تقنياً هو في الحقيقة نجم جامد في المراحل الأخيرة من انهياره. ولكن جميع خصائص هذا النجم المنهار تصبح غير مميزة بسرعة كبيرة عن الخلاء المتأصل الحاصل والذي يشكل أساساً الثقب الأسود ، (عندما نقول بسرعة كبيرة أي خلال بضع ميللي ثانية من بدء الانهيار) . وإذا غامرت واقتربت للكشف عن أي فروقات متبقية لن تجد شيئاً لأنك من الممكن أن تظل متتبعاً لمادة النجم المنفجرة وهي تعبر نصف قطر (شوارتز شيلد) إلى الخلاء الحقيقي ، وهكذا تجد أن الفرق بين الثقب الأسود والنجم الجامد عملياً غير موجود .

(٤-٥) خلف نهاية الزمن

« معادلة (آينشتاين) تقول : " هـذه هـي النهايـة " والفيزياء تقول : " لا يوجـد نهايـة " » .

(جون ويلر)

شكوكنا تتكلم :

[دعنا نتخيّل شهد وهي داخل الثقب الأسود للحظة ، إذا استغرقت شهد إلى الأبد (الأبد بالنسبة لآية) لتعبر نصف قطر (شوارتز شيلد) وتبدأ أولى خطواتها دخولاً في الثقب الأسود فمتى (متى بالنسبة لآية) يمكن أن تكون شـهد في داخل الثقب الأسود ؟ ألا تكون شهد بشكل ما قد تجاوزت نهاية الزمن هناك (الزمن بالنسبة لآية) ؟] .

فـيما يلي توضيح حول هذه التساؤلات . عندما تصل إلى كبح لانهائي للزمن فإن الميكروثانية عند أحد التوأمين ستكون (إلى الأبد) بالنسبة للتوأم الأخرى فالزمان والمكـان اللذان بداخل الثقب الأسود هما منطقة (مجال) لا يمكن مراقبتهما من الخارج وكأن نصف قطر (شوارتز شيلد) يفصل بين الأحداث التي تقع داخل الثقب الأسود والتي لا تستطيع آية أن تراها مهما طال انتظارها وإلى الأبد ، وبين الأحداث التي تقع خـارج الثقب الأسود والتي لا تستطيع آية أن تراقبها إذا تحملت بما يكفي من الصبر ، ويدعى نصف قطر (شوارتزليد) أحياناً : « **أفق الأحداث** » لهذا السبب ، وبناءً على ذلك فإن منطقة ما داخل الثقب الأسود يمكن اعتبارها إلى حد ما منطقة ما وراء نهاية الـزمن طالمـا أننا ننظر إليها من الكون الذي يقع خارجها ، ولكنها ليست وراء نهاية زمن شهد بالطبع .

[هـذا يعني أنه خلال البضع ميكروثانية التي عبرت فيها شهد خط الأفق بشـكل خاطف يكون كل شيء في الخارج قد وصل إلى الأبد ، وأن تقدم الصـور بشكل أسرع سيؤدي إلى تسارع الوصول إلى السرعة اللانهائية . وستعلم شهد عندما تصبح داخل الثقب الأسود أن الكون خارجه قد انتهى حتى ولو طال بها الأمد هي إلى الأبد (أبدها هي) .]

فقـــط أثناء المراحل الأولى من التجربة التي مرت على التوأمين من الأفضل أن لا نفكـــر بالمصـــطلحات التي من قبيل : « ماذا تفعل آية الآن » وهكذا ، حيث أنه إذا نظرت شهد نحو الأعلى إلى الكون الخارجي فإنها سترى في الواقع فترة لانهائية تمر أثناء تلك اللمحة الخاطفة من زمنها (بضع ميكروثانية) ، لأن الضوء سيستغرق وقتاً طويلاً لكي يصل إلى داخل الثقب الأسود من الأحداث الكونية التي تقع على بُعد شاسع عنه، وقـــبل أن يصـــل أي من تلك الصور إليها ستكون شهد قد وصلت إلى مركز الثقب الأســـود وغرقت في عالم النسيان . والطريقة الوحيدة التي تستطيع بها شهد أن ترقب تـــاريخ المستقبل اللانهائي للكون هي أن تبقى محلّقة (**تحوم**) عند نصف قطر (شوارتز شـــيلد) وأن تنـــتظر حتى تصل إليها كل الأضواء ولكننا وجدنا أنها لا يمكن أن تبقى محومةً هناك .

[إذا كانت شهد خلف نهاية الزمن ، فماذا يحصل لها ؟ هل يمكنها الالتفاف ومن ثم التوجه عائدة خارج الثقب الأسود ؟] .

هذا الكلام يمكن أن يقبل دون القول أنك لا تستطيع العودة من منطقة ما وراء الزمن بدون القيام بأي تراجع للزمن وذلك يبدو غير مستساغ (ومع ذلك انظر الفصل العاشـــر) ، يبدو أن شهد ستواجه أحد مصيرين ممكنين ، الرهان الآمن منهما هو أن تســـقط مباشرةً إلى مركز الثقب الأسود وتتلاشى ، فإذا تم التقيد تماماً بحل (شوارتز شيلد) وكان الوصول إلى المركز الهندسي بالضبط ، فإن ذلك سينبئ بأن يكون حقل الثقالة لانهائياً هناك - علماً بأن مركز الثقب الأسود هو منطقة **تفرُّد زمكانية** ، وعلى خـــلاف مـــنطقة محـــيط نصـــف القطر الحرج فإن منطقة التفرُّد المركزية لا يمكن أن تُستحضـــر (كمـــا تُستحضـــر الأرواح) من الوجود بتغيير الإحداثيات ، فهي تملك صـــفات وطبـــيعة محلـــية وفيزيائية (فضلاً عن أنها رياضية بحتة) ، فإذا وجد التفرُّد فســـيكون هـــو حـــدود الزمن نفسه ، أي سيكون حافة اللانهاية حيث ينقطع الزمن ويتوقف ولن يكون هناك ما وراءه ، وهي الحالة التي **تهوي** بها شهد نحو الثقب الأسود في رحلـــة باتجاه واحد إلى اللامكان واللازمان (nowhere nowhen) وعندما ترتطم بالمركـــز المـــتفرِّد فإنها لن تستطيع الاستمرار في الزمكان (spacetime) وبالتالي فهي يجـــب أن تـــتوقف - تنقطع - عن الوجود ككائن فيزيائي حيث ستكون بالطبع قد

دخلت في عالم النسيان لمجرد وصولها إلى هناك .

هناك فكرة أكثر شراسة هي أن باطن الثقب الأسود يمكن أن يكون أكثر تعقيداً بشكل يمكّن شهد من أن تتجنب التفرُّد وتفوز بالبقاء (survive) ، وهناك بديل آخر هو أن نوعاً ما من الفيزياء من المحتمل أن يُكتشف ويمكن أن يمنع التفرُّد من التشكل أصلاً ، وفي أي من الحالتين فإن من الواضح أن شهد ستواصل رحلتها إلى الزمكان ولكنها لن تستطيع الدخول إلى أي منطقة من فضائنا[*] لأن زمنه قد مضى ، وتبقى الإمكانية الوحيدة لشهد هي أن تنخرط أو تنغمس في فضاء آخر ، (أي في كون آخر إذا أحبت) متصل بفضائنا عن طريق باطن الثقب الأسود . هذا الفضاء الآخر يمكن أن يكون كوناً آخر واقعاً خلف (وراء) نهاية الزمن وبالقدر الذي يعنينا ذلك ، ولربما كان السقوط الشعري هو أكثر العلوم التي استطاعت تعريف المرشح لأرض ما وراء الزمن بشكل واضح ، وربما استطاعت أن توضح أيضاً لماذا سأل الرجل التايلاندي سؤاله حول الجنة ، ولسوء الحظ فليس هناك من سبب للاعتقاد : آ) بأن مثل هذه المنطقة من الزمكان موجودة . ب) بأنه يمكنك فعلاً الدخول إلى باطن الثقب الأسود وأن تدخله حتى ولو كان موجوداً . ج) بأنه سينجم عن ذلك اختلافها الشديد عن عالَمنا إذا فَعَلَت ذلك .

هناك أيضاً مشكلة أنه إن أمكنك فعل ذلك « **العبور النفقي** Tunneling » مرة واحدة بالحيلة فستستطيع القيام به مرة أخرى في كون آخر ، وحيث أنك لا تستطيع السقوط من الكون الآخر عائداً إلى كوننا (بدون السفر إلى الماضي من الزمن) فإنه قد يكون من الضروري لك أن تكتشف كوناً ثالثاً ورابعاً .. وهكذا . ينبغي عليك أن تفترض **الوجود الفعال** (Potential Existence) للانهاية للأكوان غير المتصلة، تلك الفكرة التي تبهر بعض الناس ولكنها في الواقع تصدمني بسُخفها البحت .

[« السخف » تلك فقط هي محصلة الموضوع برمته . أظن أن (أدينجتون) كان على حق ، لأنه من المؤكد أن فكرة الثقوب السوداء وكبح الزمن اللانهائي هي فكرة من الحمق بمكانٍ أخذها بمجملها على محمل الجد ، فأين

(*) كلمة (space) يكون مقابلها العربي أحياناً (فضاء) وأحياناً (مكان) وقد استخدمتُ الكلمتين حسب ما يقتضيه استقامة المعنى العام بالعربية . (المترجم)

البرهان على أن تلك الأشياء موجودة فعلاً ؟] .

(٤-٦) هل هم هناك فعلاً ؟

« الضوء انزاح نحو الأحمر ، إنه يصبح داكناً أكثر فأكثر لحظة بعد أخرى ، وفي أقل من برهة أصبح أسوداً تماماً بحيث لا يمكن رؤيته ... »

(جون ويلر)

في أوائل السبعينات كنتُ محاضراً شاباً في الكلية الملكية في لندن ، وكان (جون تايلور) هو الخبير المحلي في الثقوب السوداء ، كان (تايلور) فيزيائياً ورياضياً أنيساً وكان بحّاثاً محترفاً ونشيطاً في مجالات كثيرة تبدأ من الدماغ وحتى نظرية الثقالة الفائقة. لقد عرف الشعب البريطاني لأول مرة أن الثقوب السوداء هي « أكثر الأجرام التي عرفها الإنسان فظاعة ورعباً » كما كان يحلو له أن يشير إليها ، وترجع هذه المعرفة بشكل رئيسي إلى كتاب (تايلور) الشعبي : « الثقوب السوداء : هل هي نهاية العالم ؟ » الذي امتزج بنظرة ثاقبة وبأسلوب سلس للعرض بحيث تفهمه الطبقة الوسطى . ولكن لسوء الحظ فقد تزامن نشر الكتاب مع تزايد الاهتمام بالظواهر الخارقة للعادة في الأوساط البريطانية (وسائل الإعلام) ، حيث أن الخصائص المتنبأ بها للثقوب السوداء لها جاذبية أسطورية بالتأكيد ، وقد تعزَّز شعور الغموض هذا بوجهات نظر بعض العلماء المتحفظين الذين أدانوا فكرة الثقوب السوداء برمتها واعتبروها هراءً تفكيرياً .

وعلى الرغم من كل ذلك فقد كانت البراهين تتجمع لتؤكد بأنه يجب النظر إلى الثقوب السوداء بجدية أكثر من الظن بأنها سحر ، وقد كان من الواضح دوماً أنه لا يوجد عائق نظري من تشكل الثقب الأسود : فبوجود كتلة كبيرة كافية ، يكون نصف قطر (شوارتز شيلد) كبيراً بشكل يكفي لتشكل الثقب الأسود قبل أن تنضغط المادة إلى كثافة غير عادية . ويكون السؤال المهم هو : هل ستتوفر الشروط المناسبة في الكون الحقيقي ؟

لقد ركز الفلكيون انتباههم بشكل أساسي على النجوم الميتة آخذين إشارة البدء

مـــن أعمال (أونبهايمر) في **الانهيارات النجمية** ، وكان المشهد واضحاً تماماً : عندما ينفد الوقود من النجم فسوف **يتهافت على نفسه** بتأثير وزنه الذاتي ، فإذا كان النجم ثقـــيلاً بشـــكل كاف فليس هناك من قوة تستطيع أن تمنعه من الانفجار والتحول إلى ثقـــب أســـود – حسب نظرية (آينشتاين) العامة في النسبية – ، وتشير الحسابات التفصـــيلية إلى أن الـــنجوم الـــتي تكون كتلتها أكثر من ثلاثة أضعاف كتلة الشمس ســـتواجه حـــتماً هذا المصير ، مع الافتراض بأنها لم تجد أي وسيلة للتخلص من بعض مادتهـــا أولاً . وهـــناك العديـــد من تلك النجوم التي تتحول إلى ثقوب سوداء وتعتبر مخلفات نجمية وتبدو علائم ذلك واضحة على مظهرها .

في عـــام ١٩٦٠ أصبح لدى الفلكيين فكرة واضحة عن كيفية تشكل وحدوث **كارثـــة الانهـــيار النجمي . نجم ثقيل ضخم يلتهم وقوده بمعدل مذهل** ، وعندما يتم اســـتنفاذ كـــامل المخـــزون فإنه لا يتقلص وحسب ، بل إن نواته تنفجر فجأة وتحرر الصـــدمة الحاصـــلة **دفقاً عظيماً من الطاقة** يكون من الضخامة بشكل يكفي لتفجير الطـــبقات الخارجـــية مـــن النجم ونثرها في الفضاء ، يتلو ذلك انفجار هائل (تيتاني Titanic) . وقد تم مشاهدة هذه الانفجارات ومراقبتها بواسطة الفلكيين عبر التاريخ وقـــد سموها « **النجوم المســـتعرة** (Super Nova) » ويبدو أن ذلك مكان مناسب لمراقبة وتعقب الأجرام المنهارة ثقالياً .

على أنه في ذلك الوقت كان لدى العلماء حاجزاً عقلياً حول طبيعة نصف قطر (شوارتز شيلد) حتى جاء (كيب ثورن) تلميذ (جون ويلر) وأوضح ما يلي :

[ربما لم يكن هناك شيء أكثر تأثيراً في منع الفيزيائيين بين عام ١٩٣٩ وعام ١٩٥٩ مـــن فهـــم الانفجار النجمي ، من الاسم الذي استخدموه لوصف المحـــيط الحرج : « شذوذ شوارتز شيلد » . إن كلمة « شذوذ » تستحضر إلى الأذهان صورة لمنطقة تصبح فيها الثقالة قوية بشكل لانهائي مما يؤدي إلى خـــرق قوانين الفيزياء ، صورة نفهمها الآن أنها صحيحة للجرم عند مركز الثقب الأسود وليس على محيط حرج[١١]] .

كـــان هـــناك شعور سائد بأن شيئاً أساسياً ما يستدعي التوقف عند موضوع نصف القطر الحرج ، وهو أن كبح الزمن اللانهائي الذي يجمد الأحداث ويوقفها تماماً

من وجهة نظر مراقب بعيد ، يتلمس في نفس الوقت طريق النهاية للنجم المنهار بشكل عبثي بعض الشيء وعديم المعنى . وقد احتاج الأمر إلى حسابات (فينكلستين) و (كروسكال) و (زيكرز) لإقناع العلماء أخيراً أنه في الإطار المرجعي للمادة المتهاوية لا يوجد فعلاً أي شيء يمكن أن يتوقف عند منطقة (شوارتز شيلد) الشاذة ، فكما أشار (ثورن) : « أن الشخص الذي يخترق منطقة (شوارتز شيلد) - أي المحيط الحرج - في نجمٍ منفجر ، سوف لن يشعر بثقالة لانهائية ولن يشعر بخرق لقانون الفيزياء » .

بصرف النظر عن تذوقه المعروف للغرابة والعجابة فقد كان (ويلر) نفسه منذ البداية في شك من فكرة الانهيار الثقالي ، وقد غيّر موقفه هذا فقط بحلول عام ١٩٦٠ عندما عرف شخصياً أن (كروزال) حلّ شذوذ (شوارتز شيلد) وبعد تأثره كذلك بالأفكار الأخيرة المتعلقة بالنجوم المستعرة (Super Nova) ، ويتذكر (ثورن) كيف اندفع (ويلر) في أحد الأيام من أوائل عام ١٩٦٠ إلى قاعة النسبية وعليه أسارير البهجة . كان (ويلر) عائداً للتو من زيارة إلى مختبر (ليفرمور) في كاليفورنيا حيث قام خبير النجوم المستعرة في العالم (ستيرلنغ كولجيت) بإماطة اللثام عن آخر نماذج الكومبيوتر المحاكية لأنظمة تلك النجوم ، وقد اعتمد (كولجيت) في حساباته على حسابات (أونبهايمر) و (سايدنر) القديمة في ما قبل الحرب ، ولكنها تضمنت العديد من المظاهر الفعلية الأخرى . وكتب (ثورن) عن حماس (ويلر) في ذلك اليوم فقال: « وبصوت لم يخلو من الحماس والإثارة بدأ (ويلر) يرسم الشكل تلو الآخر على السبورة » ، وشرح (ويلر) كيف أن نواة منفجرة لنجم متوسط الكتلة يمكن أن تشكل نجماً نيترونياً ، ولكن إذا كانت النواة أكبر بمرتين من الشمس فيبدو أن شيئاً ما لن يستطيع وقف الانهيار النجمي .

[كما هو واضح من الخارج فإن الانفجار يتباطأ ويصبح جامداً عند المحيط الحرج ، ولكن إذا أتيح لأحد أن يرى ما يحدث على سطح النجم فإنه سيكتشف أن الانفجار غير جامد على الإطلاق ، وأن سطح النجم يتهافت مباشرة نحو المحيط الحرج وباتجاه الداخل دون أي تلكؤٍ أو توقف[١٢]] .

كان الاستنتاج بأن نصف القطر الحرج يمكن أن لا يوقف الانهيار الكلي هو

نقطة التحول الرئيسية ، ولكن مفهوم الثقب الأسود كإسم مميز لم يكن قد انتشر تماماً بعد ، وقد تميز عقد الستينات فعلاً باهتياج وتطور كبيرين في علم الفلك ، وكان معظم هذا الاضطراب يتعلق بموضوع الانهيار الثقالي الشائك . جاء أولاً اكتشاف **الكوازارات** (quasars) (النجوم المزيفة المشعة خارج المجرة) « **أشباه النجوم** » وتُختصر بالأحرف الإنجليزية (QSO's) وهي الأحرف الأولى والأخيرة من : (quasi stellar) . **الكوازارات عبارة عن ثقوب مضيئة** موجودة في الأعماق السحيقة من الكون كان يُعتقد خطأً بأنها نجوم وقد تم تمييزها عام ١٩٦٣ وعرف أن كتلتها بضخامة كتلة المجرات ، وأنها تضيء بشكل هائل ولكنها منضغطة انضغاطاً شديداً ، وقد أجبر اكتشافها الفلكيين على مواجهة حقيقة أن مثل هذه الأجرام ذات المادة والكثافة الهائلتين **معرضة للابتلاء بمحنة الانهيار الثقالي** .

في السنة التالية سجّل صاروخ مزوّد بكشّاف فعال للأشعة السينية X-Ray وجود مصدر قوي للأشعة السينية قادمٍ من أحد أجرام كوكبة الدجاجة (البجعة) – Cygnus – المدعو (Cygnus X-1) ، (ساينوس X-1) ، وبعد عشر سنوات أصبح هذا الجرم المرشح الأول لثقب أسود ممكن التشكل بالانهيار النجمي .

تميزت بداية الستينات وأواسطها بتقدم نظري مهم ، حيث طوّر الرياضي البريطاني (روجر بينورز) تقنيات هندسية جديدة وأكثر دقة في دراسة زمكان (شوارتز شيلد) ، وأفق الأحداث ، والنجوم المنهارة ، والشذوذ ، والمفاهيم النظرية للنسبية العامة المتعلقة بذلك . وقد كان مجيء هذه النظريات الحديثة فاتحة خير للفيزيائيين الذين كانوا يكافحون من أجل الوصول إلى صيغٍ متينة للصفات المذهلة للثقوب السوداء .

وأخيراً ، تم اكتشاف **النبّاضات** (Pulsars) – النجوم النيترونية في عام ١٩٦٧، وعند هذه المرحلة كانت الانهيارات الثقالية وانفجارات النجوم المستعرة (Super nova)، والنجوم الجامدة ، وكبح الزمن اللانهائي ، كلها تتربع بثبات على قائمة أبحاث الفيزياء الفلكية ، وفي أواخر عام ١٩٦٧ عُقد مؤتمر عن النبّاضات في (نيويورك) حيث أشار (ويلر) خلاله إلى **إمكانية تشكل ثقب أسود من تهافت متواصل** (مستمر) في المكان (Space) : « **إن الاستمرار بالتهافتً نحو المركز قد يؤدي إلى تشكل ثقب أسود**

في الفضـــاء » . ودخـــل هذا الاسم « الثقوب السوداء » أخيراً ضمن مفردات اللغة الإنكليزية ، وتلك فقط كانت هي البداية ، وكان الأكثر أهمية هو إيجاد الدليل القاطع على أن الثقوب السوداء موجودة فعلاً في الكون .

في أوائـــل السبعينات وبعد أن ازدهرت أبحاث الثقوب السوداء وأثمرت في كل أنحـــاء العـــالم ، بدأ الفلكيون يبحثون عنها في الكون بجد وبلهفة ، وقد أدى استخدام تلســـكوبات الأقمار الصناعية المزودة بالأشعة السينية إلىً تحسين كبير في فهم الأجرام الســـماوية مثل (ساينوس X-1) . ومما طُرح في ذلك الوقت ، أنه إذا تشكل الثقب الأســـود من مجموعة نجمية ثنائية ، فإن **ما سينبئ عن وجوده التهامه البطيء لرفيقه** ، وازديـــاد حدة لمعانه وبريقه وازدياد إصداره للأشعة السينية . وحتى ساعة إعداد هذا الكتاب فإن عدداً من الفلكيين يعتبرون (ساينوس X-1) مشروعاً لثقب أسود محتمل جـــداً لأنه الآن مقيد في مدار محكم مدته ٥,٦ يوماً فقط حول نجم أزرق فائق العملقة (Super giant star) .

أثبتـــت الكـــوازارات والمجرات المضطربة والمنتشرة في أصقاع الكون وجودها كمـــنطقة بحـــث واعدة لأبحاث الثقوب السوداء ، ولكن الأجرام المعنية في هذه الحالة يمكن أن تكون ذات كتل أكبر وأضخم بشكل ملحوظ من النجم المنهار . في الحقيقة ، إن الفلكـــيين قد تملكهم الشك في أن بعض المجرات قد تؤوي وتخبئ في وسطها بعض الثقوب السوداء ذات الكتل التي قد تصل إلى ملايين أو حتى بلايين الأضعاف من كتلة الشـــمس . وهناك دليل لا بأس به أنه **يوجد على الأقل ثقب أسود واحد بكتلة تبلغ « مليـــون كـــتلة شمسية » يعشش ويكمن مختبئاً في وسط مجرتنا نحن : درب التبانة** (Milky way) . وعـــلى الرغـــم من أن وجود مرشح فعلي مقنع ووحيد يبقى الأمر محيّراً ومُحبطاً ، فإن الأدلة المتجمعة حول الثقوب السوداء أصبحت طاغية في السنوات القلـــيلة الماضية . وهكذا فبعد ثمانية عقود من اكتشاف (شوارز شيلد) لحلّه الشهير ، يـــبدو أن وجود الأجرام السماوية الحقيقية ذات **كبح الزمن اللانهائي** بات أخيراً أمراً مؤكداً .

لم يعـــش (آينشـــتاين) ليرى ثمرة تطبيقات نظريته النسبوية العامة على النجوم المـــنهارة ، ليطمئن قلبه ، لأن كل الدلائل تشير إلى أنه كان في كل الأحوال قلقاً من

الموضوع برمته . في الحقيقة أن (آينشتاين) قلّل كثيراً من اهتمامه بالآثار المحلية للثقالة ، وكـــان ذلـــك عام ١٩٢٠ وبالتحديد بعد نجاح اختبار (أدينجتون) في انحناء ضوء الشـــمس(Bending of light) . وقـــد شهدت العشرينات الهادرة ولادة الميكانيك الكوانتي ، ذلك العالَم المليء بالتحديات والذي شغل عقل (آينشتاين) كله . في تلك الأثـــناء انـــتهى العمل في تلسكوب المائة بوصة الجديد في مرصد جبل (ويلسون) في (كاليفورنـــيا) وأصـــبح جاهزاً لدراسة واستكشاف أكثر النجوم بُعداً في هذا الكون بشـــكل دقيق ، وبمرور السنين تزايدت ملاحظة الفلكيين المهتمين لشيء غريب حول الضـــوء القادم من تلك الأجرام ، وفي نهاية ذلك العقد كان واضحاً أن نظرية (آينشتاين) النسبوية العامة وجدت تطبيقاً جديداً ، بل أكثر دراماتيكيةً :

أصل نشوء وتطور الكون نفسه .

مكتبة
t.me/soramnqraa

الفصل الخامس

بداية الزمن :

متى كانت بالضبط ؟

« حدثت بداية الزمن عند بداية الليلة التي سبقت ٢٣ أكتوبر (تشرين أول) من عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد » .

(بيشوب جيمز آشر) ١٦١١

« كانت بداية الحركة في يوم الأحد عند شروق الشمس وقد مضى على ذلك حتى يومنا هذا ١,٩٧٤,٣٤٦,٢٩٠ سنة فارسية » .

(بيترو آبانو)

(٥-١) ساعة السماء العظيمة

غير بعيد عن ملعب المليونير الفرنسي (سانت تروبيز) في الريف الشمالي من فرنسا ، يقبع قصر حجري فرنسي وحيداً في غابة متميزة ، وعلى مسافة قصيرة من البيت الرئيسي تقوم بين الأشجار مجموعة من الأكواخ الحديثة التي جُهزت خصيصاً للضيوف . يفضي مدخل القصر نفسه إلى شرفة حجرية تطل على حدائق وارفة اعتُني بها بشكل فائق ويتوسطها ثلاثة مسابح مع عريشة وارفة الظلال محاطة بجدران حجرية على شكل دائرة ، للتمتع بالجلوس تحتها خارج القصر . أما داخل القصر فقد تم تجهيزه بأثاث من الطراز الكلاسيكي الفاخر الذي يدل على ذوق رفيع ، وقد غصَّ بأحواض زراعية فيها نباتات وشجيرات خلاَّبة ، كما امتلأت جنبات القصر بلوحات لا تقدر بثمن ، بالإضافة إلى بيانو كبير وضخم وقديم يتوسط ويزين البهو الضخم . يجاور المبنى الرئيسي غرفة محاضرات صغيرة مزودة بآخر مبتكرات الوسائل السمعية والمرئية . يسمى هذا القصر (تريليز) وهو ملك لعائلة (آن شلومبيرجر) وهي سيدة راقية ذات

فطنة وتذوق كبير للمصنوعات التراثية والمشروبات الخفيفة من النبيذ .

استضافت السيدة (شلومبيرجر) في صيف عام ١٩٨٨ تجمعاً غير عادي في (تريليز) . كان الضيوف كلهم من العلماء وكان عندهم جميعاً بطريقة أو بأخرى اهتماماً بموضوع الزمن . كان بعضهم من المنشقين الذين قرروا أن يرفضوا الحكمة التقليدية للزمن والكون وكل شيء تقريباً ، كان معظمهم من الفيزيائيين والفلكيين أمثال : (جيوفري بيربيدج) من كاليفورنيا و (فيتوريو كانوتو) من نيويورك و (دافيد فينكلستين) من أتلانتا ، وقد دعا للمؤتمر الفيزيائي البلجيكي : (إيليا بريجوجين) الذي أثارت أفكاره (هو بالذات) غير العادية عن الزمن حفيظة الرأي العام كما أغاظت بعض زملائه العلماء .

في ذلك الصيف أيضاً لمع نجم العالم (ستيفن هوكنج) فوراً وحظي بشهرته العالمية عقب نشر كتابه « **تاريخ موجز للزمن** » ، وكان أن نجح الكتاب وصعد بيسر وسهولة إلى قائمة أفضل الكتب رواجاً في أنحاء العالم ، وحافظ على نجاحه في بريطانيا على الأقل لمدة خمس سنوات وهي العمر الكامل لأي كتاب . كان كافة المشاركين في مؤتمر (تريليز) مقتنعين بأن موضوع الزمن يمكن أن يكون ذو تاريخ أطول من التاريخ الذي افترضه السيد (هوكنج) .

إن تاريخ (هوكنج) الموجز للزمن هو في الواقع تاريخ موجز للكون اعتماداً على الافتراض بأن الزمن قد بدأ عندما بدأ الكون ، ولكن عنوان كتاب (هوكنج) يوحي بأمر آخر ، هو أن الكون يتضمن معنى كاملاً للتاريخ .

إن تفسيراً متماسكاً للسؤال الهام : « ماذا حدث للكون » يفترض أننا نستطيع أن نبحث في الكون ككل متكامل ، وأن نتحدث عنه وعن تغيره الشامل خلال مختلف المراحل ، منذ أن كان ، وإلى ما هو كائن ، فهل نستطيع القيام بذلك ؟

لقد خلط (آينشتاين) الأشياء بعنف باكتشافه أن ليس هناك زمن عالمي عام وشامل ، وليس هناك ساعة عامة **ترصد دقات قلب الكون** ، فالزمن نسبي يعتمد على الحركة ، ويعتمد على الثقالة ، والكون يغصّ بهذين المتغيرين . فالأرض تدور حول الشمس بسرعة ٣٠ كم/ثا والشمس تسبح في المجرة بسرعة ٢٢٠ كم/ثا ، كما أن المجرة تتحرك مع مجموعة المجرات المحلية التي معها بسرعة مماثلة ، والأكثر أهمية أن

العناقيد المجرّية نفسها تسبح بشكل منفصل منضبطة بالتوسع العام الشامل لهذا الكون . لذلك فإن أكثر المجرات بُعداً تبدو وكأنها تتحرك مبتعدةً عنا بسرعة تقارب سرعة الضوء ، وبالإضافة إلى هذه الحركة الدؤوبة فإن كافة الأجرام السماوية تمتلك حقولاً ثقالية بعضها يكون هائلاً بقدر كاف لتوليد كبح عنيف للزمن . بهذا الكم الهائل من آلاف الأزمان المختلفة ، **كيف يمكننا أن نتحدث عن كونٍ يسير بإيقاع منتظم عبر التاريخ وعلى دقات طبلٍ كوني وحيد .**

في هذا الكون المشوش المكتظ بالحركات الفوضوية والعشوائية والتوزيع العشوائي للمادة ، لا يمكن أن يكون هناك فعلاً أي تاريخ كوني معرَّف تعريفاً تاماً ، لأنه لا يوجد بالطبع أي زمن كوني شامل وعام .

ولكن لحسن الحظ ، وبمنتهى الغموض ، وإلى أبعد مدى يمكن تخيّله وعلى مختلف المقاييس ؛ **فإن هذا الكون غير فوضوي ، لأنه عندما يتم دراسة معدل توزع المجرات ومعدل توزع نماذج حركتها ، فسنجد أنها منتظمة بشكل يبعث على الدهشة والاستغراب ، وهناك مؤشر جيد على انتظام هذا الكون يستند على خلفية الإشعاع الحراري**(*) الذي يملأ الكون ، والذي تم اكتشافه من قِبَل (آرنو بيترياس) و (روبرت ويلسون) في عام ١٩٦٥ ، تلك الموجات الإشعاعية الدقيقة التي تملأ وتعم الكون وتتخلله . وكان هناك اعتقاد سائد أنها ناشئة عن الشفق الذي خلّفته حرارة **الانفجار العظيم** : (Big Bang) الذي نشأ الكون على أثره .

في العام التالي لانعقاد مؤتمر (تريليز) أطلقت (ناسا NASA) وهي وكالة الفضاء الأميركية قمراً اصطناعياً دعي (كوب COBE) وهي الأحرف الأولى من عبارة (Cosmic Background Explorer) أي (كشاف الخلفية الكونية) لدراسة **هذا الحمّام الحار الذي يغشى الكون . وقد وجد علماء (كوب) بأن خلفية النشاط الإشعاعي منتظمة عبر السماء بدقة عجيبة تبلغ جزءاً من مائة ألف جزء ، ولأن الكون كله تقريباً شفاف للأشعة الكهرومغناطيسية فإن الخلفية الإشعاعية للكون قد انتشرت واستولدت دون أي تشويه يذكر في الفضاء خلال بلايين السنين ، لذلك فهي أثارة حية باقية منذ السعير الابتدائي الذي رافق ولادة الكون ،**

(*) Background heat Radiation .

وعـــندما نتحرى عن هذا الإشعاع نكون بذلك كأننا نراقب الكون كما كان قبل ثلاثمائـــة ألف سنة بعد الانفجار العظيم . إن أي عدم انتظام كبير في الكون لابد أن يترك بصماته على هذه الإشعاعات بسبب ظاهرة الانزياح نحو الأحمر الثقالية ، ولأن بـــيانات (COBE) لم تُظهـــر وجود أي أثر لأي إشارات عن أي تغييرات في قوة الإشـــعاع الحـــراري في مختلف مناطق الكون ، فإننا يمكن أن نجزم بأن الكون كان بالفعل ومازال باقياً يسير بانتظام وسهولة ويسر إلى حد بعيد للغاية(*) .

أشـــارت نتائج (COBE) أيضاً إلى شيء مهم جداً يتعلق بزمن (آينشتاين) ، ففي الحقيقة أن خلفية الإشعاع الحراري الكونية ليست منتظمة تماماً عبر أرجاء الفضاء، فهـــي أكـــثر حرارة بقليل (أي أنها أكثر كثافة) في الاتجاه المباشر للكوكبة النجمية المســـماة برج الأسد (LEO) من الاتجاه العمودي عليه ، وهناك سبب منطقي لذلك . تخيّل أننا نسافر نحو (ليو) بسفينة فضاء ذات سرعة فائقة ، فالإشعاع القادم من ذلك الاتجـــاه من السماء سيكون منـــزاحاً نحو الأزرق حسب تأثير (دوبلر) ، بينما يكون الإشـــعاع القادم من الجهة المعاكسة من السماء ، منـــزاحاً نحو الأحمر . هذه التأثيرات تجعـــل الخلفـــية الإشعاعية باتجاه برج الأسد أكثر كثافةً . عملياً ، الأرض هي مركبتنا الفضـــائية الـــتي تمخـــر عـــباب الفضـــاء ، وبعبارة أدق تسير خلال حمَّام مغلّف من الحـــرارة الابتدائـــية بســـرعة تقدر بحوالي ٣٥٠ كم/ثا وهذا ما يجعل الإشعاع يبدو غـــير ثابـــت في الســـماء ، ولكنك إذا طرحت جانباً ما يسمى : تباين خواص **ثنائي القطـــب** (dipole anisotropic) فـــإن التـــوزع الناتج سيكون قريباً جداً من جزءٍ من مائة ألف جزء .

عـــلى الـــرغم مـــن أن المنظر من الأرض يكون على شكل **حمَّام حراري كوني** مـــتوازي إلى حد ما ، فإنه يجب أن توجد هناك حركة أو إطار مرجعي يمكن أن تجعل الحمَّـــام يـــبدو متساوياً في كل الاتجاهات ، ويمكن أن يبدو منتظماً تماماً في الواقع من مركـــبة فضائية تسير بسرعة ٣٥٠ كم/ثا لاتجاه مبتعد عن برج الأسد نحو برج الحوت كمـــا هـــو حاصل . هذه الحالة الخاصة من المسألة ، هذا المنظر المنتقى بعناية للكون ،

(*) قال تعالى في سورة الملك :

« الذي خلق سبعَ سماوات طباقاً ما ترى في خلق الرحمن من تفاوت فارجع البصر هل ترى من فطور * ثم ارجع البصر كرتين ينقلب إليـــك البصر خاسئاً وهو حسير » – صدق الله العظيم – (المترجم) .

يحـــدد الإطـــار المرجعي للسفينة الفضائية الخيالية باعتبارها تملك وصفاً متفرداً . يمكننا اســـتخدام هذه الساعة الخاصة لتعريف الزمن الكوني ، وهو الزمن الذي يمكن به قياس الـــتغير التاريخي في الكون ، لحسن الحظ فإن الأرض تتحرك فقط بسرعة ٣٥٠ كم/ثا بالنسبة لهذه الساعة الافتراضية الخاصة ، وهذه تمثل ٠,١ بالمائة من سرعة الضوء ، أي أن عـــامل تمـــدد الـــزمن يكون فقط حوالي واحد بالمليون ، وبالتالي فإن زمن الأرض التاريخي يتطابق مع زمن الكون وذلك بتقريب ممتاز وبالتالي فإنه يمكننا إعادة النظر في تاريخ الكون بشكل متزامن مع تاريخ الأرض على الرغم من نسبية الزمن .

يمكـــن وضع **ساعات افتراضية** مشابهة في أنحاء أخرى عديدة من الكون ، وفي كـــل حالـــة تـــبدو لنا **خلفية الحمَّام الإشعاعي الكونية منتظمة** . لاحظ أنني أقول : ســـاعات افتراضـــية ، أي أننا نستطيع أن نتخيّل الساعات هناك وجيش من الكائنات الواعـــية تتفحصـــها بإخلاص ، هذه المجموعة من المراقبين التخيليين ستتفق على قياس شـــاملٍ للزمن وعلى مجموعة شاملة من التواريخ للأحداث الرئيسية في الكون حتى ولو كانـــت تـــتحرك بالنسبة لبعضها البعض كنتيجة للتمدد العام في هذا الكون ، ويمكن الـــتحقق المتـــبادل من تواريخ وقوع هذه الأحداث بتبادل البيانات بين هذه الكائنات بواسطة الاتصالات الراديوية وكل شيء سيكون متوافقاً . بناءً على ذلك فإن مثل هذا الـــزمن العالمي الذي يتم قياسه بهذه المجموعة الخاصة من المراقبين يشكل نموذجاً للزمن العالمي الكوني كما افترض نيوتن أساساً ، فهذا الزمن صحيح بالنسبة لكافة المراقبين ، إن وجـــود مـــثل هذا المقياس من الزمن النافذ هو الذي يمكّن علماء الكون من وضع تواريـــخ للأحداث في تاريخ الكون لكي يتم التحدث من خلالها عن الكون على أنه نظام متكامل وحيد وذو معنى .

(٥-٢) الانفجار العظيم وما الذي حدث قبله

« مـــن يكـــترث بنصف ثانية بعد الانفجار العظيم ، ولكن ماذا عن نصف الثانية التي قبله ؟ »

(فاي ويلدون)

كـــان عـــام ١٩٢٤ حافلاً بالنسبة إلى (آينشتاين) عندما كان في (برلين) فقد

تـــزوج من ابنة عمه (إيلزا) ، كما تحولت اهتماماته العلمية بعيداً عن الزمن والثقالة باتجـــاه **الفيزيـــاء الكمومي** (Quantum Physics) الذي سيحتل مركز الصدارة بين العلوم لعقد مقبل أو أكثر ، ولكن في نفس السنة كان اكتشافٌ مهم جداً يأخذ طريقه للظهـــور في أميركـــا بما يمكن أن يتحول إلى أكثر التطبيقات أهمية وعمقاً للزمن الذي وصفه (آينشتاين) . مرصد جبل (ويلسون) في كاليفورنيا هو المرصد الذي يحتضن تلســـكوب (هوكـــر) ذو المائة بوصة ، وقد انتهى بناؤه عام ١٩١٨ ويعتبر أضخم تلســـكوب في العالم في ذلك الحين ، فهو التلسكوب الوحيد الذي استطاع وضع حد للـــنزاع القائم حول ماهية تركيب هذا الكون . كان الخلاف يتركز حول طبيعة تلك البقع الضوئية الضبابية المميزة المعروفة باسم **السُّدُم** (**مفردها سديم** nebula) .

مـــنذ القـــدم والفلكـــيون مأسورون بتلك اللطخ الحليبية المنتشرة في السماء ، فبالإضـــافة إلى ذلك القوس العظيم الذي يكتسح السماء وهو (**الطريق اللبني**) نفسه (Milky way) (**وسماه العرب درب التبانة**) ، وشاهدوا سديم (الاندروميدا) كما لاحظـــوا : غيمـــتا (مـــاجلان) : الغـــيمة الصغيرة والغيمة الكبيرة ، حيث أنه حتى التلسكوبات المتوسطة المدى تري بوضوح تجمعات كثيرة من تلك **السُّدُم** وقد جذبت هـــذه السدم انتباه العديد من الفلكيين على مرِّ السنين ، و لم يعرف أي منهم طبيعتها ، ولكـــن فلكـــياً فرنسياً يدعى (شارلز ميسييه) بذل جهوداً مضنية لتصنيفها في مجلد وكـــان الهـــدف الرئيسي لهذا التصنيف التمييز بين السدم والمذنبات (Comets) التي كانـــت تعتـــبر مثار اهتمام أكبر . كان السديم (اللامع) يحمل الرمز (M) مثلاً أما (الاندروميدا) (المرأة المسلسلة) فكانت تحمل الرمز (M-31) .

حتى أواخر العشرينات فشل الفلكيون بالاتفاق على **ماهية السُّدُم** ، فقد كانت هـــناك نظريتان ، تنعقد أولاهما على أن مجرة درب التبانة تتكون من ملايين النجوم بما فـــيها شمســـنا وهي النظام الكوني الأساسي ، وبناءً على هذه النظرية فإن كافة السدم تكون إما سُحب غازية أو مجموعات عنقودية من النجوم تقبع في مجرة درب التبانة أو أبعد منها بقليل . أما النظرية المقابلة فكانت تقول أن بعض هذه السدم على الأقل هي مجموعات نجمية ضخمة شبيهة بمجرة درب التبانة ولكنها تبعد عنا بُعداً سحيقاً .

في أوائـــل عـــام ١٩٢٤ قرر فلكي أميركي شاب يدعى : (إدوين هابل) أن

يحسم الأمر . بدأ (هابل) حياته كمحامي ولكنه تحول إلى الفلك حيث قُيِّض له أن يكشف عن قانون كوني اعتبر بحق اكتشاف القرن . بدأ (هابل) يتفحص ملياً **السُّدُم** (M33 و M31) باستخدام التلسكوب العملاق الموجود على جبل (ويلسون) وقد كانت قوة هذا الجهاز المزود بالمنظار ذو المائة بوصة كافية لتحليل خيالات النجوم المنفصلة في تلك السدم ، وسرعان ما تمكن (هابل) من إيجاد نموذج مميز لنجم متقلب مألوف للفلكيين في مجرتنا ، وقد أعطاه هذا النجم طريقة لقياس المسافة إلى سديم (الأندروميدا) المرأة المسلسلة (M31) وقد كان الجواب حوالي مليون سنة ضوئية ، ولم يعد هناك مجال للشك : (الأندروميدا) تقبع حتماً خلف نهاية مجرة (درب التبانة) ، كما كان واضحاً أنها مجرة مستقلة بذاتها ومنفصلة تماماً بالمقارنة مع مجرتنا حجماً وشكلاً . وتابع (هابل) عمله لتحديد نجوم أخرى مألوفة في مجرة المرأة المسلسلة . وسرعان ما اقتنع الفلكيون بأن الكون أكبر بكثير مما كانوا يظنون سابقاً ، وذلك باحتوائه العديد من المجرات المتناثرة في أصقاع الفضاء والتي تمكننا التلسكوبات التي بين أيدينا من مشاهدتها .

قبل أبحاث (هابل) بعدة سنوات حاول الفكيون توضيح الأمر المحيِّر بتصوير الطيف الضوئي القادم من السديم وقد كان الخبير الرائد في ذلك الوقت هو (فيستو سليفر) المساعد المتخصص للفلكي (بيرسيفال لويل) الذي أسس مرصداً في (أريزونا) لاستكشاف القنوات التي تظهر على سطح المريخ ، واعتقاداً من (لويل) بأن السدم هي مجموعات شمسية في طور التشكل فقد كُلِّف (سليفر) بمهمة إثبات ذلك بواسطة التحليل الطيفي لضوءها (Spectroscopically) . ومن الأشياء المفيدة التي يقدمها لنا الطيف هي إعطاء المعلومات عن طبيعة حركة مصدر الضوء اعتماداً على ظاهرة (دوبلر) التي لابد من تقديم شكرنا له بهذه المناسبة . ففي عام ١٩١٢ أفادنا (سيلفر) بأن (M31) تتحرك باتجاه الأرض بسرعة تبلغ ثلاثمائة كيلو متر في الثانية ، وفي عام ١٩١٧ تمكن من وضع بيانات طيفية عن سرعة خمسة وعشرين سديماً لها أشكال حلزونية مميزة تشبه مجرتنا درب التبانة ، وقد كانت جميعها تندفع بعيداً عنا ما عدا أربعة فقط (بخلاف المرأة المسلسلة) أظهر طيفها انزياحاً نحو الأحمر .

لقد أوحت حركة التباعد الراجحة أن نوعاً من الأثر المنتظم كان يعمل ، ولكن

(سليفر) لم يكن يملك الوسائل لتحديد المسافات بين السدم لتوضيح ذلك ، بالإضافة إلى أن الاعتقاد السائد بتنظيم الكون كان مبنياً على نظام ساكن تتوسطه مجرة درب التبانة وتنتشر حولها السدم . على أنه باكتشاف (هابل) بدأ الطراز بالتغير لأنه أصبح من الممكن الآن قياس المسافة إلى المجرات ، وقد استطاع (هابل) نفسه أن يحسب المسافة إلى العشرات من المجرات وأن يحدد البيانات الخاصة بانزياح طيفها نحو الأحمر ، وقد بدأ يتضح تدريجياً أن المجرات الأكثر بُعداً والتي تُظهر بشكل تلقائي انزياحاً أكبر نحو الأحمر تشير إلى أنها تتحرك مبتعدة عنا بسرعة أكبر ، و لم يأت عام ١٩٢٩ إلا وكان باستطاعة (هابل) أن يعلن عن واحد **من أهم وأخطر الاكتشافات العلمية في التاريخ كله : إن الكون يتوسع**(*) .

لقد استند (هابل) في ادعائه المثير على بيانات الانزياح نحو الأحمر مشيراً إلى أن السرعة التي تبتعد بها المجرة عنا تتناسب طرداً مع مسافتها عنا ، وهذا يعني أن المجرات التي تبعد عنا ضعف بُعد مجرات أخرى عنا ، تتحرك مبتعدة عنا بضعف سرعة ابتعاد المجرات الأخرى . إن قانون (هابل) صحيح في الحالة الساكنة فقط ، حيث أن المجرات المنفصلة يمكن أن يكون لها سرعات عشوائية كبيرة تفوق تلك المحددة بقانون (هابل) – تذكر أن مجرة المرأة المسلسلة تتحرك عملياً نحو الأرض – ولكن إذا أخذنا المعدل العام لعدة مجرات فسنجد علاقة رياضية غير قابلة للخطأ بين المسافة والسرعة ، أي أنه يمكن تفسير التناسب الطردي الخاص في القانون المكتشف من قبل (هابل) بأنه يعني أن المجرات تتحرك مبتعدة عن بعضها وعن مجرة درب التبانة بنفس الوقت . وبعبارة أخرى فإن التجمع الكلي للمجرات يتباعد . وهذا ما تعنيه عبارة : إن الكون يتوسع . وتجدر الإشارة إلى أن ملاحظات (هابل) الأولية أظهرت أن المجرات تميل نحو التكتل (التعنقد) في مجموعات لا تتوسع بل إنها أحياناً تنضغط ، ولكن الواقع أنه بدءاً من مستوى المجرات العنقودية فما فوق فإن الكون حتماً يتوسع . بالإضافة إلى أن **نموذج التوسع متناسق جداً** ، فهو ثابت تقريباً في كل الاتجاهات ، هذا الانتظام هو الذي ينعكس على اتساق خلفية الإشعاع الحراري الكوني .

من الواضح أنه إذا كان الكون يغدو أكبر فقد كان صغيراً في الماضي ، ويمكننا

(*) قال الله تعالى : « والسماء بنيناها بأيد وإنا لموسعون » . الذاريات (٤٧) . سبحان الله ولا إله إلا الله (المترجم) .

أن نتخـيّل إعادة شريط توسع الكون إلى الوراء حتى تعود المجرات كلها وتلتقي ثانية كمـا بدأت أول مرة ، وهذه الحالة من الانضغاط تتوافق مع زمن الانفجار العظيم ، وبشـيء من المعقولية يمكن أن نعتبر **أن توسع الكون هو الأثارة الباقية من الانفجار الأولي** . مـن الطبيعي الآن أن يزعم علماء الكون أن الكون بدأ بانفجار عظيم ، لأن هذا الاستنتاج القيّم سيحصل بعد تتبعك التوسع الحالي راجعاً بالزمن إلى الوراء لتصل إلى نقطة مثالية لأصل الكون تجمعت فيها كل مادة الكون وتركزت في مكان واحد ، هـذه الحالـة ذات الكـثافة اللانهائية تمثل حقلاً ثقالياً لا متناهياً وتقوساً أو تحدباً في الـزمكان اللانهـائي أي باختصار : **النقطة الأحادية المتفرِّدة** : (Singularity) . إن الـنقطة المتفرِّدة في الانفجار العظيم شبيهة بحالة مركز في الثقب الأسود والتي وصفتها في الفصـل السابق ، ولكنها (الأولى) تقبع في الماضي بدلاً من وقوعها في المستقبل ، وبمـا أنـه لا يمكن حدوث واستمرار الزمان والمكان بنفس الوقت في مثل هذه النقطة المتفرِّدة فيتبع ذلك حتماً أن الانفجار الكبير هو نفسه بداية وأصل الزمن .

غالـباً ما يتساءل الناس وخاصة الصحفيون منهم الذين ينـزعجون من العلماء لأنهـم يشرحون أي شيء : ماذا حدث قبل الانفجار العظيم ؟ إذا كانت النظرية التي ذكـرناها صحيحة فالجواب : لا شيء . فإذا كان الزمن نفسه بدأ بالانفجار العظيم ، فلم يكن هناك أي شيء « قبل » لكي يحدث ، وعلى الرغم من أن مفهوم الزمن ابتدأ بشـكل مفاجئ عند حدث أولي منفرد يصعب إدراكه فإنه جديد بلا مبررات . وقد أعلـن (أوغاستين) أساساً في القرن الخامس أن : « **لقد خُلق العالم متزامناً وبشكل آني مع الزمن وليس خلال الزمن** »[1] . فلكي يقطع دابر التجديف بعكس الريح فقد **اعتـبر (أوغاسـتين) أن الله مستقل عن الزمن أساساً ، حيث اعتبره خالق الزمن أيضاً**. كما وصفت في الفصل الأول فإن فكرة الزمن ارتقت إلى اعتبار الزمن موجوداً مـع الكـون فهـي لذلك تناسب بشكل طبيعي الفكر المسيحي ، وسنرى في الفصل السـابع أن المفاهـيم الحالية في الفيزياء الكمومي قد غيّرت الصورة نوعاً ما ، ولكن النتيجة النهائية مازالت هي نفسها : الزمن لم يوجد قبل الانفجار العظيم .

(٥-٣) أقدم من الكون

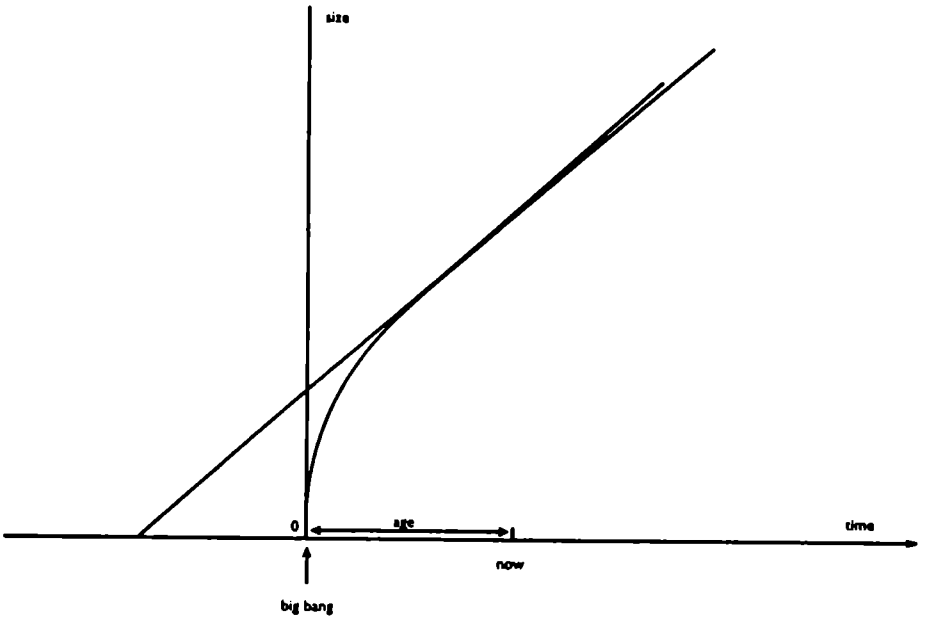
عـندما قـدَّم (هـابل) بـياناته في عام ١٩٢٩ لم يستطع أحد أن يعطي أي

استنتاجات جوهرية شاملة و لم ينتشر استخدام المصطلح التعبيري : «**الانفجار العظيم**» إلا بعـــد فترة طويلة ، وقد أجفل الفلكيون بعصبية من مجرد البحث في الأصل المطلق للكون ، كما كانوا راضين تماماً عن معرفتهم بأن الحالة الأولية المضغوطة بشدة للكون هـــي حالة مختلفة تماماً عما نراه اليوم . وعلى الرغم من لأن المعنى الفيزيائي للانفجار العظيم كان غير واضح في ذلك الوقت فإن البيانات التي قدمها (هابل) مكّنت العلماء مـــن إعطاء تاريخ تقريبي لهذا الحدث عن طريق قياس معدل تمدد (توسع) الكون ، فإذا اعتـــبرنا بيانات (هابل) بقيمتها الظاهرية (الاسمية) – Face Value – فإن التاريخ المعقـــول ســـيكون قبل ١,٨ بليون سنة ، وبعبارة أخرى أدق ، إذا كان الكون يتمدد (يتوسع) بنفس المعدل الذي يتمدد (يتوسع) به اليوم فإن ملاحظات (هابل) تشير إلى أن جميع المجرات كانت منضغطة كلها مع بعضها قبل ١,٨ بليون سنة .

عـــلى أية حال ، وقبل أن نقفز إلى أي استنتاجات ، يجب أن نسأل أولاً فيما لو كـــان **معـــدل الـــتمدد الكوني** قد تغير بمرور الوقت . الكون لا يتوسع بشكل حر ، فالمجـــرات تجـــذب بعضها البعض من خلال القوى الثقالية ويعمل هذا على الحد من تشـــتتها ، الأمر الذي يؤدي إلى إبطاء معدل توسعها . الشكل (٥-١) يوضح الشكل العام الذي يتباطأ به معدل توسع الكون مع مرور الزمن كنتيجة للتأثير الثقالي الكابح . وقـــد تم عـــلى الشكل تمثيل منطقة نموذجية من الفضاء كتابع للزمن . يبدأ الكون من حجـــم مادي مقداره صفر ومعدل لانهائي للتوسع وهذا هو الانفجار العظيم . ويشير الصـــعود الحاد للمنحني هنا إلى التزايد السريع في الحجم بعد وقت قصير من البداية ، يتقوس بعد ذلك المنحني بانتظام معطياً انخفاضاً تدريجياً في معدل التوسع في المرحلة التي يســـتمر فيها الكون بالكبر والنمو . ينخفض تأثير التباطؤ أيضاً مع الزمن وهذا المظهر من السهل فهمه : تضعف الثقالة بازياد المسافة ، وبالتالي فإن المجرات تبتعد عن بعضها كما أن قوى الكبح تتلاشى .

لقـــد أشـــرنا إلى العصر الحالي على المخطط البياني بكلمة " الآن " ، وإن ميل المـــنحني عـــند هذه النقطة يوافق المعدل الذي يتوسع به الكون حالياً وهي القيمة التي أعطاهـــا قـــانون (هـــابل) ، وقد تم تمثيل ذلك الميل على الشكل بخط مستقيم مماس للمنحني ، وفي حال عدم وجود أي تأثير يكبح التوسع فإن الخط المستقيم سيكون هو

التاريخ الصحيح للكون ، وواضح أنه من أجل أي معدل حالي للتوسع فإن الكون الذي يكبح يجب أن يكون أصغر عمراً بكثير من الكون الذي يتوسع بمعدل ثابت ، لأننا عندما نمدد الخط المستقيم نحو الخلف فإنه سيقطع محور الزمن على بُعد لا بأس به إلى اليسار مشيراً إلى عمرٍ كبيرٍ للكون مقارنة بالعمر الفعلي الذي هو أصغر من ذلك بكثير حسب ما حدده قانونٌ (هابل) وهو ١,٨ بليون سنة .



الشكل (٥-١) : يوضح الرسم البياني كيف يتغير معدل توسع الكون مع الزمن حيث يبدأ بتوسع سريع جداً بعد وقوع الانفجار العظيم مباشرةً ، ويتباطأ هذا التوسع مع تقدم الزمن بسبب الكبح الثقالي . إن ميل المنحني في عصرنا الحالي (حيث أشير إليها بكلمة "الآن") ، فإذا بقي هذا المعدل ثابتاً بمرور الوقت ، فإن العمر المقروء للكون الذي نحصل عليه بتمديد خط الميل إلى الخلف ليتقاطع مع محور الزمن ، يمكن أن يكون أكبر بكثير من العمر الحقيقي للكون.

لم يشدد (هابل) نفسه على **قضية عمر الكون** . كانت علوم الكونيات في ذلك الوقت تحظى باهتمام قليل وكانت الاستنتاجات العميقة والعويصة لا تلقى كثيراً من التشجيع ، ولكن مع بداية الخمسينات بدأ هذا الرقم (١,٨ بليون سنة) باعتباره الحد الأقصى لعمر الكون يُقلق الناس . المشكلة كانت واضحة ، فقد كان التاريخ الذي قدَّره النشاط الإشعاعي بعمر الأرض هو ٤,٥ بليون سنة ، **وبمقارنة هذا الرقم مع تقدير (هابل) نحصل على استنتاج سخيف مفاده أن الأرض أكبر عمراً من**

الكـــون !! هذا وقد أعطى تاريخ النشاط الإشعاعي للنيازك (وللقمر أيضاً في الوقت الحديـــث) أعمـــاراً مماثلـــة للعمر المذكور مما أدى إلى تكريس التباين المحرج ، ولكن سيحصـــل أسوأ من ذلك . فعلى مرّ العقود وضع الفلكيون صورة مفصلة عن الكيفية التي تُعمِّر بها النجوم بواسطة إحراق وقودها النووي ، ومن بين النجوم الأكبر عمراً في مجرتنا ، تلك المحتواة ضمن العناقيد المتكورة ، وبعد دراستها تم تقدير أعمار بعضها بما يتراوح بين أربعة عشر إلى خمسة عشر بليون سنة على الأقل .

إن هـــذا التناقض الصارخ في السَّلالم الزمنية للتاريخ تتفاقم آثاره من اضطراب مـــزعجٍ سطحي إلى تورُّطٍ كامل في مشكلة جدية لعلماء الكون في الوقت الذي كانوا يأملون فيه إخراج الموضوع من جموده فيما قبل سنوات الحرب ، وعند استعراض عام ١٩٥٢ نجد (هيرمان بوندي) قد انبرى ليقول ما يلي حول هذه المسألة :

« لقد تم التركيز على الأهمية الكبرى للصعوبات التي تواجه العديد من النظريات الكونية في وضع الشريط الزمني للتاريخ – time scale – وتبرز هـــذه الإشكالية في أن **ثابـــت (هـــابل) التـــبادلي** (Reciprocal) كما تم استخراجه من علاقة المسافة والســـرعة يكـــون أقصر (زمناً) بكثير ، من أعمار الأرض والنجوم والنيازك كما تم تعييـــنها بـــالعديد من الطرق ، وبإسناد هذه الأهمية الحاسمة لهذا التناقض في العديد من الـــنظريات والـــنماذج يصبح من المحتمل أن لا يكون هناك تفسير آخر يمثل هذا المعنى للكون للبحث عن تلك السَّلالم الزمنية »[٢] .

في تلك الأثناء كان (بوندي) يعد **نظرية الحالة الثابتة للكون** (Steady-State theory) حيـــث ساعده على ابتكارها زملاؤه (توماس جولد) و (فريد هويل) في أواخـــر الأربعينات ، وقد كانت تلك النظرية محاولة رائدة لتطويق مسألة **سلّم الزمن** (Time Scale) وذلك بوضعه ضمن أصل الكون مع بعض . في نموذج « الحالة الثابتة – الســـاكنة » لا يكون للكون بداية ولا يكون له نهاية فهو يتوسع وسيظل يتوسع إلى الأبد وكلما كبرت المسافات بين المجرات ، تتشكل مجرات جديدة لملء الفراغ الحاصل مـــن مـــادة جديـــدة تخلق من العدم بواسطة عملية غير معروفة لدينا . وقد وضعت التفاصـــيل بشكل يجعل الكون يبدو بشكل أو بآخر على نفس الهيئة إلى حد كبير في مخـــتلف الحقب والعصور : فلا يوجد تطور ولا يوجد تغيير في التاريخ الكوني . على الـــرغم من أن نظرية الحالة الثابتة للكون جذبت العديد من الأنصار لفترة ما ، إلا أن

اكتشـــاف الخلفية الكونية للإشعاع الحراري في عام ١٩٦٥ من قِبَل (أرنو بيترياس) و (روبرت ويلسون) أفرغ تلك النظرية من محتواها إلى الأبد . **لقد تم تفسير الخلفية الكونـــية بمنتهى البراعة على أنها الأثارة الباقية من الانفجار الساخن العظيم** ، حيث أن من الصعب تصور الكون أنه وجد دائماً على نفس الحالة التي هو عليها الآن .

كـــان (هيرمان بوندي) هو أول عالم أراه في حياتي بشكل شخصي ، وكان ذلـــك عام ١٩٦٠ عندما جاء إلى مدرستي الثانوية في شمال لندن ليلقي محاضرة خاصة عـــن الـــنظرية النسبية وتطبيقاتها على طبيعة الزمن ، ومازلت أذكر وصفه الذي كان ينبض بالحيوية والحياة لكيفية ضبط الساعات المتباعدة باستخدام الإشارات الضوئية .

ولا أســـتطيع كذلك أن أنسى صوته ولهجته المتميزة التي كانت خليطاً من عدة لهجـــات ولكن غلبت عليها لَكْنَةُ وسط أوروبا (وقد كان بالأصل من فيينا) عندما كان يقول أنه منذ أن ابتدع (آينشتاين) النموذج التكراري (Stereotype) فإن كثيراً من المصداقية قد تم إحرازها وإسنادها بطريقة ما للعديد من الأحكام والقرارات العلمية .

(٥-٤) غلطة آينشتاين الكبرى

« أكبر خطأ ارتكبته في حياتي .... »

ألبرت آينشتاين

(آينشـــتاين) نفسه ضلّ الطريق إلى علم الكون في العشرينات ، وبدا أنه تعمّق في موضـــوع تمـــدد الكـــون فقط بعد زيارته (هابل) في كاليفورنيا ، عام ١٩٣١ أصـــبح (آينشـــتاين) في هـــذه المرحلة من حياته المهنية منشغلاً بالميكانيك الكمومي ومـــتورطاً أكـــثر في السياســـة الدولية ، وبظهور النازية ، بدأت الحالة في ألمانيا تنذر بالـــتفكك ، وقـــد كان وضع (آينشتاين) حساساً جداً لكونه يهودياً ، ولكنه مفكر مســـتقل وهادئ ويتمتع بسمعة وصيتٍ عالمي ، وقد سعى للحصول على فرص أكثر وأكـــثر للسفر إلى الخارج ، فكان يقوم بزيارات منتظمة لجامعة (أكسفورد) ومعهد (كاليفورنـــيا) التكـــنولوجي في (باسادينا) ، وقد التقى مع (هابل) في أحد تلك الزيارات .

خـــلال الأيام الأولى للنظرية النسبية كان (آينشتاين) مهتماً اهتماماً كبيراً بعلم الكون ، فبعد صياغته للنظرية النسبية العامة عام ١٩١٥ سرعان ما طرح نموذجاً بنيوياً ذا مقـــياس كبير للكون (Large-Scale Structure of universe) مستخدماً وصفه **للتثاقـــل** (gravitation) بدلالة **تقوس الزمكان** (Spacetime Curvature) وقـــد نشـــر ذلك عام ١٩١٧ . لم يكن أحد يشك في ذلك الحين بأن الكون يمكن أن يكون بحالـــة تمدد ، لذلك كان من الطبيعي تماماً أن يبحث (آينشتاين) عن نموذج يجمع بين الثـــبات (الســـكون Static) والأبدية ، و لم تكن المشكلة أن النجوم يمكن أن تحترق وتخمد بعد عدة بلايين من السنين ، فقد كانت نظرية الفيزياء الفلكية في أول عهدها ، ومـــازال لـــدى الفيزيائـــيين فكرة بسيطة عن كيفية لمعان النجوم . لقد كانت العقبة الأساســـية الـــتي واجهت (آينشتاين) في أبحاثه الكونية المبكرة تتعلق بالطبيعة العميقة جداً للتثاقل (الثقالة) نفسها (gravitation) .

وكمـــا في نظـــرية (نيوتن) فإن النظرية النسبية العامة تصف أو تعرّف التثاقل (gravitation) بأنه ذلك التجاذب الكوني الذي يظهر ويعمل بين مختلف الأجسام في الكـــون ، ويـــؤدي ذلك نوعاً ما إلى **تناقض** (Paradox) (**مفارقة**) ، لأن تجمعاً من أجسام غير مستندة على شيء (سابحة في الفضاء) كلها تجذب بعضها البعض لا يمكن أن تـــبقى ساكنة ، **بل أنها ستتهافت كلها حتماً على بعضها متجمعةً بكتلة واحدة ، وبعبارة أخرى فإن الكون سينهار بتأثير وزنه الذاتي .**

للـــتخلص من هذا المأزق الحقيقي الخطير طلع (آينشتاين) بحل عبقري ، فقد اقـــترح بأن **قوة التجاذب الثقالي تقاوم بقوة منفّرة** Repulsive Force **تكون شدتها معيَّرة بدقة لتُوازن بالضبط ثقل الكون** ، حيث يتم الوصول بواسطتها إلى توازن ساكن ، وبدل أن يُدخل (آينشتاين) ببساطة هذه القوة ضمن نظريته التي بين يديه ، فقد بدأ يـــتفحص نظريـــته النسبية العامة بحثاً عن مفتاح لحل ذلك اللغز . إن معادلات الحقل الـــثقالي لم تقدم بالطبع إلى (آينشتاين) على طبق من الفضة ، و لم تشتق ببساطة من نظـــرية نيوتن ، بل إن (آينشتاين) توصل إلى تلك المعادلات بعد سنوات من البحث المضني والتمحيص الدقيق في الرياضيات وبعد إدخال العديد من العوامل في الاعتبار بما في ذلك توخي السهولة والتأنق .

وكانـــت أبسط القراءات لتلك المعادلات الحقلية تُختزل بشكل بديع وصحيح لتؤدي إلى معدلات نيوتن نفسها عندما تكون الحقول الثقالية ضعيفة ، كما أنها تُفضي إلى تنبؤات عديدة ناجحة .

لقد كانت نقطة الضعف الجوهرية في معادلات (آينشتاين) الحقلية الأصلية هي أن القـــوى الثقالية التي تصفها تلك المعادلات هي قوى تجاذب صرفة ، لذلك فهي لا تـــتوافق مع الكون الساكن ، ولتطويق هذه المشكلة والتغلب عليها اتخذ (آينشتاين) قـــراره المصيري الحاسم بإضافة وسيط (term) جديد للمعادلات الحقلية الأصلية سمّاه « **الوسيط الكـــوني** » (Cosmological term) ، وعلى الرغم من أن هذا الوسيط الكوني كان أبسط من بقية الوسطاء في المعادلات ، كما كان يبدو من بعض الزوايا أنه إضـــافة طبيعـــية ، إلا أنه كان يمثل بالنسبة للعديد من العيون الفاحصة نوعاً من الغش المستهجن ، كما كان يحمل كل العلامات التي تشير إلى أنه يخفي مأزقاً ، والأسوأ من ذلك أن الوسيط الكوني دخل النظرية مضروباً بعامل « بوسيط term » مجهول سُمي « **الثابت الكوني** Cosmological Constant » يُشار إليه عادة بالحرف اليوناني (Λ) (ويُلفظ لامدا lambda) . والمزعج في ذلك هو أن هناك قاعدة غير مكتوبة في العلوم تقضـــي بتقلـــيل عدد المقادير المستقلة في النظريات إلى أقل حد ممكن . فنظرية نيوتن تحـــتوي عـــلى ثابت واحد فقط غير معين يسمى (G) وهو يمثل قياس شدة القوة بين كتلتين نقطيتين ، ويمكن تحديد القيمة العددية لـــ : (G) بقياس قوة اجذب بين كرتين ثقيلـــتين كتلتـــيهما معلومتين تفصل بينهما مسافة معلومة . نظرية (آينشتاين) أيضاً تحتوي على (G) وأضيف إليها الآن (Λ) الذي يجب تحديده أيضاً بالقياسات العملية .

إن **الوســـيط الكوني** اختياري ضمن مفهوم أنه يمكن إزالته ببساطة بجعل قيمة (Λ) مســـاوية للصـــفر وبذلك تتم العودة إلى المعادلات الحقلية الأصلية ، ولكن إذا تم اختيار (Λ) ليكون عدداً موجباً فإن القوة التي يمثلها ستكون منفّرة (Repulsive) كما يقـــترح (آينشتاين) ، ولكون القوة (Λ) تشكل أحد مكونات نظرية الثقالة الشاملة فإنـــه يمكن اعتبارها كنوعٍ من أنواع **الثقالة المضادة** (Antigravity) . على أن طبيعة القوة (Λ) تختلف إلى حد بعيد عن الثقالة العادية وعن القوى الأخرى المألوفة ، فمعظم القـــوى تتناقص قوتها معَ ازديادِ المسافة ولكن القوة (Λ) تزداد شدةً ، وفي هذا مزيَّة ،

حيـــث يكون التنفير الكوني مهملاً على مقياس المجموعة الشمسية حيث تعطي نظرية (آينشـــتاين) الأصلية في هذه الحالة دقةً مثيرة للإعجاب ، ولكن لا يمكن الإحساس بوجوده في المسافات المترامية فيما وراء المجرات .

يمكـــن حســـاب قيمة (Λ) من الاقتضاء الذي يفرض كون التنفير قوياً بشكل يكفـــي ليوازن ثقلاً محدداً لمنطقة من الكون . ومن معدل الكثافة المعروفة لمادة الكون اســـتطاع (آينشـــتاين) أن يحسب كم يجب أن يكون ثقل هذه المنطقة المفروضة من الكون ومنها يستنتج قيمة (Λ) . لقد كان من السهل التحقق أن الوسيط الكوني يمكن أن تُعتـــبر تأثيراته المحلية مهملة تماماً ، ولنأخذ ثقالة الأرض مثالاً على ذلك ، فنجد أن قـــوة (Λ) يمكـــن أن تخفـــض من وزنك بضعة أجزاء فقط من بليون جزء من الغرام - وهـــذا أقل من وزن ذرة مفردة - ، كما يمكن أن تقلل جذب الأرض للشمس بما يكافـــئ نفخةً لطيفةً من الهواء ، لذلك فإنه على الرغم من أن البعض يعتبرون الوسيط (Λ) وسيطاً مصطنعاً ، خاصاً ، ومستهجناً فلا يمكن الإحساس به باللجوء إلى الفيزياء المحلية ، وأن الطريقة الوحيدة لاختباره تكون بالمراقبات الكونية .

إذا كان الوسيط (Λ) قد فشل في الوصول للغاية المرجوة منه فإن ذلك يعود إلى ســـببين ، أولهما أنه لم يقم بعمله جيداً وعلى النحو المطلوب ، ثانيهما لأنه ظهر أن لا داعي لوجوده أصلاً ، و لم تتجلى نقط الضعف تلك لآينشتاين الذي بدا واضحاً أنه بدأ يقلل من اهتمامه بعلم الكون في نفس الوقت الذي أصبح فيه هذا العلم مثيراً ، ولكنها تجلـــت لعدد من العلماء الأوروبيين ، وكان أكثرهم تميزاً وأبرزهم رجل دين ورياضي بلجيكي يدعى (جورج لاميتير) . وُلدَ (لاميتير) في عام ١٨٩٤ وعمل طوال حياته في جامعة (لوفين) ووصفه زملاؤه بأنه رجل الهمة والحيوية العاليتين وعُرف بضحكته الجهوريـــة ، وقد تم تكريمه لبسالته وشجاعته في الحرب العالمية الأولى ، كما أنه مارس دوراً قيادياً شجاعاً في الجامعة إبان الحرب العالمية الثانية وخلال الاحتلال الألماني ، تلك الخدمة التي مُنح عليها أعلى وسام شرف وطني بلجيكي . وعلى الرغم من أن (لاميتير) قـــام بإنجازات عظيمة في مجـــال الميكانيك السماوي (Celestial Mechanics) وفي استخدام الحاسبات الإلكترونية الحديثـــة في التحليل العـــددي ، فإنه يُذكر أن كان له الفضل في تحويل دراسة علم الكون من فرع ضيق في الفيزياء إلى مجال واسع قائم بذاته

لـــه كيانه الخاص ، وقد التقت أبحاثه النظرية مع أعمال (هابل) على الصعيد العملي والمراقبة الكونية الفعلية لتشكلان ولادة موضوع العلوم الكونية بشكله الحديث المميز .

لقـــد استفاد (لاميتير) كثيراً من معادلات الحقل الثقالي لآينشتاين واستخدمها ضـــمن دراساته وأبحاثه ولكنه على عكس ما فعل (آينشتاين) لم يُقيّد نفسه بالحلول الساكنة (Static Solutions) ، وفي عام ١٩٢٧ اكتشف (لاميتير) أن الطرح الذي قدمـــه (آينشـــتاين) لوجـــود **الصراع العنيف بين الجذب الثقالي والتنافر الكوني** (Cosmological repulsion) **لا يمكـــن أن يتماشى مع الواقع** لأن ذلك يفضي إلى عدم الاستقرار ، حيث أن اختلالاً بسيطاً وطفيفاً قد يؤدي إما إلى انهيار الكون أو إلى انفجـــاره بعـــد خضوعه لتمدد مستمر لا حدود له ، وهذا الاختلال ناشئ بالطبع من تغلب إحدى قوتي الثقالة العادية أو التنافر الكوني على الأخرى ، وبعبارة أكثر تحديداً فقـــد أصبح يتضح أكثر فأكثر مع مرور الزمن أن الكون مهما يكن ليس ساكناً بل أنه يتمدد باستمرار .

عندما تنبه (آينشتاين) أخيراً إلى تلك الحقائق كانت النتائج مثيرة ، فقد تراجع (آينشتاين) جهاراً وأعلن تخلّيه عن النموذج الساكن للكون بعد أن ضاق ذرعاً منه ، وولّـــى معـــه أيضـــاً الوسيط الكوني العدائي الزائف والمخادع الذي استجلب أساساً وخصيصاً لكي يفسر ذلك النموذج ، وأعتقد أن (آينشتاين) تمنى وتحسَّر على أنه لو قام (هابل) باكتشافه أبكر بقليل لما تم اصطناع هذا الوسيط الكوني أبداً . وبالفعل لو أن (آينشـــتاين) التزم بالمعادلات الأصلية وتتبع نتائجها دون خوف وتردد لكان قد تمكـــن بالتأكيد من التنبؤ بتمدد الكون قبل سنوات عديدة من اكتشاف ذلك بشكل فعـــلي ، وسيكون ذلك بلا أدنى شك أحد أعظم الإنجازات البشرية في تاريخ العوم ، ولكـــن كمـــا حدث فقد كان (آينشتاين) مشدوداً بقوة بالولاء والالتزام التقليدي لمفهوم **الكون الساكن** (Static Universe) . وهكذا ضاعت فرصة ثمينة من بين يديه، وقد وصف (آينشتاين) لاحقاً طرحه للوسيط الكوني بأنه كان أكبر غلطةٍ ارتكبها في حيـــاته .

باســـتعراض ما حدث لاحقاً ، يظهر لنا بوضوح أن رد فعل (آينشتاين) كان عاطفـــياً ومتهوراً ، صحيح أن الوسيط الكوني لم يعد من الضروري وجوده من أجل

تفسير الكون الساكن ، ولكن من المنطقي القول بأن حقيقة تمدد الكون لا تستثني وجود القوة (٨) تماماً ، بل تجعلها غير ضرورية فقط من أجل الهدف الذي فُرضت من أجله أساساً . ويبدو أن (آينشتاين) في غمرة اكتئابه وغمِّه لفشله بالتنبؤ بتمدد الكون ألقى بالثمرة وقشرتها ، فكان كمن يرمي الطفل مع الماء الذي اغتسل به - كما سوف ترى .

لقد أوضح (لاميتير) أن معادلات (آينشتاين) الحقلية كانت منسجمة مع مختلف النماذج الكونية التي تعتمد على فكرة التمدد والتي كان معظمها يستند على مبدأ الانفجار العظيم ، والغريب أن العديد من تلك النماذج كان قد اكتُشف عام ١٩٢٢ على يد العالم الروسي المغمور (أليكساندر فريدمان) الذي وُلِدَ عام ١٨٨٨ في (بيترس بورغ) وعاش فيها ، وعلى عكس (آينشتاين) فقد كان (فريدمان) طالباً لامعاً غير عادي وكان لديه موهبة عالية في الرياضيات . في عام ١٩١٣ حوَّل إبداعاته إلى مجال التنبؤ بالأحوال الجوية ، ثم ذهب للعمل في مرصد التنبؤات الجوية في (بافالوفسك) ، وعندما اندلعت الحرب عام ١٩١٤ أمكن الاستفادة من براعته في علوم الأرصاد الجوية في الجبهة حيث أصبح ضليعاً ورائداً بها هناك أيضاً . وقد تابع أعماله في جامعة (كييف) حيث ألقى العديد من المحاضرات في ديناميك السوائل والتنبؤات الجوية ، ومن ثم انتقل للعمل في مرصد (بيتروغراد) الجيوفيزيائي ، وهناك أصبح مولعاً بالنظرية النسبية العامة كمحور اهتمام جانبي ، وقد قام بتطبيق معادلات (آينشتاين) الحقلية (بما فيها الوسيط Λ) على مسألة الكون المملوء بالمادة ، واكتشف أنه بالإضافة إلى الحل الساكن الذي قدمه (آينشتاين) فإن هناك إمكانية لوجود حلول خاصة في التمدد والتقلص أيضاً ، وقد قام بنشر النتائج من خلال ورقتي بحث مشيراً إلى أن الطبيعة الساكنة لنموذج (آينشتاين) كانت افتراضاً بحتاً غير مدعمٍ بأي دلائل تجريبية . كان رد فعل (آينشتاين) للوهلة الأولى وببساطة أن (فريدمان) ارتكب خطأً في حساباته ، ولكنه نشر لاحقاً ردوداً متعمقة أكثر اعترف فيها أن (فريدمان) قد توصل إلى نتائج صحيحة وأن عمله كان توضيحياً ، على أية حال فقد ظل (آينشتاين) يستبعد فكرة الكون المعتمد على الزمن ، كما بقيت أعمال (فريدمان) التنبؤية قابعة في الظلمة لعقدٍ من السنوات .

كـــان (جورج لاميتير) المسكين يرتحل أكثر قليلاً من (فريدمان) في البداية ، فـــبعد رحلة إلى الولايات المتحدة تعلّم خلالها الكثير حول قياسات الانزياح نحو اللون الأحمـــر ، نشـــر في عام ١٩٢٧ ورقة بحث تحتوي على نتائج مشابهة تماماً للنتائج التي حصـــل عليها (فريدمان) حيث انسجمت مع قانون (هابل) أيضاً ، وقد حاول أن يجذب انتباه (آينشتاين) والآخرين إلى أعماله ولكن للأسف لم تُؤخذ أعمال الكاهن المتواضـــع على محمل الجد ، وقد بيّن (أدينجتون) بعد ذلك بعدة سنوات مدى أهمية المساهمات الهامة التي قام بها (لاميتير) النصير وذلك عندما حولت نتائج قانون (هابل) الموضوع برمته .

مـــن الضروري لكي نستطيع تقييم العمل المميز الذي قام به كل من (لاميتير) و (فريدمان) أن نعرف شيئاً ما حول العلاقة بين معادلات النظرية الفيزيائية وحلولها. غالباً ما يحدث في العلوم أن يكون لمجموعة من المعادلات حلولاً عديدة يصف كل حلٍ مـــنها واقعـــاً ممكناً ، ولكي تحصل على أحدها يجب أن تقرر ما هو أفضل ما يناسب الحقـــائق ، أو إذا مـــا كـــان هناك شيء ما يستدعي إدخال عوامل إضافية لكي يتم الوصـــول إلى المنطق والترتيب الفيزيائي السليم . لقد انطلق (لاميتير) و (فريدمان) مـــن معادلات (آينشتاين) الحقلية مفترضين أن الكون مكتظ بالمادة التي تتمتع ببعض الخـــواص البسيطة والمحددة ، وتمكنا من الوصول إلى مجموعة كبيرة من الحلول كان من بيـــنها نمـــوذج (آينشتاين) الساكن الأصلي وكذلك مختلف نماذج التمدد والتقلص ، وكـــل حلٍ منها كان يمثل نموذجاً ممكناً للكون ينسجم مع النظرية النسبية العامة ، وإن الســـؤال المُلح الذي كان يتأجج دوماً هو : أي هذه الحلول ينسجم بشكل أفضل مع الواقـــع ؟

لم يقدم (آينشتاين) مساهمة كبيرة في هذا المجال ، وبسبب انزعاجه من غلطته الكـــبرى الـــتي ارتكـــبها باصطناع الوسيط الكوني ، وغيظه لتزايد الاهتمام والقبول بالميكانيك الكمومي في الأوساط الفيزيائية ، وقلقه من تهديدات النازية وبوادر سقوط العـــالم في الحرب ، فقد كان عقله منشغلاً بأمور أخرى . في الحقيقة كان على وشك أن يغـــادر (بـــرلين) وأوروبـــا إلى الأبـــد ، فقد تم في أميركا تأسيس معهد جديد للدراســـات العليا في عم (١٩٣٢) وعُرض المنصب عليه وهو في ذلك الحين على عتبة

الخمسينات من العمر ، وقد وافق في البداية على توزيع وقته بين (برينستون) و (برلين) ، وكان قبل ذلك بعام أو عامين فقط قد رتّب أموره وبنى منزلاً صغيراً على قطعة خالية من الأرض في قرية (كابوث) التي تبعد مسافة قصيرة عن نهر (هافل) الذي كان يحب الملاحة فيه . كانت عائلة (آينشتاين) سعيدة بالحياة في (ألمانيا) ، ولكن غيوم العاصفة كانت تتجمع ، فعندما غادر مع (إيلزا) إلى (أميركا) في ديسمبر (كانون ٢) من عام ١٩٣٢ كان لديه إحساس بأنهما لن يعودا أبداً ، فقد قال لها عند مغادرتهما المنزل الذي أحبه : « خذي نظرة جيدة ، فقد لا تشاهدينه ثانيةً أبداً »[٣] ، وقد كان ما توقعه صحيحاً . في الشهر التالي تولى (هتلر) السلطة في (ألمانيا) وكان (آينشتاين) على رأس قائمة المطلوبين ، وتم تفتيش منزله بحثاً عن أسلحة ، والتشهير به مرات عديدة من قبل النظام الحاكم هناك ، وسرعان ما استقال من الأكاديمية الألمانية للعلوم وأعلن للمرة الثانية تخلّيه عن الجنسية الألمانية (بينما احتفظ بالجنسية السويسرية) ، وبعد فترة وجيزة قضاها في (بلجيكا) شدّ الرحال مرة أخرى إلى (أميركا) حيث أصبحت (برنستون) مقر إقامته الدائم ، وبخلاف رحلة قصيرة إلى (برمودا) للقيام ببعض الإجراءات التي تتعلق بالهجرة والجوازات فإن (آينشتاين) لم يغادر التراب الأميركي بعد ذلك أبداً .

على الرغم من هذه المحن التي واجهت (آينشتاين) فإنه تناول بالبحث أفضلية أحد الحلول الخاصة التي وصفها (فريدمان) في ورقة بحث أعدها بالاشتراك مع الفلكي الألماني (ويلم دو ستير) في عام ١٩٣٢ ، وقد بقي نموذج (آينشتاين - دو ستير) أبسط نماذج (فريدمان) التي لا تحتوي على الوسيط الكوني ، على أن (آينشتاين) لم يولِ اهتماماً كبيراً للاتجاه السائد لعلوم الكون بعد ذلك وترك هذا الأمر لـ : (لاميتير) و (أدينجتون) و (هابل) وآخرين ليواجهوا موضوع الانفجار العظيم والسؤال التقليدي عن ذروة الأصل الكوني . وقد كانت الأمور كلها على أية حال تعاني من بلبلة كبيرة في الثلاثينات وخاصة النقص الكبير في الاتصالات بين الدراسات والمعدات التجريبية للفلكيين من جهة وبين الفيزيائيين الرياضيين المتبحرين في النظرية النسبية من جهة أخرى .

عندما نستعيد ذكريات تلك الأيام المبكرة من تطور علم الكون لابد أن نذكر

مـــا أشـــار إليه عالم الكونيات البريطاني (وليم ماكريا) : « أنا لا أذكر أنه كان ثمة ضغط لتفضيل أحد نماذج (فريدمان – لاميتير) الخاصة بحسب نتائج المراقبة التجريبية، لقـــد كـــان الاهتمام الأساسي يتركز حول الانطباع الحاصل من نتائج (هابل) التي تقـــول بأن الكون كان بحالة احتقان وامتلاء شديدين بالمادة ، ومن الواضح أن ذلك لم يكن في أكثر من ٢ بليون سنة »(٤) . وحول مسألة العمر يتذكر (ماكيرا) أن تقدير (هـــابل) لـــزمن الانفجـــار العظيم ، وتقدير تاريخ الأرض حسب بيانات النشاط الإشـــعاعي ، قـــد تم اعتـــبارهما موضـــوعين للبحث والمراجعة : « ما يثير الفلكيين والجيولوجـــيين أنهـــم كانوا على نفس الترتيب ... بالتأكيد فإن أحداً في هذا العالم لا يبدو أنه مستعد أن يتكهن بالنماذج التي يمكن أن تُظهر أي شيء حول نشوء الكون أو لحظاته المبكرة الأولى » .

(٥–٥) توقيتين للكون

« لا يمكن الإمساك بدقيقة ماضية ووضعها بجانب دقيقة آتية »

(آرثر ميلين)

هناك سبب جوهري آخر جعل مشكلة العمر الكوني لا تدق نواقيس الخطر في تلـــك الســـنوات المبكرة ، وذلك السبب يتعلق بالطبيعة الخاصة جداً للزمن . نستطيع مقارنـــة المعـــدلات النسبية لسير ساعتين بوضعهما إلى جانب بعضهما أو على الأقل بالاتصـــال المتبادل عبر الإشارات بين مراقبيهما ، ولكن كيف لنا ونحن نراقب معدل سير الزمن هذه الأيام فقط ، أن نتكلم عن ما كان قبل بليون سنة مضت أو أكثر .

تكمن المشكلة هنا في أنه : إذا تركنا ساعة ذرية ذات قضيب من سيزيوم فائقة الدقة عدة ملايين من السنين ، فكيف نعرف أنها ستدق بسرعة أو ببطء أكثر قليلاً مما هـــي عليه الآن ؟ أنا لا أعني ساعة ذرية معينة بحد ذاتها ولكن جميع الساعات الذرية . وحـــتى لو أننا تأملنا في مفهوم الزمن الكوني الشامل فهل يمكن أن نكون متأكدين من أن الســـاعة العظـــيمة في الســـماء كانت تدق الزمن السحيق منذ بدايته وحتى الآن بالتساوي ؟ إذا كانت الساعة الكونية نفسها تتغير مع الزمن فإن هذا سيعرِّض تقديراتنا لعمر الكون للشبهات . لقد حرر (آينشتاين) الزمن من القيود (النيوتونية) الصارمة

حـــتى بتنا نعرف الآن أن الزمن يتغير من مكان لآخر ، فلماذا لا يتغير كذلك من حين لآخـــر (مـــن وقت إلى وقت) ؟ هل يمكن أن يكون ذلك حلاً مقبولاً لمشكلة سلَّم الزمن (time scale) ؟

إن حقـــن هذه الجرعة الجديدة من الشك يُعكِّر صفاء المياه إلى درجة ملحوظة ، فإذا كان الزمن مقداراً يُقاس **بالميقاتيات**(*) ، وإذا كان زمن الميقاتيات يختلف باختلاف الوقت فكيف لنا أن نعرف التوقيت الحقيقي في لحظة ما ؟

خضـــعت هذه المواضيع الشيقة لتحليل مستفيض من قبل (آرثر ميلين) الذي كان أول من شغل كرسي (روس بول) في الرياضيات في جامعة (أكسفورد) ويشغله الآن (روجر بينروس) . عُرف (ميلين) بين زملائه المقربين بأنه شخص لطيف وذو فكر عبقري ، ويجب أن يعتبر واحداً من أهم رواد علم الكون في العصر الحديث ، وقد اخـــتار أن يشق طريقاً متفرداً ، قَبِلَ (ميلين) بسرور مشاهدات (هابل) وبياناته عن تمدد الكون ، ولكنه رفض نظرية (آينشتاين) النسبية العامة مفضلاً نظريته التي اصطلح عـــلى تســـميتها « **النسبية الحركية** Kenimatic Relativity » ، وقد استنكر ذلك نفر كثير من الناس وتعرض للكثير من الانتقاد .

كـــان مدخل (ميلين) الرئيسي هو الاعتقاد بأن قوانين الفيزياء ينبغي أن تَنتج وتُســـتنبط مـــن طبيعة الكون وليس العكس جرياً مع التقليد السائد ، وقد ناقش ذلك بأنـــنا إذا بدأنـــا من طريقة توزع المادة في الكون ، والطريقة التي يتمدد بها الكون ... وهكذا ... فإن مبادئ أساسية مثل قوانين الثقالة وقوانين الكهرطيسية ينبغي أن تُستنبط من تلك الحقائق كاستنتاجات منطقية ، فإذا ما نجح هذا التسلسل فإننا سنختزل الطريق في عملية كشف العلوم ولا نمر ببعض مراحله ، كالتجريب والملاحظة على سبيل المثال ، وهذا يمكِّننا من كشف قوانين الكون بطرق التفكير البحت تقريباً .

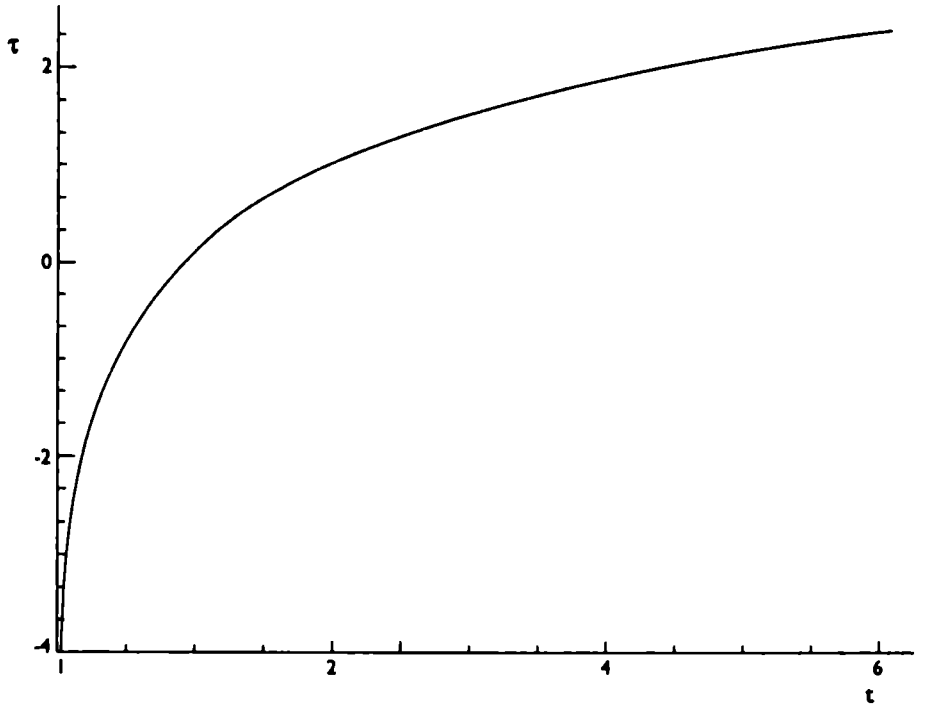
كـــان هذا مجرد كلام مندفع ، وكان يمكن أن يكون أكثر إغراءً لو أنه لم يصبح تقنـــياً جـــداً من حيث المفهوم ، ومن بحر (ميلين) الرياضي تظهر لنا فعلاً هنا وهناك معادلات حافلة بذكريات الفيزياء المألوفة ، ولكن هناك أيضاً استنتاجات متميزة ، من بيـــنها ما يتعلق بالميقاتيات وضبط الوقت ، فقد تنبأ (ميلين) من دراسته للطريقة التي

(*) عندما يحتمل النص تفسيرين استخدمتُ في ترجمة clock : ميقاتية ، أما في غير ذلك فقد استخدمتُ كلمة « ساعة » .

يمكن بها مقارنة معدلات سير الميقاتيات في أماكن مختلفة وأوقات مختلفة ، أنه لا يوجد هناك زمن كوني نعتبره منحةً إلهية ، بل في الواقع يمكن أن يكون هناك أي عدد من سلالم الزمن المختلفة (عُد إلى النص المقتبس أعلاه) . واعتماداً على افتراضاته حول الطريقة التي وجد بها الكون كوحدة متكاملة ، استنتج أن **هناك سلّمين للزمن** لهما أهمية خاصة ، أي سلّماً إضافياً للسلّم المعروف . كانت الفكرة هي أن العمليات الفيزيائية المحددة تعمل حسب سلّم زمني واحد ، بينما تخضع العمليات الأخرى للسلم الزمني الثاني ، وقد رمز (ميلين) للزمنين بالحرفين اللاتيني واليوناني (t) و (τ) الزمن الأسبق (Former Time) هو بالطبع الزمن الظاهري الذي تُخبرنا عنه العمليات الذرية والضوء فهو ينطبق على الساعات الذرية وترددات الموجات الضوئية على سبيل المثال . على الجانب الآخر نجد الزمن (τ) الذي من المفترض أن ينطبق على العمليات الميكانيكية الثقالية التي على المستوى الضخم (Longe-Scale prosesses) من مثل دوران الأرض حول نفسها وحركتها حول الشمس . إن المظهر المميز لهذه النظرية يكمن في أن (t) و (τ) يمكن أن يبدأ وينطلقا معاً ولكنهما لا يلبثان أن يفترقا عن بعضهما تدريجياً ، ويوضح الشكل (٥-٢) كيف يرتبط هذان الزمنان مع بعضهما ، **وللقراء المطلعين رياضياً نقول أن (τ) هي لوغاريتم (t)** .

ماذا تعني عملية مضاعفة السلالم الزمنية عملياً ؟ أكثر ما يهمنا هو أن ذلك سيؤدي إلى أن الساعات الذرية تتقدم بسيرها **تدريجياً** لتسبق الساعات الفلكية التي تحدد اليوم الأرضي والسنة ، ولكن كلمة (تدريجياً) هي المهمة هنا . من معادلات (ميلين) يُستنتج أن الاختلاف المتراكم في جعبتنا هو حوالي جزء من عشرة بلايين جزء في السنة ، وقد يتطلب الأمر آلاف السنين ليتجمع الاختلاف ويصبح ثانية واحدة ، لذلك فإننا لا نشعر بأي اختلال أو تيه زمني (disorientation) . من الناحية الأخرى ، إذا عدنا إلى الحقبة الكونية السابقة فإن الفروقات تتراكم أكثر كما يتضح من الشكل (٥-٢) ، وفي الحقيقة فإنه حالما تبلغ (t) **الصفر** - وقد تكون قد خدعت بالظن أنها بداية الزمن - فإن (τ) **ستسعى نحو اللانهاية السالبة ، أي أنها ستغوص وتمتد إلى الماضي السحيق (اللانهائي) ، وبالتالي فإذا استخدمنا السنوات الأرضية للقياس فإن الكون مُغرق في القدم (لانهائي • أزلي) وموجود منذ الأزل** ، ولأن أعمال

(هابل) حول الكون المتمدد تستند أيضاً إلى العمليات الديناميكية فضلاً عن العمليات الذريـــة فـــإن تلك الأعمال أيضاً تستخدم الزمن (τ) وحسب هذا السلم الزمني فإن الانفجـــار العظيم قد حدث في الماضي البعيد اللانهائي . بالنسبة إلى سلم الزمن (t) فإن عملـــيات مـــثل دوران الكواكب كانت قد تسارعت في الماضي بشكل كبير ، ولكن ســـلوك العمليات الضوئية والذرية بقي ثابتاً لم يتغير ، وبشكل معكوس فإنه في الزمن (τ) لا تـــتحرك المجـــرات ، أي أن الكون ساكن عملياً ، وبدلاً من ذلك فإن ترددات الضوء تتناقص تدريجياً مع الزمن ، وهذا ما يفسر الانزياح نحو الأحمر .



الشكل (٥-٢) : الأزمنة المتغيرة . في نظرية (ميلين) حول الزمن هناك سلّمين مستقلين للزمن t و τ والميقاتيات التي تضبط أحد الزمنين تختلف تدريجياً عن الميقاتيات التي تضبط الزمن الآخر ، وقد تم هنا توضيح العلاقة بين هذين الزمنين ، إن المظهر الرئيسي لهذه العلاقة (مفتاحها) هو أن الصفر بالنسبة لـــ t يقابله الماضي السحيق (اللانهائي) عند τ .

هل نجحت نظرية (ميلين) في حل مسألة عمر الكون ؟ ظاهرياً ، الجواب نعم، لقد ظن (ميلين) ذلك بوضوح فكتب قائلاً : « لذلك يتضح أن التناقض الذي تقود

إلـــيه الفيزياء المعاصرة عند بحث عمر الكون ... يعود إلى الخلط بين سلّمي الزمن » . عـــلى كل حال فإن نظرية (ميلين) لم تجد ما تقوله حول النشاط الإشعاعي ، وعلى وجـــه الخصوص **أعمار النصف الإشعاعية** : (Radioactive half-lives) وهل تعود إلى الـــزمن (t) أم الـــزمن (τ) فـــإذا كانت تتبع (τ) فإنه لم يتم حل شيء لأن تاريخ النشاط الإشعاعي للأرض يعتبر على نفس السلم الزمني الذي يتبع له تمدد الكون .

حسناً ، إن « **النسبية الحركية** » هي مجرد نظرية ولن تجد أحداً يتكلم عنها في أيامنا هذه ، ولكن بالمقابل فإن فكرة إمكانية وجود سلّمين أو أكثر للزمن لا يمكن أن تســـتبعد ببســـاطة ، فليس هناك أمراً ملحاً يجبر كل الساعات أن تتزامن مع بعضها ، ولـــيس هناك قانون فيزيائي يفرض ذلك ، كما أن (ميلين) لم يكن الوحيد الذي قدم هـــذا الطـــرح ، فلا أقل من الفيزيائي (بول ديراك) ، وهو أحد مؤسسي الميكانيك الكمومي وحائز على جائزة نوبل ، وصل إلى استنتاج مشابه لنظرية (ميلين) .

لقد عبث (ديراك) بشكل سريع بفكرة الزمنين في الثلاثينات ، ثم رَكَن نظريته التي وضعها حول هذا الموضوع جانباً حيث ذبلت وغابت في الظلام ، وبما عُرف عنه مـــن خجـــل وتحفظ فإن (ديراك) لم يكن يتوغل في فكرة ما ، إذا لم يكن واثقاً أنها ستوصـــله إلى شـــيء مهم ، وعلى الرغم من أنه أمضى معظم حياته العملية في جامعة (كامـــبردج) محاطاً بأبرع علماء العالم فإنه نادراً ما أبدى تعاوناً معهم حيث كانت إنجازاتـــه الفعلية أحادية الجانب ، فإذا كان قد فكّر في موضوع الزمن الكوني بعد أن نشر بحثه الأصلي عنه ؛ فليس لأحدٍ أن يعرف ذلك .

عـــندما تقـــاعد (ديراك) انتقل إلى (فلوريدا) ومن هناك جاء إلى (تريستي) لحضور ندوة لتبادل الآراء عقدت على شرفه في عام ١٩٧٢ بمناسبة عيد ميلاده السبعين، وقـــد كنت محظوظاً بحضور هذه الندوة بنفسي حيث كانت المرة الوحيدة التي استمعت فـــيها إلى (ديـــراك) محاضراً ، وأنني أذكر تماماً ذلك الرجل العظيم عندما نهض ليلقي خطابـــه العـــلمي . كـــان نموذجاً مثالياً للرجل الإنكليزي الوقور وقد انحنى ظهره قليلاً واصطبغ شعره وشاربه باللون الرمادي ، وتميز بتواضع شديد . غرق الحضور في صمت مطـــبق امـــتزج بالاحترام ، وكنت أنتظر جواهر الحكمة التي سينطق بها في هذه المناسبة الخاصة جداً بعد أن أفنى عمره في اقتلاع قطع من الحقيقة من مقلع العلوم الصخري .

كـــان تواضعه الممتزج مع هيبته أسطوريان ، وكان حضوره في ذلك اليوم منفتحاً كمـــا لم أرى في حـــياتي . بعد أن طلب تشغيل جهاز العرض أبدى بعض الملاحظات الخفـــيفة وبـــدأ بعـــرض الصور والرسوم والأشكال على الشاشة . وكم كانت دهشتي عظـــيمة وذهولي لا حدود له وأنا أرى أن (ديراك) يتحدث عن أعماله في موضوع (t) و (τ) بعد عقود عدة من الصمت !!. كان أبرز ما في تلك الصور والأشكال هو تجارب (ديراك) غير التقليدية في رسم الزمن يتدفق إلى أسفل الشاشة وليس إلى قمتها ، وهكذا تحولت محاضرة (تريستي) لتصبح وكأنها ترفع الستارة عن مشروع بحث قديم تم إحياؤه مجدداً ، حيث شغل ذلك (ديراك) خلال السنوات الأخيرة من عمره منقاداً للتعاون مع (فيـــتوريو كـــانوتو) ، ومـــا بدأ عام ١٩٣٠ كتعليق قصير أو كفضول ناقص النمو ، اكتمل عم ١٩٧٠ وأصبح نظرية كاملة النمو ذات فروع وتشعبات أساسية كبيرة .

اســـتنتج (ديـــراك) كمـــا استنتج (ميلين) أن الساعات الذرية اختلفت عن الســـاعات الفلكـــية ، وكما شرحت آنفاً ، فإنه بالنظر إلى الزمن الذري (وهو الزمن الذي نضبط ساعاتنا عليه ، وهو الذي من المفترض أن تسير بموجبه نشاطاتنا العقلية) فإن الكواكب تغير ببطء من سرعات دورانها . إن ذلك ينقلب إلى تغير بطيء في الزمن الفلكي يتبعه ويحاكيه تغير بطيء في قوة الثقالة بين الأجسام كلها ، وبالتالي ومع مرور الـــزمن سنكتشف أن قبضة الشمس على الأرض وقبضة الأرض على القمر ستضعفان تدريجـــياً . بالاعـــتماد عـــلى النظرية المحدَّثة فقد تنبأ (ديراك) و (كانوتو) بحدوث تغـــييرات وتبدلات في المدد المدارية (مدة دورات) للكواكب ، ولكن ذلك لن يزيد عن بضعة أجزاء من مائة بليون جزء في كل سنة .

لحســـن الحظ فقد أصبح من الممكن اختبار هذا التأثير الطفيف ، وكما ذكرت سابقاً ، فإن السفينة الفضائية (قرصـــان المريـــخ Mars Viking) أعطت الفيزيائيين فرصة لم يكونوا قد خططوا لها للقيام بقياسات دقيقة جداً للزمن والمسافات في المجموعة الشمسية . قامت السفينة بسبر الأرض اللينة من سطح المريخ ، كما هو مرسوم لها ، ثم أرســـلت بيانات عن الأحوال الفيزيائية هناك . وقد قامت على وجه الخصوص بإجراء عدد من التجارب للبحث عن حياة بدائية (جرثومية) ، وكانت علاقة تلك البيانات بموضـــوع الثقالة ونظرية (ديراك) عَرَضية تماماً ولكنها موفقة . إن المشكلة في اختبار

النظريات التي تكون فيها G (قوة الثقالة) متغيرة - حتى ولو كانت معلومة - هي أن تلك التغيرات البطيئة في القوة الثقالية التي تؤثر على الكواكب يستعصي كشفها تماماً ويعود ذلك لسببين : الأول ، أن الكواكب لا تدور حول الشمس وفق نظام (كبلر) الأصلي بدقة ، بل أنها تخضع لعدد كبير من الاضطرابات بسبب تأثير الكواكب الأخرى عليها والتي تفضي جميعها إلى خليط معقد ، ويغدو المرء بحاجة إلى برنامج حاسوبي عملاق ليفك ألغازها ويحللها بشكل كامل ، وحتى لو تم ذلك فسيظل هناك بعض الارتيابات . السبب الثاني هو أنه حتى يتم تحديد دورة كوكب ما في الفضاء ، فإن ذلك يتطلب قياسات دقيقة جداً لمواقعه في الفضاء ، وهذا ما وفرته مركبة (قرصان المريخ Viking) حيث استطاعت من موقع ثابت لها على سطح المريخ أن تزود العلماء القائمين على المشروع بقياسات للمسافات غاية في الدقة ، وقد تم جمع البيانات على مدى عدة سنوات وأدخلت إلى الحاسوب ، في تلك الأثناء توفي (ديراك) ، وبعد ذلك بقليل أعلن (كانوتو) أن بيانات (قرصان المريخ) استبعدت صحة نظرية (ديراك) مرةً وإلى الأبد .

لم تثبت تلك البيانات بالطبع بأن هناك سلّماً زمنياً واحداً لكافة العمليات الفيزيائية ، بل إنها أوضحت فقط أن نظريتي (ديراك) و (ميلين) تحديداً تحتويان على نقط ضعف قد تكون قاتلة ، وفي غياب نظرية موحدة لجميع العمليات الفيزيائية تعتمد على مفهوم سلم زمني عام وشامل ، فإن السؤال المحيِّر عن عدد السلالم الزمنية الموجودة ما يزال قائماً . هناك ميقاتيات عديدة مختلفة كالميقاتيات النواسية ، والذرية ، وميقاتيات بلورات الياقوت ، **والمرنان الفائق الناقلية** : (Super Conducting resonator) ... الخ ، وهي تتضمن مبادئ فيزيائية مختلفة . ومن الواضح تماماً أن بعض تلك الساعات يمكن أن تفقد ببطء تزامنها (تواقتها) مع الزمن الكوني ، وأن التصحيحات السريعة المتتالية للدقة في مختلف أنواع الساعات أدت إلى الزيادة السريعة الحالية في وضع التجارب المقارنة ، فقد قامت مجموعة ألمانية مثلاً ، بمقارنة الساعة الذرية ذات قضيب السيزيوم مع ساعة المرنان فائق الناقلية ذو التجويف : (Super conducting cavity resonator) لمدة تزيد عن اثني عشر يوماً وقرروا بعد ذلك بأن أي انزياح منتظم لن يزيد حتماً عن جزء من مائة بليون جزء في السنة ، بل إن هناك

معدلات أقل قد تصل إلى جزأين من عشرة تريليون جزء في السنة وتم تسجيلها فعلاً عند المقارنة بين الساعة الذرية بالسيزيوم والساعة الذرية بالمغنزيوم ، وعلى الرغم من الدقة التي أجريت بها تلك التجارب بالطبع ، فتبقى هناك إمكانية دائماً لتسجيل اختلافات أقل.

وبعد ، فأين أوصلت كل هذه المعلومات **مسألة عمر الكون** ؟ في عام ١٩٥٢ صَعَق الفكي الألماني (والتر بادي) زملاءه ، حيث أعلن أن نتائج (هابل) احتوت على خطءٍ جسيم . كان (هابل) في تلك الأثناء يبذل جهوداً مضنية استمرت عقدين من السنين لقياس الانزياحات نحو الأحمر والمسافات إلى المجرات ذات الضوء الخافت دوماً مستخدماً التلسكوب الضخم على جبل (ويلسون) مع مساعده المحترف (ملتون هيومسن). منذ البداية اعتمدت طريقة (هابل) في قياس المسافات على مراقبة مجموعة خاصة من النجوم تُعرف باسم « **المتغيرات القيفاوية** » (Cepheid Variables) ، هذه النجوم يزداد لمعانها ويتناقص (تتوهج وتخبو) بطريقة دورية مميزة، وبقياس المدة التي يكون فيها النجم في حالة اللمعان الزائد (التوهج) نتمكن من حساب درجة اللمعان الحقيقي للنجم ، وبمقارنة اللمعان الحقيق مع اللمعان الظاهري نستطيع أن نقدر المسافة التي يبعدها عنا ذلك النجم . كان (هابل) و (هيومسن) يبحثان عن هذا النوع من النجوم « المتغيرات القيفاوية » في المجرات الأخرى ليتمكنوا من حساب بُعدها عنا . على الرغم من أن الطريقة جيدة ولكن (هابل) كان يعمل بمعايرة غير صحيحة(*) ، **فقد كانت القيفاويات تقع على بُعد يبلغ ضعف البُعد الذي افترضه !! وهكذا فجأة ، تضاعف حجم الكون ، وازداد عمره بنفس النسبة** . حسنا، فقد خفّف هذا من مشكلة أن عمر الأرض أكبر من عمر الكون ولكنه لم يحلها تماماً .

منذ ذلك التحول الفجائي في التفكير أصبح العمر المقدر للكون (اعتماداً على علاقة (هابل) بين بُعد المجرة وسرعة ارتدادها) يخضع للمراجعة المستمرة وللتدقيق والإعادة لأكثر من مرة وفي كل المرات كان الرقم الناتج لعمر الكون يتراوح بين ١٥-٢٠ بليون سنة ، ولعقد أو عقدين من السنين بدأ يتضح أن التناقض الظاهر بأن عمر الكون أقل من عمر بعض مكوِّناته قد حُلّ . بعد ذلك بدأت الأمور كلها تختلط مرة أخرى .

(*) هذا هو الخطأ الذي قصده (والتر بادي) .

مكتبة
t.me/soramnqraa

الفصل السادس

أعظم انتصار لآينشتاين

« إنني من الشرطة السرية التي تبحث عن المجرم : الثابت الكوني ، أنا أعلم أنه موجود ، ولكنني لا أرى مظهره » .

(آرثر أينجتون) ١٩٣١

(٦-١) آثار الله

« **العلماء يقدمون تصوراً عميقاً حول كيفية بدء الزمن** » كان هذا هو العنوان الرئيسي والعريض البارز على صفحة الغلاف الأولى من مجلة أوقات نيويورك (نيويورك تايمز) الصادرة بتاريخ ٢٤ أبريل (نيسان) من عام ١٩٩٢ ، ذلك التاريخ الذي لا يكاد يمحَّى من ذاكرة كل فلكي . انشغلت الصحافة في كافة أنحاء العالم بالأخبار المثيرة ودخلت في نوبة محمومة وسباق مسعور لتغطية النبأ . لقد وصفه (ستيفن هوكنج) بأنه : « **اكتشاف القرن ، إن لم يكن اكتشاف العصر** » ، وأشارت إليه مجلة التايم (Time) بقولها : « **أصداء الانفجار العظيم** » أما عنوان مجلة (نيوزويك) (News week) فقد كان : « **آثار الله** » .

الأخبار الساخنة لم تكن لاهوتية تماماً ، بل كانت تتعلق بعلم الكون ، فالبيانات الآتية من (كوب – COBE) والتي تم تحليلها ودراستها حققت اختراقاً مفاجئاً في ذلك المجال . (كوب) ذلك القمر الصناعي الذي أُطلق للبحث في الخلفية الكونية للإشعاع الحراري عن أي أثر لعدم الانتظام أو الاتساق في تلك الخلفية ، أمضى سنتين وهو يتفحص بصبر انعكاسات الانفجار العظيم عسى أن يجد ملامح أو آثار لأي بقع حارة شاذة ، ولكن التحريات الفلكيه أشارت إلى أن خلفية الإشعاع الحراري كانت منتظمة ، رقيقة وسلسةً عبر السماء ولغاية جزء من المائة ألف جزء ، كما أوضحت ذلك في الفصل السابق . وبحلول عام ١٩٩٢ كانت كميات من البيانات قد

رَشَحت لتعلن بعد تحليلها عن **وجود تناسق بديع (صحيح أنه بسيط ولكن الشخص لا يخطئه) في الخريطة الكونية الحرارية . لقد كانت الإشعاعات مهورة « موسومة » بترقرقات (Ripples) موجية فائقة الصغر ، بقع ساخنة وأخرى باردة متراكبة على نحو مذهل من الانتظام** . لقد كان ذلك هو بالضبط ما احتاجه العلماء لتأكيد أفكارهم حول الانفجار العظيم ، وقد قال (جورج سموت) في لحظة انفعالية : « **إذا كنت متديناً ، فإن ذلك يشبه النظر إلى الله** » وجنّ جنون وسائل الإعلام .

تنفس العلماء الصعداء في مختلف أنحاء العالم ، فقد **كانت نظرية الانفجار العظيم تعاني في الواقع من أزمة حادة ، واكتشاف تلك الرقائق الموجية : (Ripples) كان حاسماً** ، لأنه خلال فترة ما بدا أنها غير موجودة أبداً ، ولو استمر الأمر كذلك لكان على علماء الكون أن يعودوا من حيث بدؤوا .

تم بسهولة إدراك أهمية الرقاقات الموجية . لقد انطلقت الإشعاعات الحرارية الكونية افتراضياً ودون أن تعاني من أي تشويه تقريباً منذ حوالي ثلاثمائة ألف سنة بعد الانفجار العظيم - وهي الحقبة التي برد خلالها الكون إلى درجة كافية ليصبح شفافاً تقريباً - وبالمقارنة مع العمر الحالي الذي يبلغ عدة بلايين من السنين فإن تلك الحقبة حدثت مبكراً ، وبالتالي فإن **الإشعاع يعتبر من الأثارة الباقية** التي تخلفت مباشرة عن الكون الكثيف الساخن الفتي ، **وكأنه نوع من اللقطة التذكارية التي تصور الكون ، كيف كان يبدو وهو في مراحل طفولته المبكرة ، وواضح أنه كان رقيقاً سلساً** .

إن سلاسة الكون الأولي لا تتفق مع بنيته المتباينة الحالية ، فالمسح الفلكي يُظهر نجوماً وغازات تكتلت وتجمعت ضمن مجرات ، والمجرات احتشدت على شكل مجموعات ، وتعنقدت هذه المجموعات حول بعضها لتؤلف **العناقيد الكبرى** (Super clusters) . خلال السبعينات والثمانينات رسم الفلكيون بعد جهد مضني خريطة أكثر تفصيلاً للسماء ، كما وضعوا تصورات ثلاثية الأبعاد عن كيفية ارتصاص وانتظام المجرات إلى بعضها البعض وذلك بمقياس كبير ، وبدأ الدليل يتزايد على أن الفراغات الهائلة في الكون التي ينعدم فيها تقريباً وجود مادة مضيئة تكون مملوءة بخليط خشن من الصفائح والخيوط الناشئة عن تجمع آلاف المجرات . وهكذا أصبحنا ندرك بوضوح الملامح الاتساعية الممتدة إلى مئات الملايين من السنين الضوئية عبر هذا الكون

الفسيح . هذا النسيج الكوني وعلى هذا المقياس الهائل يبدو وكأنه بقايا للرغوة التي كانت على سطح كأس من البيرة ، أو ربما نسج كثيف من خيوط بيت العنكبوت .

يكمن التحدي الكبير لأي نظرية كونية في أن عليها أن تفسر كيف نشأت هذه البنية الكونية الهائلة . تعمل القوى الثقالية بطبيعتها على جذب المادة إلى الكتل ، فإذا بدأ الكون فعلاً على نحو جميل وسلس بانتشار الغازات بشكل منتظم تقريباً عبر الفضاء ، فإنه مع مرور الوقت سيكون هناك قابلية للغاز كي ينجذب إلى المناطق التي تكون الكثافة فيها أكبر من الكثافة حولها ، وعندما تتجمع الغازات على شكل كتل ، فإن الجذب الثقالي لتلك المناطق الأكثف سيزداد فتجذب إليها المزيد من الغازات وتتجمع فيها المادة أكثر فأكثر على حساب المناطق الباقية ، ومع مرور الوقت يمكن أن تصبح المواد متكتلة إلى درجة شديدة التماسك . عندما بدأ العلماء يدرسون بالتفصيل عملية التكتل الموصوفة آنفاً سرعان ما اكتشفوا أنها تحدث ببطء شديد للغاية . تدخل هنا أيضاً مسألة تمدد الكون والتي تعمل ضد نزعة الثقالة لجذب الأشياء وتجميعها مع بعضها البعض . وهكذا فإن الوصول إلى درجة التكتل الحالية للكون من البدايات السلسة تماماً وبالطريقة الموصوفة أعلاه قد يتطلب عشرات البلايين من السنين وليس من المفترض أن يكون الكون على هذه الدرجة من القِدم (بهذا العمر) .

وهكذا فقد برزت المشكلة القديمة نفسها مرة أخرى : يبدو أنه لم يكن هناك وقت كافي لكي تظهر للتو ملامح ملحوظة للكون بعد حدوث بعض العمليات الفيزيائية المفهومة ، لذلك فقد تم طرح مخرج لهذه المشكلة ، بالافتراض مثلاً أن الكون قد بدأ بداية فجائية ولربما لم تكن المادة سلسةً تماماً خلال تلك البداية . بعد كل ذلك هل من الوارد أن المادة كانت متجمعة أصلاً بشكل جزئي وحين ذلك قامت الثقالة بإنهاء المهمة بسرعة أكبر ؟ العقبة كانت في أن مثل هذا الافتراض يبدو خاصاً للغاية ، فلماذا ينبغي على الكون أن يبدأ بشكل مريح يتلاءم مع مجموعات من الكتل ذات الأحجام والكثافات الصحيحة المناسبة ؟ لكي نفترض أن الكون نشأ ببساطة بهذه الطريقة وعلى هذه الدرجة المناسبة من التجمع الأولي فإننا بذلك نقول أنه يتمدد بمنتهى الهدوء والنظام ، وإذا كان هناك تكتلات في الكون البدائي فإنها يجب أن تظهر على شكل موجات دقيقة في الإشعاع الحراري (Ripples) ولكن (COBE) لم تلتقط

أي أثر شاذ لذلك في إشعاعاتها الحرارية السلسة التي التقطتها .

مع اليأس المتزايد كان العلماء يبحثون عن مخرج من هذا المأزق ، ومن بين الأفكار التي طُرحت للتلطيف من المشكلة هي اللجوء إلى فكرة وجود **المادة المعتمة** . في القبة السماوية تظهر الأجسام المضيئة بالطبع ، ولكن أي مادة أو أشياء غير مضيئة فإنها لا تُرى ، فإذا كان الكون يحتوي على كمية كبيرة من تلك المادة غير المرئية أيضاً فإن هذه المادة الزائدة ستزيد من قوة الثقالة للكتل وتعجل في عملية التجمع . كانت هذه النظرية بالتأكيد قابلة للتصديق ، حيث وجد العلماء دليلاً جيداً على وجود مثل هذه المادة المعتمة في الهالة الخارجية لمجرة درب التبانة وكذلك في **التجمعات المجرية** (**العناقيد**) ، حتى أن بعض التقديرات تؤكد أن كمية المادة المعتمة في الكون تزيد بشكل ملحوظ عن كمية المادة المرئية ، ولا يجد واضعو النظريات أي غضاضة في سرد قائمة مقبولة من المرشحين لما يمكن أن يكونوا من هذه المجموعة من الأشياء غير المرئية: الثقوب السوداء ، نجوم داكنة ، كواكب ، صخور ، **نيتريونات** (neutrions) (*) ، وجسيمات أخرى دون الذرية نتجت عن الانفجار العظيم . على أية حال ، فإنه ليس كافياً أن نلقي خليطاً عشوائياً من الأجسام ونتأمل أن نحصل على تجمع مثالي ، فيجب أن يكون هناك تصنيف صحيح للمادة المعتمة حتى نتمكن من إتمام العمل على الوجه الأكمل . ينبغي مثلاً أن نوضح الكمية المرصودة من تلك التجمعات المعتمة وتغيرها عبر السلم الزمني بمختلف أدواره ، فعلى سبيل المثال ، هناك نموذج خاص من المادة المعتمة يمكن أن يولّد كمية كبيرة من التكتلات حوله على مدى بضعة ملايين من السنين الضوئية ، وكمية ضئيلة من تكتلات أخرى على مدى بلايين من السنين الضوئية ، والعكس صحيح . وهكذا فإن من الضروري أن تكون التفاصيل متوافقة .

لقد قسم الفلكيون المادة المرشحة أن تكون معتمة إلى ساخنة وباردة ، المادة المعتمة الساخنة هي الجسيمات الضوئية مثل النيتريونات والتي يمكن أن تستمر بالحركة وبسرعتها الفائقة حتى عندما يبرد الكون . أما المادة المعتمة الباردة فهي الأجسام الثقيلة مثل الثقوب السوداء ، والنجوم الخافتة أو المعتمة وهي التي تكون حركتها بطيئة نسبياً.

(*) نيتريون واقترح جمعها على (نيتريونات) وهي جسيمات دقيقة من مجموعة الجسيمات دون الذرية كتلتها أقل من كتلة الإلكترون وتكون متعادلة كهربائياً (المترجم) .

لقد استُخدمت الحاسبات الإلكترونية لتقديم « **نظام تشابه** » - (Simulation) يُصوِّر كيف يمكن أن تتم البدايات السلسة بوجود تلك الأنواع المختلفة من المواد المعتمة الباردة والساخنة ، وبعد عدة دراسات للعُروض لم يرجح العلماء أن تصلح المادة الساخنة المعتمة ، فاتجهت الأنظار نحو المادة المعتمة الباردة ، ولكن هذا لن يناسب تماماً ، فهي تصلح فقط للسلالم الزمنية الصغيرة ولكنها لا تكون صالحة تماماً للسلالم الزمنية ذات المقياس الأكبر . (جيم جيبل) وهو عالم رائد في علوم الكون في (برينستون) وكانت له اليد الطولى في الاكتشاف الأساسي لخلفية الإشعاع الحراري ، كان واضحاً عندما قال بشكل لا لبس فيه : « **المادة المعتمة الباردة ماتت** »[1] . بدأ آخرون يفكرون بأشياء من غير الوارد بتاتاً التفكير بها : لربما كان هناك خطأ جوهري في نظرية الانفجار العظيم العيارية ؟

(٦-٢) هل حدث الانفجار العظيم

« الفيزيائيون والفلكيون الذين يعتقدون في هذه الأيام أن مشكلة (الكونية المطلقة) قد حُلّت بطريقة أو بأخرى سوف يشهدون عدة مفاجآت قبل نهاية هذا القرن » .

(جايانت ناريلكار)

لم تكن إشكالية سلّم الزمن في يوم من الأيام بعيدة عن المقدّمة في علم الكونيات، فسرعان ما جذبت مشاكل بطء نمو بنية الكون أنظار المعارضين لنظرية الانفجار العظيم . إذا قمنا بتثبيت تاريخ للحوادث المفصلية عند الانفجار العظيم ، فلابد أنك تتذكر ظاهرة الانزياح نحو الأحمر وفائدة قياس مقدارها للمجرات البعيدة من أجل تقديم قياس لمعدل تمدد الكون ، إن الافتراض بأن القيمة المتوسطة للحيود نحو الأحمر تعطي مؤشراً يمكن الاعتماد عليه في حساب معدل التمدد يُعزى مباشرة إلى (هابل) ، ولكن هل من المعقول أن يكون هذا التفسير للحيود نحو الأحمر وعلاقته بالتقهقر النظامي - المنهجي - للمجرات قد أُخطئ في فهمه ؟ وفوق ذلك كله فمن المعروف أن بعض المنظومات الأخرى تسبب حيوداً نحو الأحمر مثل الحقل الثقالي لكتلة

مركزة !! ومن يعلم ماذا تخبئ لنا الفيزياء الجديدة التي ستطبق في حالات فيزيائية غريبة وشاذة وحدِّية .

بعض الفلكيين المنشقين واظبوا بجد طيلة سنوات عديدة على جمع أمثلة لأجسام فلكـــية لا تطابق النظريات مثل بعض المجرات وأشباه النجوم (Quasar) التيّ ظهر أنها تتحدى التفسير التقليدي للحيود نحو الأحمر ، ومن أهم أبطال المنشقين (هالتون آرب) من معهد (ماكس بلانك) للفيزياء الملكية في (ميونيخ) بألمانيا ، وقد تلقى دعماً قوياً من الفلكي النظري البريطاني (فريد هويل) صاحب نظرية الحالة الثابتة القديمة وزميله الهندي (جايانت نارليكار) والأميركي (جيوفري بيربيدج) . إن روح الادعاء الذي يـــزعمه (هابل) بأن الكون يتمدد يتمثل ويكمن في العلاقة بين بُعد الأجرام الفلكية ومقـــدار حيود ضوئها نحو الأحمر ، فالأجرام البعيدة يكون لضوئها حيودات أكبر نحو الأحمـــر وبـــنفس النسبة تماماً . إن صلاحية قانون (هابل) تستند على وجود طريقة جيدة يُعتمد عليها لتحديد المسافات . من أجل المجرات المجاورة يمكن للعلماء أن يختاروا نجـــوم المـــتغيرات القيفاوية لكي يقدموا مقياساً معيارياً معتمداً ودقيقاً ، ولكن المجرات الأبعـــد كـــثيراً تكـــون خافـــتة لدرجة لا تسمح بذلك . في هذه الحالة يُعتمد على الإرشـــادات التقريبية التي يقدمها اللمعان الظاهري للجرم حيث من الواضح أنه كلما كـــان موقع الجسم المضيء على بُعد أكبر فإنه سيبدو من الأرض أكثر خفوتاً ، ولكي تـــنجح هـــذه الطـــريقة وتعمل بشكل أفضل ينبغي أن نعلم اللمعان الحقيقي الأصلي للجســـم لكـــي نبدأ به ، فإذا كان الجرم معتماً أصلاً فسيكون هناك (ميل) جنوح للمغالاة في تقدير بُعده الحقيقي عن الأرض .

لقـــد طوّر الفلكيون تقنيات إحصائية لتجنب هذا النوع من الجنوح . في حالة المجـــرات العاديـــة التي تعتبر كائنات معروفة ومدروسة على نحو واضح تكون النتائج معقولـــة إلى حد ما . بعدئذ وفي الستينات اكتُشفت سلاسل جديدة من الأجرام مثل **أشـــباه النجوم الشديدة اللّمعان** (Quasars) ، والمجرات التي تمزقت المناطق المركزية فـــيها بعنف بسبب عمليات ذات طاقة عالية جداً ، وبما أن ضوء تلك الأجرام قد عانى مـــن حيودات عالية جداً نحو الأحمر فقد استنتج معظم الفلكيين أنها تقع على مسافات شاسعة ، وكأنها تقع على « **حافة الكون** » المرئي ، ومن ناحية أخرى وبما أنه لا أحد

يعـــرف لمعانهـــا الحقـــيقي فلم يكن هناك طريقة سهلة لتحديد مسافاتها ، وبالتالي فإن العلاقة الدقيقة بين المسافات والحيود نحو الأحمر تعتبر مفقودةً هنا .

في بداية السبعينات بدأ (آرب) و (هويل) ورفاقٌ لهم بعمل استطلاعٍ مفتوح عمـــا إذا كانت الحيودات نحو الأحمر لتلك الأجرام غير العادية ناتجة فعلاً عن التقهقر (الابـــتعاد) ، وقـــد استندوا في تحديهم على أنه تم اكتشاف العديد من أشباه النجوم ذات الحيود العالي جداً نحو الأحمر والتي كانت موجودة في السماء على بُعد قريب جداً مـــن مجـــرات حيودات أضوائها نحو الأحمر منخفضة جداً . بعبارة أخرى فإنه إذا كان هـــناك جُرمان يسبحان جنباً إلى جنب في الفضاء واختلف حيود ضوئهما نحو الأحمر اخـــتلافاً شديداً فإن ذلك يعني أن قانون (هابل) غير صحيح ، وبالتالي فإن الأسس الكاملـــة لعـــلم الكـــون الحديث بما فيها تمدد الكون وتاريخ الانفجار العظيم ستنهار وتـــتداعى عـــن بكرة أبيها . الغريب أنه على الرغم من قوة هذه الانتقادات (آرب ورفاقه) وجديتها فقد تعامل معها علماء الكون ببرود . إن التفسير الحقيقي لهذا التباين في الحـــيود نحو الأحمر لضوء الأجرام يكمن في أنها من المحتمل أن تُصادَف واقعةً على صـــف واحد ، فإذا افترضنا عدداً من الأجرام موزعاً بشكل عشوائي في الفضاء ثلاثي الأبعـــاد ، فإنه من المتوقع أن يوجد جرم بعيد جداً هنا أو هناك ولكننا نراه في السماء واقعاً بجانب جرمٍ أقرب بكثير ، وذلك بنفس الطريقة التي يمكن أن تصطف بها شجرة تقـــع في مقدمة الصورة أمام جبل بعيد جداً ، إذا ما نظرنا إليهما من زاوية معينة . في العديد من المجرات يكون من الحتمي أن يحدث ذلك أحياناً ، وهكذا دخل الموضوع في مشادةٍ إحصائية .

لقـــد أصبح السؤال ببساطة : كم هو عدد الفرص x التي يُحتمل أن نحصل بها على اصطفافٍ على خط مستقيم من تجمع عشوائي لمجموعة من المجرات وأشباه النجوم ؟ كـــم مـــرة حدث مع الفلكيين أن رصدوا بالمصادفة أجراماً مصطفةً على خط واحد مـــن هـــذا الحقـــل المتبعثر ؟ لقد بقي كل من طرفي النـــزاع متمسكاً بموقفه عشرين سنة أخرى .

في عام ١٩٧١ دعم (آرب) موقفه باكتشاف زوج من الأجرام ، أحدهما من أشـــباه النجـــوم يسمى (ماركاريان — Markarian-205) والآخر مجرة حلزونية

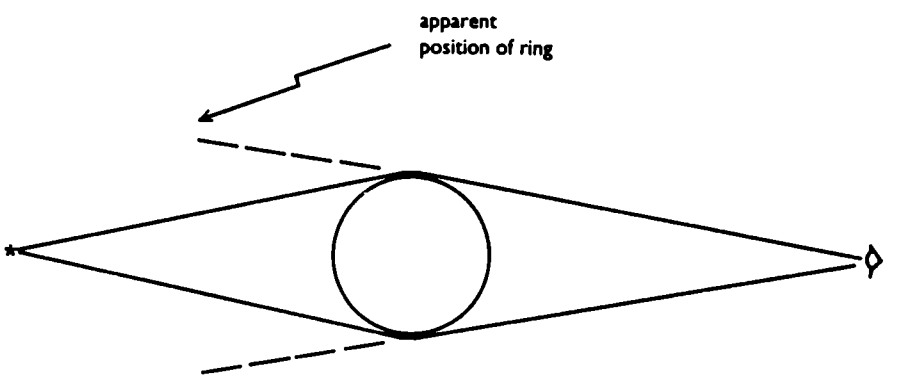
(Spiral Galaxy) تُسمى (NGC04319) حيث ظهرا في السماء متجاورين ويربط بينهما جسرٌ خافت من الضوء ، ولكن التحليل الطيفي لضوئيهما أظهر أن ضوء شبه النجم قد عانى من حيود أكبر نحو الأحمر ، فإذا ما طبقنا التفسير العادي لتعريف الحيود نحو الأحمر وعلاقته مع المسافة وسرعة الابتعاد لوجدنا أن المجرة تتقهقر مبتعدةً عنا بسرعة ١٧٠٠ كيلو متر في الثانية بينما يبتعد النجم الشبيه بسرعة ٢٠٢٥٠ كيلو متراً في الثانية . أما (آرب) فقد ادعى أن الجرمين يقعان بجانب بعضهما البعض في الفضاء وأن الجسر المضيء الذي يصل بينها هو خير دليلٍ على ذلك ، بل إنه أضاف أن النجم الشبيه قد انبثق بطريقة أو بأخرى من المجرة نفسها تاركاً وراءه نوعاً من الذيل .

لقد اكتُشفت أنواع أخرى من هذا القبيل ، أحدهما ما هو معروف باسم خماسية (ستيفان) - (Stephan's Quentet) وهي عنقود متقارب جداً من المجرات (Cluster of Galaxies) تظهر الأجرام فيها وكأنها تتزاحم مع بعضها ثقالياً (تجاذبياً) وهو الشيء الذي يمكن أن يحدث فقط إذا أُطبق عليها بين فكين في الفضاء ، ومرة أخرى تُظهر الحيودات نحو الأحمر سرعات ابتعاد وتقهقر تتراوح بين ٨٠٠ إلى ٦٧٠٠ كم/ثا . وفي حالة أخرى يربط جسر ضوئي لامع بين المجرة (NGC07603) (التي يُظهر الحساب الحيود أنها تبتعد عنا بسرعة ٨٠٠ كم/ثا) وبين جرم صغير يبدو مجاوراً لها ولكن حيوده نحو الأحمر أعلى (وهو يبتعد عنا بسرعة ١٦٩٠٠ كم/ثا) ، ثم نجد بعد ذلك ثلاث أشباه نجوم مصطفة على خط مركز المجرة اللولبية الحلزونية (NGC-1073). وهناك ثلاث أشباه نجوم أخرى تظهر كذلك أنها قريبة جداً من المجرة (NGC-3842) .

أصرّ (آرب) وزملاءه بأن تلك القرائن موجودة فيزيائياً وليست مجرد تصادف لاصطفاف هندسي محتمل ، وقد ادعوا بأن أشباه النجوم أساساً انبثقت من المجرات المجاورة لها واندفعت خارجة عنها وأن حيودات أضوائها نحو الأحمر لا يمكن أن تخضع لقانون (هابل) وهي ليست بسبب تمدد الكون ، ولدعم فرضية الانبثاق أشاروا إلى بعض الحالات التي تُشَدّ فيها أشباه النجوم على خطوط مستقيمة أو تصطف متوازية خلف الفتحات التي انبثقت منها من تلك المجرات . لقد وصل بهم الأمر في المجموعة الأخيرة من أوراق البحث التي تقدموا بها إلى اقتراح هجر نظرية الانفجار العظيم واستبعادها برمتها والعودة إلى النموذج المغاير وهو نموذج الحالة الثابتة القديم

الذي لا يوجد فيه أصل للزمن .

حـــاول الفلكـــيون الذين وقفوا في الجانب الآخر الدفاع عن موقفهم ومواجهة تلك الأفكار باللجوء إلى ظاهرة تُعرف باسم : **العدســـة الثقاليـــة** (Gravitational lensing) . نعـــلم أن أحـــد مفاتيح التنبؤات الرئيسية في نظرية (آينشتاين) النسبية العامة كان **انحناء الضوء** (Bending of Light) عند مروره بجوار جسم ضخم الكتلة، وكمـــا ذكـــرنا في الفصل الرابع فإن (آينشتاين) قد تنبأ بأن الشمس ستجعل حزم الضوء النجمية تنحني قليلاً عندما تمر بجوارها ، وقد أكد (أدينجتون) هذه الظاهرة في عـــام ١٩١٩ . وبعـــد ذلـــك بقليل أشار السيد (أوليفر لودج) بأنه إذا كان مصدر الضـــوء يقع تماماً خلف الجرم ذو الكتلة الضخمة فإن الضوء القادم عندئذ من المصدر البعيد سينحني من كل الاتجاهات ليحيط بالجرم الذي يعترضه ثم يتركز على خط واحد، (انظـــر الشكل ٦-١) وبالتالي فإن مراقباً واقعاً على ذلك الخط سيشاهد **حلقة لامعة مـــن الضوء** تحيط بالجرم الذي مرّ الضوء بجانبه تُعرف باسم « **حلقة آينشتاين** » . في عـــام ١٩٣٠ تفحـــص (آينشتاين) هذه الفكرة بنفسه ، ولكنه استبعدها من الزاوية الـــنظرية فقط ، معتقداً أنه لا يوجد أمل بالتحري عنها . لقد كان مخطئاً . هناك أمثلة كثيرة معروفة الآن عن مجرات بعيدة وأشباه نجوم تعترض أضواءها مجرات أخرى فتصدر خـــيالات مضاعفة ، وفي بعض الأحيان تتشكل حلقة آينشتاين كاملة أو جزءاً منها ، كما يساهم تأثير التركيز البؤري أيضاً على مصدر الضوء البعيد فيبدو لامعاً أكثر .



الشـــكل (٦-١) : **حلقة آينشتاين** : الضوء القادم من نجم بعيد يمكن أن يتركز بؤرياً عند اعتراضه بجرم (نجم أو مجرة) ، ويبدو للمراقب على شكل حلقة من الضوء .

يمكن الحصول على **العدسة الثقالية** : (gravitational lensing) بواسطة أي جرم من الأجرام بدءاً من المجرات ومروراً بالنجوم القزمية ، الكواكب وحتى **الكويكبات** (Asteroides) . في عام ١٩٩٣ قدم مجموعة من الفلكيين العاملين في مرصد (سترومبلو) في شمال (ويلز) تقريراً عن مشاهداتهم لحادثة اعتراض عدسي ثقالي غير عادية نتجت عن نجم قزمي غير مرئي موجود في الهالة التي تحيط بمجرتنا ، وذلك عند وقوعه بين الأرض ونجم عادي موجود ضمن **سحابة (ماجلاّن) الكبرى** (Large Magellanic Cloud) ، وقد شاهد الفلكيون النجم يسطع بلمعان شديد لبضعة أيام . لقد توقعوا أن يكون هناك المزيد من هذه النجوم غير المرئية في مجرتنا وفي المجرات الأخرى وهي تساهم في زيادة نسبة المادة المعتمة التي ذكرتها آنفاً .

من حين لآخر فإن نجماً غير مرئي سيبدو من أشباه النجوم الخافتة جداً ، وعندما يحدث ذلك فإن النجم الشبيه (شبه النجم) سيظهر بلمعان أكبر معطياً انطباعاً بأنه قريب جداً من الأرض . يمكن أن يسجل هذا ضمن نقط الضعف التي عانت منها ادعاءات (آرب) وزملاؤه ، ومع ذلك فإنه ليس من الواضح أن هذه الآثار ستفسر كافة العلاقات والاقترانات بين المجرات وأشباه النجوم وخاصة « الجسور » بين الأجرام التي تتباين حيودات أضوائها نحو الأحمر .

خلال الجدل الذي كان دائراً حول تباين الحيودات نحو الأحمر كانت تبرز نتفٌ من الدلائل الفردية الغريبة متحدية النظرية القويمة للانفجار العظيم مثل اكتشاف بعض الأجرام التي كانت تبدو بطريقة أو بأخرى أنها أقدم من الكون ، وبعض المشاهدات العجيبة التي كانت تطرح فكرة الدورية ذات المقياس الكبير في توزع المجرات ، وقد حفزت تلك المتاعب المتراكمة الفيزيائي الأميركي على تأليف كتاب على نحو استفزازي ومغضب عنوانه : « الانفجار العظيم لم يحدث أبداً » نُشر عام ١٩٩١ ، وبعد ذلك بعدة أشهر تم بواسطة (COBE) اكتشاف الأمواج الكونية الدقيقة (Ripples) ، وفجأة عادت نظرية الانفجار العظيم مرة أخرى إلى الواجهة وبثبات .

(٦-٣) ماذا تعني بضعة بلايين من السنين بين الأصدقاء ؟

أظهرت (COBE) أخيراً القياسات الغريبة الأساسية الحاسمة التي كانت بحاجة

إلـــيها لتفجير شرارة الانطلاق في تفسير نمو الكتل المجرّية ، و لم يكن مستغرباً أن يفتح الـــبعض قواريـــر (الشمبانيا) لهذا الانتصار ، كما لم يكن مستغرباً أيضاً أن تصرخ شـــبكات البريد الإلكتروني عندما حاول بعض العلماء الهائجين أن يحجبوا بعض تلك البيانات التقانية فالمفاتيح الأساسية قد تكون ضمن التفاصيل الدقيقة .

لقـــد جمعت (COBE) بياناتها بعد إجراء مقارنة لدرجات حرارة الإشعاع في مخـــتلف اتجاهات ومناطق الفضاء ، وبتحليل هذه البيانات تمكّن العلماء من استخراج خريطة بيّنت المناطق الساخنة والمناطق الباردة في السماء . إن سبب اختلافات درجات الحـــرارة هـــو ظاهرة الحيود نحو الأحمر الثقالي الذي يظهر عادة بسبب الثقالة المختلفة لكـــتل الغاز ، وهكذا فإن المناطق الباردة من السماء التي تشكلت من تجمعات عملاقة للمادة الأساسية تُمثل كابحات فعَّالة للزمن ، مما حدا بعلماء الكون سريعاً للإشارة إلى رقائق الموجات الدقيقة بمصطلح : « **تجعدات الزمن** » (wrinkles in time) .

كـــان جلياً منذ البداية أن مقدار اختلافات درجة الحرارة (وهو حوالي ثلاثين جزءاً من مليون جزء من الدرجة) كان بالمتوسط ثابتاً على مدى المجال الزاوي الكامل المســـموح (ويبلغ حوالي تسع درجات باتجاه الأعلى) وقد حمل هذا استحقاقاً هاماً ، حيـــث لم يكن هناك سلّم واضح بعد لقياس ولتقدير تلك الأمواج الدقيقة ومقارنتها ، فقد كانت الكبيرة منها والصغيرة تعامل على حد سواء . وقد أبهجت هذه الاستقلالية الســـلّمية لـــلموجات الدقـــيقة عدداً من واضعي النظريات لأنها ناسبت توقعاتهم تماماً ومنهجهم المخالف المفضَّل لنظرية الانفجار العظيم . من المسلَّم به في نموذج « الكون المتضـــخم » أنه بعد الانفجار العظيم مباشرة حدث تعطيل مؤقت وقصير لتأثير الكبح الـــثقالي العادي (راجع الشكل ٥-١) وأن الكون قفز بشكل مفاجئ وسريع بالحجم (تضـــخم) بمعدل هائل ، ويمكن أن يكون من نتائج هذا التضخُّم الخاطف ، التغلب على الشذوذات الأولية على كل سلالم الطول ، ثم ترك الكون بعد ذلك ليتمدد بهدوء محتفظاً بنقائه الأصلي . الأمواج الدقيقة التي التقطت من (COBE) غالباً ما تكون قد تولـــدت بعـــد التضخُّم ، ربما نتيجةً للتضخُّمات الكمومية ، وفي هذه الحالة يجب أن تكون خالية من أي سلَّمٍ طولٍ مفضَّل ، وهذا بالضبط ما وجدها عليه (COBE) .

عـــلى أن غياب سلَّم الطول كان يحمل معه استحقاقاً آخر يتعلق هذه المرة بعمر

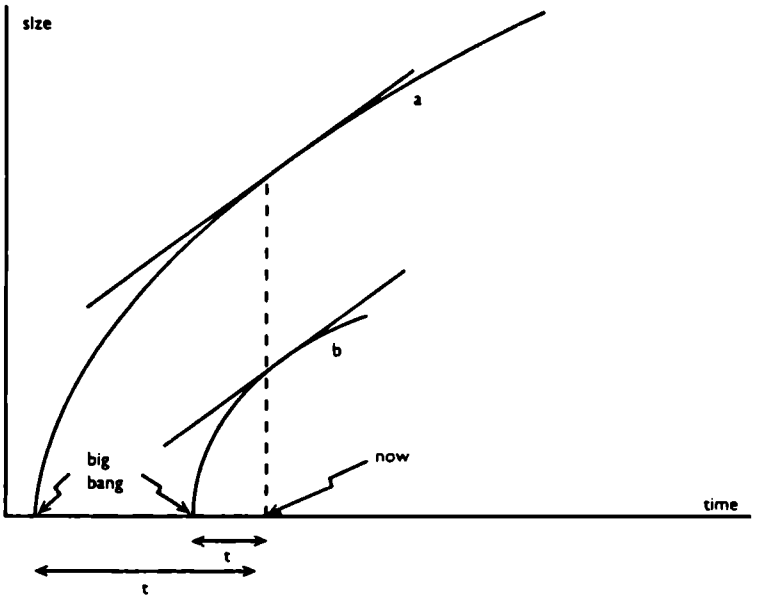
الكـــون وكانت الرسالة هذه المرة غير سارة . لقد بيَّنتُ في الفصل الخامس كيف أن معـــادلات (آينشتاين) الحقلية تنبأت عن العديد من النماذج الكونية الممكنة ، وأن عمـــل عـــالِم الكونيات هو محاولة استخدام الحقائق المشاهدة لاختيار النموذج الخاص الأمثل ، وأن النماذج المختلفة المعروضة تختلف في الآلية الدقيقة التي تمدد بها الكون منذ لحظة الانفجار العظيم الأولية والشكل (٥-١) يبين الاتجاه العام للتمدد والذي يوضح كـــيف ينمو حجم منطقة نموذجية من الكون مع الزمن ، لاحظ كيف أن المنحني يبدأ بشـــكل رأسي عند الزمن (صفر) متوافقاً مع البداية الانفجارية ، ثم يبدأ انحناؤه باتخاذ شـــكل منـــتظم وثابت عندما تبدأ الكابحات الثقالية بإبطاء عملية التمدد . إن معدل الـــتمدد في أيامنا هذه ، والمستنتج من بيانات الحيود نحو الأحمر ، هو أيضاً ميل المنحني عـــند الحقـــبة الحالـــية التي أشير إليها بكلمة " **الآن** " ، وأن عمر الكون هو المسافة الموجودة على محور الزمن من نقطة بدء المنحني وحتى كلمة " **الآن** " .

لـــتقدير عمـــر الكون يتعين عليك أن تحدد مقدارين : المعدل الحالي للتمدد ، ومقدار تأثير الكبح . ولمعرفة سبب احتياجك لهذين المقدارين انظر إلى الشكل (٦-٢) . يمـــثل المـــنحني (a) كوناً مكبوحاً بضعف ، بينما يمثل المنحني (b) قراءة أخرى لكون مكبوحٍ بقوة . لاحظ أن التباطؤ الزائد في (b) يتجلّى بالطريقة التي يتقوس فيها المنحني بشكل حادٍ أكثر .

مـــن أجـــل قيمة معينة للميل (أعني معدل التمدد) فإنه من الواضح أن المنحني (b) تنـــبأ بكون أصغر عمراً بكثير مما يتنبأ به المنحني (a) . يتم تحديد قوة الكبح بمقدار المـــادة الـــتي في الكون ، فكلما كان هناك مادة أكثر في الكون ، زاد جذبها الثقالي ، وبالـــتالي تـــباطأ معدل تمدد الكون ، وكما ذكرت آنفاً فإن كمية المادة الموجودة في الكون هي الجزء غير المعلوم من القضية . صحيح أن هناك كمية كبيرة من المادة المعتمة ، ولكن الفلكيين مازالوا عاجزين عن الاتفاق على مقدارها .

وكـــأن هذه المنحنيات تخفي بين ثناياها فصلاً من قصة صراع الجبابرة ، صراع بـــين قـــوة الـــثقالة التي تحاول جذب المجرات المتقهقرة واسترجاعها ، وبين قوة دفع الانفجـــار العظـــيم . تضـــعف قبضة الثقالة بزيادة المسافة ، وبالتالي فكلما ازداد تمدد الكـــون انخفضـــت القوة التي تكبح هذا التمدد ، من ناحية أخرى فإن معدل التمدد

يـــنخفض بصورة دائمة . إذا كان هناك مادة غير مرئية كافية في الكون (حوالي مائة ضعف من كمية المادة المرئية) فإن مجموع الجذب الثقالي المركب للمادة الكونية كلها سوف يوقف تمدد الكون في النهاية ويحوله إلى انهيار نحو الداخل . أما إذا كانت المادة أقـــل مـــن ذلك فإن التمدد هو الذي سيكسب المعركة ، وفي مرحلة ما سوف تحرر المجـــرات نفسَها من قيود الثقالة وتنطلق لتسبح بحرية تامة . في كلا الطريقين سيكون هـــناك « **لحظة حقيقة** » يتم عندها تحديد النهاية ، ففي حالة بدء الانهيار تكون لحظة الحقيقة هي اللحظة التي يصل فيها الكون إلى أقصى حجم له ، أما إذا استمر التمدد إلى الأبد فإن لحظة الحقيقة هي عندما تصبح قوى الكبح مهملة .



الشـــكل (٦-٢) : **كـــبح الكون** يقارن المنحنيان (a) و (b) بين سلوك نموذجين للكون ، الأول لكون ذو كثافة منخفضـــة للمادة والثاني لكون ذو كثافة عالية للمادة . النموذج (b) يتباطأ بشدة أكثر بسبب الثقالة الكبيرة . من أجـــل قيمة معينة معطاة لميل المنحني " الآن " (وهي قيمة معدل التمدد الحالي المعروفة من الدراسات) فإن الزمن t الذي انقضى منذ الانفجار العظيم حتى " الآن " يكون في (a) أكثر منه في (b) .

إن وجود « **لحظة حقيقة** » خاصة يقدم لنا زمناً مميزاً في وصف الكون هو زمن القرار ، ويرتبط مع هذا الزمن سلم طول متميز هو المسافة التي قطعها الضوء من لحظة حدوث الانفجار العظيم وحتى تلك الحقبة الخاصة . ولكن إذا كان للكون سلم طول

خاص نرتبط به فإن ذلك الطول يجب أن يشاهد في الموجات الدقيقة التي كشفت عنها (COBE) وذلك عند المجال الزاوي المحدد ، ولكن حتى الآن لم يشاهد مثل هذا السلم للطول فمازالت إذاً درجة الشذوذ أو عدم الانتظام هي نفسها في كل السلالم ، لماذا ؟

إجابة واحدة تطرح نفسها في الحال ، إن المشهدين الذين تم عرضهما (التمدد الحر - الانهيار ثانيةً) يندمجان مع بعضهما في **حالة حدِّية يضمحل فيها الجذب الثقالي بنفس القدر الذي يتلاشى به زخم التمدد** ، بعبارة أخرى فإن الصراع المذكور آنفاً متكافئ إلى حد ما . إذا كان الكون كذلك فإن المعركة لن تنتهي أبداً ، ومعنى ذلك أنه سوف يتمدد إلى الأبد ولكن بمعدل لا يتلاشى أبداً . هذا الحل الوسط كان هو النموذج الذي أيده (آينشتاين) تلقائياً بعد أن درس التمدد الكوني ويسمى اليوم : « كون آينشتاين- دوسيتر Einestine - de Sitter universe » . لأن المعركة لانهاية لها فإن النهاية مؤجلة بشكلٍ غير محدد وبالتالي فليس هناك سلم زمنٍ مميز أو سلم طول مميز في هذه النظرية . يتنبأ نموذج (آينشتاين- دوسيتر) بأن تغيرات نتائج (COBE) يجب أن تكون مستقلة عن أي سلم ، تماماً كما شوهدت . ولحسن الحظ فإن نموذج (آينشتاين- دوسيتر) مطلوب أيضاً في القراءة البسيطة لنظرية التضخم .

ولكننا الآن اصطدمنا بعقبة . إن أحد المشاكل التي يعاني منها نموذج (آينشتاين- دوسيتر) هي أنه يتضمن كبحاً أكبر بكثير مما يرغب الفلكيون أن يكون، ويتبع ذلك أن العمر المستنتج للكون يصبح قصيراً مرة ثانية ولدرجة غير مريحة ، فإذا أخذنا قيمة معقولة لمعدل تمدد الكون فإن الزمن الذي انقضى منذ حدوث الانفجار العظيم سوف يحوم حول عشرة بلايين سنة فقط ، ولكن كما سبق وأن ذكرت في الفصل الخامس فإن هناك بعض النجوم المعروفة التي لا تقل أعمارها عن أربعة عشر بليون سنة ، كما أن المشاهدات الحالية في الواقع تعطي أكبر من هذا الرقم ، حيث من المرجح أن تكون النجوم القريبة من مراكز المجرات الضخمة أكبر عمراً بحوالي بليونين من السنوات ، من تلك التي تكون في العناقيد الكرَّية (Globular Clusters) ، وترتفع أحياناً بعض أعمار النجوم المسجلة إلى سبعة عشر بليون سنة ، وهناك زعم من (كاليفورنيا) بأنه قد تم حديثاً اكتشاف نجم يبلغ عمره تسعة عشر بليون سنة . واضح أن هناك خطأ ما .

تبرز مشكلة عمر الكون من حقيقة أن معدل تمدده مرتفعٌ جداً : فكلما كان تمدد الكون أسرع ، كان ظهوره في حالته الانضغاطية عند الانفجار العظيم أكثر حداثةً . نحن نعلم أن معدل التمدد يعبَّر عنه بحاصل قسمة السرعة على المسافة ، وقد أعطى (هابل) نفسه القيمة ٥٤٠ كيلو متر في الثانية في الميغافرسخ « الفرسخ (Persac) هو وحدة فلكية للمسافة تساوي ٣,٢٦ سنة ضوئية » وهذا الرقم يعني أن مجرةً تبعد عنا بمقدار (١٠) ميغافرسخ تتقهقر بسرعة ٥٤٠٠ كم/ثا بينما مجرة أخرى تبعد عنا بمقدار مائة ميغافرسخ تتقهقر مبتعدة عنا بسرعة مقدارها ٥٤٠٠٠ كم/ثا ، وهكذا ... لنفترض جدلاً أن الأرقام التي حصل عليها (هابل) فيها خطأ ما ، فهناك أحد تلامذة (هابل) وهو تلميذ بارع مخلص ومتفاني في عمله (آلان سانداج) ، أمضى حياته في قياس معدل تمدد الكون وهو يعتبر برأي الكثيرين شيخ الفلكيين الأميركيين ووريث (هابل) الطبيعي ، وقد سجل لعدة سنوات القيمة (٥٠) كم/ثا بالفرسخ ، ولكن لسوء الحظ فقد كانت مجموعة أخرى من الفلكيين تعمل بقيادة (جيرارد دوفوكولير) وهو فرنسي المولد من جامعة (تكساس) في (أوستن) ، هذه المجموعة اعترضت على هذا الرقم بحدّة وأعطت رقماً بديلاً هو (١٠٠) كم/ثا بالفرسخ . الفرق هنا حاسم ، فإذا كانت (٥٠) هي الصحيحة فإن **عمر الكون حسب نموذج (آينشتاين- دوسيتر) الذي وضعه (آينشتاين) يبلغ ١٣ بليون سنة** ويمكن القول عندئذ أن الفلكيين ربما كانوا مخطئين قليلاً بتقديراتهم لأعمار أقدم النجوم وأن تلك الأعمار متلائمة وقريبة من العمر الذي حصلنا عليه ، ولكن إذا كانت (١٠٠) هي الصحيحة فهذا يعني أن عمر الكون يبلغ بالكاد ٦,٥ بليون سنة ، والتباين واضح كالشمس .

ظل الأمر مستغرباً حتى أظهر بعض الفلكيين المحدثين ميلاً نحو الأخذ بالقيمة المتوسطة بين قيمتي (سانداج) و (دوفوكلير) مفضِّلين ذلك عن الارتباط بأحد المعسكرين دون الآخر ، ولكن عدداً من تحاليل البيانات الحذرة توصلت إلى قيم تتراوح بين (٧٠) و (٨٠) ، وحتى هاتان القيمتان فإنهما لا تنسجمان بشكل مريح مع أعمار النجوم إذا افترضنا أن النموذج الذي وضعه (آينشتاين- دوسيتر) صحيحاً ، (من أجل القيمة (٨٠) يمكن أن يُراوح الكون حول ٨ بليون سنة أو أكثر بقليل) ، ومرة

أخـــرى يضـــغط علينا ذلك الاستنتاج السخيف بأن عمر الكون أقل من عمر بعض مكوّناته .

مـــاذا يعني هذا ؟ بعض علماء الكون زعموا بأن هذا يستدعي الشك في نظرية الانفجـــار العظـــيم برمتها ، ففشلها في مثل هذا الاختبار الحاسم كما يقولون هو أمر فاصل وسيُبقي الباب مفتوحاً أمام إعادة نظر شاملة وجذرية في علوم الكون الفيزيائية . بعـــد كل ذلك هل تلك الحيودات المتباينة نحو الأحمر حقيقية ؟ لربما كان زمن الكون مخـــتلفاً عـــن زمـــن الأرض كما اقترح (ميلين) فيما مضى ، هل يمكن أن لا يكون الانفجار العظيم قد حصل أبداً ، وأن الكون مغرق في القدم بشكل لانهائي ؟

هـــذه التســـاؤلات المتمردة يتبناها الأقلية من القوم على أية حال ، لأن معظم العـــلماء يُفضـــلون الانتظار حتى يتم التحقق من أحد الرقمين : معدل التمدد والعمر الـــزمني للنجوم ، بينما يرفض آخرون المشهد التسلسلي للتضخم[*] ويعتقدون أنه من المـــبكر جـــداً الاعتماد كثيراً على بيانات (COBE) حيث يريدون الانتظار حتى يتم تأكـــيد هـــذه المعلومات بمشاهدات من قاعدة أرضية للأمواج الدقيقة وعلى مقاييس زاويَّـــة أقل قبل أن يضعوا حكماً نهائياً . وبالرغم من كل ذلك فإن هناك جواً واضحاً مـــن عـــدم الارتياح يحيط بمعضلة عمر الكون ، وجليٌّ في الوقت نفسه أن العلماء لا يفضـــلون التفكير بأسلوب عشوائي أو عاطفي لتقليص الخمسة عشر إلى عشرة ، وقد عقَّـــب (آرب) و (هويل) وزملاؤهم مؤخراً على تناقض سلم الزمن قائلين : « لم يـــتم البحـــث في مشكلة الانفجار العظيم لسببٍ ما ، ولكن بلغة الأرقام يبدو أن هذه المشكلة أطلّت برأسها ثانية »[٢] .

على أن هناك طريقة محكمة للمحافظة على نظرية الانفجار العظيم التضخمية ، وتحقـــيق التـــناغم بـــين جميع الأرقام مع الأخذ ببيانات (COBE) ونحن مرتاحون ، بالإضـــافة إلى احتواء قيم ثابت (هابل) الأكثر إحراجاً ، **نعم يمكننا أن نصل إلى هذا الخليط الموفق الرائع بتحويل غلطة آينشتاين الكبرى إلى انتصار عظيم له .**

---

[*] استخدمتُ كلمة « المشهد التسلسلي » ليقابل Scenario وأرجو أن أكون قد وُفقت (المترجم) .

(٦-٤) مشكلة التنافر

« بعيداً مع المصطلحات الكونية .... »

(ألبرت آينشتاين)

لقد أوضحت في الفصل الخامس كيف ابتكر (آينشتاين) معادلاته الحقلية الرائعة عام ١٩١٥ ثم لطّخها بإضافة وسيط جديد لها هو الوسيط الكوني (Λ) ، وقد ندم على هذه الخطيئة بمرارة ، فقد انتُزعت منه أولاً فرصة التنبؤ بتمدد الكون ، ثانياً فقد فاحت من هذا الوسيط رائحة الخبث والغش والتضليل ، وبالفعل فقد أصبح (Λ) يُعرف باسم « **الوسيط المخادع لآينشتاين** » «Einestin's Fudge Factor» وهو أمر مجحف بحق نظرية بمنتهى الإحكام والترتيب وذات قوة مرعبة كنظرية النسبية ، كما أنه غير لائق برجلٍ بمثل هذه النزعات النقية .

بأخذ التلميح من الرجل العظيم نفسه ، اتجه العلماء بشكل عام نحو اعتبار (Λ) وكأنه يتميز بالتنافر مثله مثل القوة التي يمثلها ، ويعتبر ذلك من ناحية ردٌّ فعلٍ على تحول (آينشتاين) المثير ، ومن الناحية الأخرى نزعة داخلية لقطع دابره (الوسيط) فلماذا يضاف وسيط جديد إلى مجموعة من المعادلات كافية ووافية بالغرض ؟ لقد عمل ذلك على مضاعفة فرص الحصول على مزيد من النماذج الكونية وحجب تفسير المشاهدات الفلكية .

لقد كان هناك سبب آخر جعل العلماء يفضلون إعطاء قيمة الصفر للوسيط (Λ) . تحصر المشاهدات الكونية قيمة الوسيط (Λ) ضمن قيمٍ صغيرة جداً ، وكما شرحتُ في الفصل الخامس فإن القوة (Λ) واهنة وضعيفة إلى حدٍ كبير وضمن أي معيار ، ويوصف مقدارها بأنه أضعف من أضعف شيءٍ معروف حتى الآن . لقد حلم العديد من الفيزيائيين بأن القوى ذات الطبيعة المختلفة - قوى الثقالة ، القوى الكهرومغناطيسية ، والقوى النووية - سيتم ضمّها وجمعها يوماً ما في نظرية حقلية موحدة وشاملة على النحو الذي كان يبتغي (آينشتاين) أن يحققه بشكل بطولي في سنواته الأخيرة . كم يستعصي على المرء أن يتبين كيف يمكن لمثل هذه النظرية أن تتنبأ بوجود أحد القوى التي تكون أضعف بكثير من كل القوى الأخرى .

قـــدَّم (ستيفان هوكنج) مناقشة بديعة ضمن تلك السطور التي كتبها[٣] ، في كتابه « **الثابت الكوني** » (Cosmological Constant) . لكي ندرك مدى ضعف القوة (٨) ينبغي علينا أن نقارنها بقوة أخرى ، وقد تكون الطريقة الأنسب هي أن نعبر عـــن هذه القوة بدلالة المجال الذي تجعله تلك القوة محسوساً . وكما وضحنا فإن القوة (٨) تكـــون مهملة بالتأكيد على مسافات تقل عن بليون سنة ضوئية ، وكلما كانت القوة أضعف كان المجال الذي تتجلّى به هي نفسها أكبر ، فإن كانت القوة صفراً كان مجالها لانهائياً . يمكن للشخص أن يبحث في مجال القوى الكهرومغناطيسية وهي المألوفة بشـــكلٍ أكبر بالنسبة لنا ، ولكن الأشياء ستكون معكوسة هنا (بالمقلوب) « الظهر يكـــون واجهة » - Back to front - . كما أشرت للتو فإن هذه القوى غير عادية لأنهـــا تنمو بشكل أقوى مع المسافة بدلاً من أن تضعف ، وعلى النقيض من ذلك فإن القـــوى الكهرومغناطيسية تضعف مع المسافة ، لذلك فإن قياس مجالها هو المسافة التي تصبح بعدها مهملة .

لقـــد أظهرت المشاهدات الفلكية للحقول المغناطيسية للمجرات أن آثار القوى الكهرومغناطيســـية تمـــتد إلى مليون سنة ضوئية على الأقل ، ولكننا قليلاً ما نعرف ما يحـــدث عـــنـــد المســـافات الـــتي تـــزيـــد عن ذلك . من الممكن أن تتلاشى القوة الكهرومغناطيسية فجأة على مسافة ما ، ولنقل بليون سنة ضوئية من مصدرها ، ولكن غالباً لا يوجد فيزيائيين يعتقدون بذلك ، فهم يرون بأنه طالما أن المجال معلوم سلفاً أنه كـــبير ، فلابد أن يكون كثيراً بشكل لانهائي فعلاً بحيث يكون من الصعوبة بمكان أن نتخيل إمكانية دخول مسافة هائلة من رتبة بليون سنة ضوئية ضمن القوانين الأساسية للكهرومغناطيســـية . وبـــدلاً مـــن أن يســـلِّم الفيزيائـــيون ببساطة بأن مجال القوة الكهرومغناطيســـية هو شيء ما مجهول المقدار ولكن أكبر من مليون سنة ضوئية ، فقد فضلوا اللجوء إلى مبدأ التناظر الرياضي أو ما يسمى «gauge symmetry» « **تناظر القياس** » الذي **يثبِّت** المجال ليصبح لانهائياً فعلاً . هذا التناظر البديع موجود ومتضمن (كـــامن) أصلاً في المعادلات الكهرطيسية التي وضعها (ماكسويل) وهو يعمل على جعـــل علـــوم الكهرومغناطيسية بسيطة وسلسلة . قارن الآن بين حالة ووضع نظرية الكهرومغناطيسية ونظرية التنافر الكوني . من المعروف أن مجال القوة (٨) يفوق بكثير

المليون سنة ضوئية ، فإذا تم اتباع نفس المحاكمة الواردة أعلاه فإنه ينبغي علينا أن نبرهن بأن هذا المجال يجب أن يكون لانهائياً ، كما أن علينا أن نبحث عن مبدأ عميق للتناظر الرياضي (ينسجم مع تناظر القياس الكهرومغناطيسي) حيث يقودنا ذلك بشكل ذاتي إلى تثبيت (٨) لتكون صفراً بالضبط . في الواقع لم يستطع أحد حتى الآن الكشف عن طبيعة هذا التناظر .

هـــناك مناقشـــة أخرى للقيمة الصفرية المضبوطة للقوة (٨) تنطلق من دراسة النظريات التي تحاول توحيد القوى الكهرومغناطيسية والقوى النووية ، وعلى الرغم من أن تلـــك القوى لا تتضمن أي صلة مباشرة مع الثقالة إلا أن كافة النظريات التوحيدية تقريـــباً (الـــتي تحـــاول توحيد القوى) تتضمن عمليات فيزيائية تحاكي القوة (٨) . وبعـــبارة أخـــرى فـــإن قوى مثل القوة الكونية تظهر على أنها ناتج ثانوي لا مفر منه للقـــوى الأخـــرى في الطبيعة . المزعج أن مقدار هذا **الناتج الثانوي** (by-product) مذهل للغاية فعلاً ، فهو أكبر بـــ $١٠^{١٢٠}$ مرة من القيمة التي توقعها علماء الكونيات ! فإذا وجدت مثل هذه القوة وبهذه الشدة الهائلة فإن باستطاعتها أن تفجر الكون بأسره وتحوله إلى أجزاء متناثرة في أقل من ميكروثانية(*) .

إن وجود القوة الكونية العظمة ضمن تلك **النظريات الموحَّدة (التوحيدية)**(**) يعتـــبر إحراجاً عنيفاً بل هو مأزق خطير . من أحد الاقتراحات التي يمكن أن تفضي بنا لـــلخروج من هذا المأزق هو الافتراض بأن العديد من العمليات الفيزيائية تعمل لتوليد قـــوى من النموذج (٨) ولكن بعض تلك العمليات تولد مجموعة من القوى (٨) بقيم ســـالبة ، ومن الممكن عند ذلك تخيل أن المجموع الموجب يلغي المجموع السالب تماماً لكـــي نصل إلى القيمة الصافية التي ستكون صفراً بالضبط . هذا الطراز من الاختزال التام معروف ويحدث كثيراً في الفيزياء .

على سبيل المثال ، فإن هناك تناظر أساسي عميق في طبيعة الشحنات الكهربائية: فمن أجل أي شحنة موجبة في الكون ، هناك شحنة سالبة تعادلها ، فليس من الصعب إذاً أن نعـــتقد بأن تناظراً من هذا النوع ينطبق على (٨) يكمن مختبئاً بين ثنايا القوانين

(*) سبحان الله الذي أمره بين الكاف والنون (المترجم) .

(**) وتسمى أحياناً النظريات الشاملة أو نظرية كل شيء (المترجم) .

الأساسية للكون ، ولكن الأمر الذي يصعب ابتلاعه على أية حال هو وجود احتمال للافتراض بأن يكون حاصل الإلغاء بين القيم الموجبة والسالبة للقوى تقريبياً وليس تاماً بالضبط ، بحيث يتبقى لدينا مقدار موجب صغير . حسابياً الأمر يقتضي أن تتعادل الحدود الموجبة مع الحدود السالبة بأمانة وسلاسة مذهلين حتى ١٠[١١٩] ولكنها ستخفق بالتعادل تماماً ، ولابد من ظهور تباين طفيف ولو من رتبة جزء من ١٠[١٢٠] جزء . هل بمقدورنا حقاً أن نصدق بأن الطبيعة يمكن أن تقوم بذلك ؟

ناضل الفيزيائيون النظريون من خلال أفكار مختلفة ضمن محاولاتهم القضاء على القوة (٨) . إحداها هي أن نعامل (٨) كما لو أنها تصف نوعاً من الحقول مستقل بذاته **وبقانون التحريك** Dynamics الخاص به . إن تطبيق الميكانيك الكمومي على ذلك الحقل أفضى إلى الاستنتاج بأن غالبية القيم المحتملة هي فعلاً قريبة جداً من الصفر.

على الرغم مما توحي به تلك الحسابات والمناقشات المختلفة فإنها لم تحظى بالترحيب في العالم ، ومازال الفيزيائيون يضعون « **مشكلة الثابت الكوني** » على رأس قائمة الأسرار العلمية المعلقة . ولكن لماذا هي معضلة ؟ لأن معظم الفيزيائيين لا يفضلون أن يكون مثل هذا الثابت موجوداً ولكنهم يفتقرون إلى الحجة العلمية المقنعة لجعل (٨) تبلغ تمام الصفر ، وفي غياب حجة قاطعة بأن (٨) يجب أن تبلغ الصفر فإننا بالتأكيد لا نستطيع أن نستبعد وجود هذا الوسيط الكوني . لقد أشار الفيزيائي وعالم الكونيات الأميركي (ستيفن واينبرغ) بأن لدى الطبيعة نزعة لتجلب إلى الواقع كل تلك الأشياء التي لا تكون ممنوعة أو محظورة وبشكل محدد تماماً بموجب مبدأ التناظر أو بموجب أي قانون آخر . ويصرّ (ستيفن) قائلاً : « ليس هناك أبداً أي سبب لكي لا تتضمن معادلات (آينشتاين) الحقلية هذا الثابت الكوني »[٤] .

(٦-٥) الكون المتواني (المتلكئ) Loitering

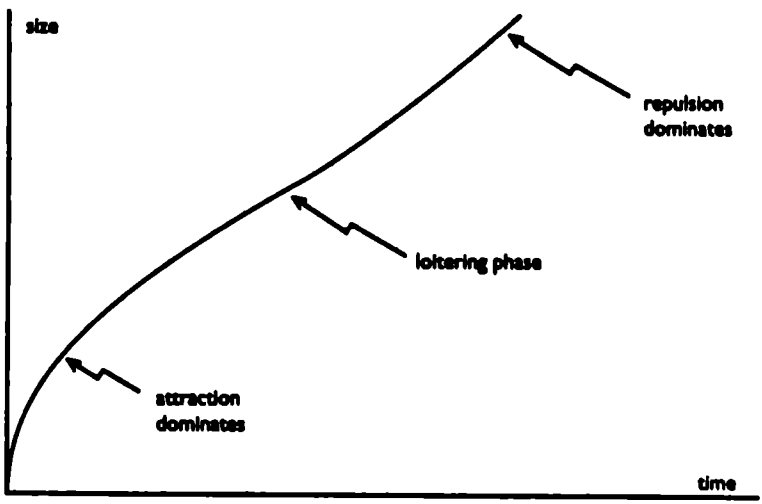
لم يستخفّ كل العلماء الكونيين بالثابت الكوني ، وقد كان (أدينجتون) أحد الذين رحبوا به ، وقد اقترح مع زميله (جورج لاميتير) نموذجاً للكون الناشئ بالانفجار العظيم متضمناً القوة (٨) . إن وجود الوسيط الكوني لا يشكل فعلياً أي فرق في المرحلة المبكرة من انضغاط الكون ، لأن القوة (٨) ضعيفة جداً ضمن

المسافات القصيرة ، ولكن عندما يبدأ الكون بالتمدد فإن قوى التنافر تبدأ بالاشتداد ، ويكـــون لهذا كل التأثير في مقاومة الجذب العادي للثقالة . وبالضبط كما تعمل الثقالة العادية مثل كابحٍ للتمدد فإن القوة (٨) تعمل تقريباً وكأنها مسرِّعةً له (للتمدد) مجبرةً الكون على التمدد بشكل أسرع . يسيطر في البداية التأثير الكابح ، مما يؤدي كالمعتاد إلى تـــباطؤ معدل التمدد ، ولكن بتوسع الكون ونموِّه أكثر فأكثر فإن المنافسة بين تلك القـــوى المتعاكســـة تقترب من التعادل ، وفعلاً فإن العملية تصل في النهاية إلى مرحلة تتعادل بها تلك القوى ، ويتردد الكون عند ذلك ويصبح في حيرة من أمره : هل يسرع أم يبطـــئ ؟ النتـــيجة هي أنه سيشرع في " **الهبوط** " Coast ، أعني أنه سيتمدد ولكن بمعـــدل منـــتظم تقريباً ، على أن مرحلة " **التلكؤ** " هذه لا يمكن أن تستمر بشكل لا حـــدود له ، حيث أن التمدد المستمر سيعطي الأفضلية في النهاية لقوى التنافر، وببطء ولكن بالتأكيد سيبدأ الكون ثانيةً بالتسارع في تمدده مع اشتداد قوة (٨) التي لا تنفكُ عـــن التزايد طوال الوقت . لذلك فإن ما يحصل في الوضعية التي تسود قرب الانفجار العظـــيم يحصل هنا ولكن بشكل معكوس ، حيث تبدأ قوى الجذب الثقالي بالتلاشي لتـــترك الكـــون تحـــت سيطرة قوى التنافر . نتيجة لهذا الانتصار الحاسم فإن الكون سيستمر بالتمدد إلى الأبد متوسعاً وبخطىً متسارعة أكثر فأكثر .

يمثل الرسم البياني المبين على الشكل (٦-٣) السلوك العام لنموذج (أدينجتون - لاميـــتير) والـــذي ينبغي أن يغاير السلوك المألوف لنموذج (آينشتاين- دوسيتر) التقلـــيدي المبين على الشكل (٥-١) . بتتبع المنحني من اليسار نرى كيف ينمو الكون بـــالحجم عبر ذلك ، ثم يبدأ المنحني بالتقوس نحو اليمين وينتهي بالتقوس نحو اليسار ، وفـــيما بينهما يوجد مقطع مستقيم تقريباً يمثل مرحلة التلكؤ . تعتمد مدة هذه المرحلة عـــلى القيمة المختارة لـــ (٨) ولكننا يمكن أن نتدبر الأمر لتكون تلك الفترة بالطول الذي نريده إذا انتبهنا لقيمة (٨) المختارة .

إن الـــتموج الممـــيز في المنحني المرسوم في الشكل (٦-٣) يمسك بالمفتاح الذي يوصـــلنا إلى النموذج المنشود ، ويكمن هنا أيضاً حل لمشكلة سلَّم الزمن ، وهذا واضح في الشـــكل (٦-٤) حيث تم تمثيل حالة مبالغ بها . لقد تم توليف الثابت الكوني ليتطابق تقريباً مع الجذب الثقالي إلى حد كبير من الدقة معطياً مرحلة طويلة من التلكؤ تسود فيها

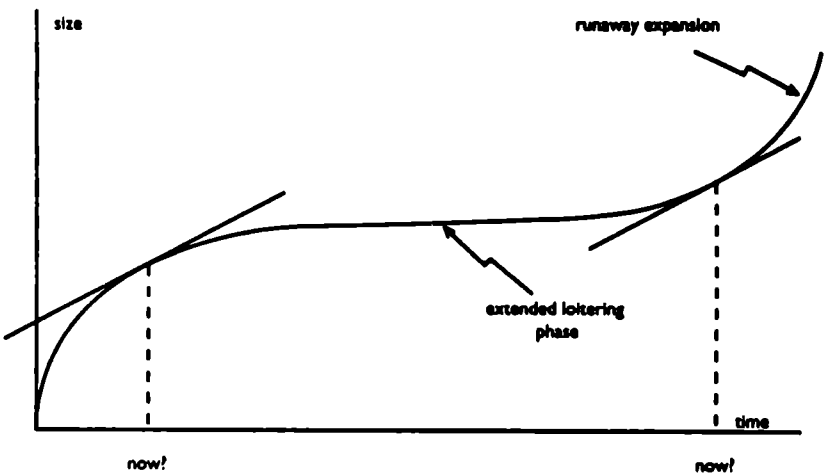
حالة تدنو من نموذج (آينشتاين) الأصلي للكون الساكن – (Static - Universe) – وتكـــون هذه المرحلة متوضعةً بين فترتي التمدد المتباطئ والتمدد المتسارع . يتضح من مجرد لمحة أن خطاً ذو ميل مفروض يمكن أن يناسب موقعين ممكنين على المنحني المرسوم في الشـــكل (٦-٤) بخـــلاف مـــا هو موجود في حالة نموذج (آينشتاين– دوستير) التقليدي . كما أن من الواضح أيضاً أن الزمن الذي انقضى منذ الانفجار العظيم يكون أكـــبر بكثير في الوضعية التي يكون فيها الخط المائل نحو اليمين من الوضعية التي يكون فـــيها الخط المائل نحو اليسار ، فإذا افترضنا فترة كافية بالطول للتلكؤ فإن عمر الكون يمكن أن يمتد بلا حدود .



الشكل (٦-٣) : تلكؤ الكون يتضمن هذا النموذج المقترح من قِبَل (أدينجتون) و (لاميتير) تأثير وسيط التنافر الكـــوني ، حيـــث ينخفض معدل تباطؤ الكون ، وبعد مرحلة من التمدد الحر تقريباً (التلكؤ) ينطلق ثانيةً بتمدد متسارع .

على أية حال ، فإن من الضروري أن يتفق الرسم البياني مع المشاهدات الفلكية. أثناء مرحلة التلكؤ يتمدد الكون قليلاً ، وبترجمة ذلك إلى الحيودات نحو الأحمر فإن هذا يستلزم تجمع القيم في المنطقة المتوسطة . في الستينات ألمح المسح الفلكي لأشباه النجوم فعـــلاً إلى مـــثل هذا التجمع ولكن بيانات أفضل ألغت هذا الأثر . الأكثر خطورة أن مشـــاهدات نادرة لبعض الأمثلة التي تعمل فيها بعض أشباه النجوم البعيدة كعدسات

ثقالية لمجرات قريبة يمكن أن تستخدم لوضع حدود صارمة لكيفية تلكؤ الكون حالياً . تشير نتائج تلك الدراسات إلى أن أي تلكؤ ينبغي أن يكون قد حدث في حقبة مبكرة جـــداً عندما كانت قوة (Λ) مازالت ضعيفة جداً ، ولكن بما أن التلكؤ يحتاج إلى تنافر وتجـــاذب متعادلين فإن القوة الجاذبة للثقالة العادية يجب أن تكون ضعيفة أيضاً - أعني أنـــه كان يجب أن يكون هناك قليل من المادة في الكون - وأضعف كثيراً في الواقع مما تقدمـــه المشاهدات ، لذلك فإنه من غير المحتمل أن يكون كوننا قد أمضى وقتاً أساسياً وكبيراً في تلكؤه .



الشكل (٦-٤) : عندما يصل الجذب الثقالي والتنافر الكوني إلى مرحلة التعادل يتلكأ الكون ويُمضي فترة أطول في هـــذه المرحلة من الهبوط ، وأن مراقباً يقيس معدلاً ما لتمدد الكون (ميل المنحني) يمكن أن يكون موجوداً في أحد حقبتين مما يقود إلى اختلاف كبير في تقدير عمر الكون في المكانين !!.

مـــع ذلك فإن وجود الثابت الكوني سيبقى دائماً يعمل على زيادة عمر الكون بمقـــدار ما فوق العمر الذي يتنبأ به أي نموذج يعتبر قيمة (Λ) صفراً . يكون ذلك مع الأخذ أو دون الأخذ بوجود مرحلة تلكؤ مميزة في الماضي بسبب وجود نزعة التسارع. السبب يمكن إدراكه بسهولة ، فحتى يصل الكون إلى حجمه ومعدل تمدده الحاليين فإنه ينـــبغي عليه أن يتمدد بسرعة أكبر في الماضي لكي يتغلب على تأثير الكبح ، فإذا كان الكـــبح قلـــيلاً فإن الكون يمكن أن يصل إلى وضعيته الحالية بتمدد أقل سرعةً . ولكن معدل أبطأ للتمدد في الماضي يقتضي أن يكون الكون موجوداً لمدة أطول .

مـــاذا حول (COBE) ؟ إن الثابت الكوني يعمل بفعالية وكفاءة كشكل آخر للمادة المعتمة التي تتمم كتلة الكون . لاشك في أن هناك بعض المادة المعتمة «العادية» تنتشـــر أيضـــاً بعيداً هناك ، ولكن لم يعد من الضروري بعد الآن الافتراض بأن نسبة ٩٠ بالمائة من المادة الكونية تتواجد بشكل غير مرئي وغير معروف . من الممكن تماماً الافـــتراض بأن المحتويات الإجمالية للمادة تبلغ مثلاً (١٠) بالمائة فقط من حجم الكون حســـب نموذج (آينشتاين- دوسيتر) التقليدي ، وإذا اعتبرنا أن قيمة ثابت (هابل) هـــي حوالي (٨٠) ، فإننا لازلنا نحصل في هذه الحالة على عمر للكون يبلغ حوالي ١٦ بليون سنة .

الفلكـــي (جورج إفستاثيو) من (أكسفورد) وهو أحد المؤيدين والمتحمسين لـــنموذج (أدينجتون – لاميتير) ، يعتقد أن هذا النموذج يحل بمنتهى البراعة جملة من المحـــيرات الكونـــية وهو يظن أنه أصبح من الممكن توظيفه - على وجه الخصوص - بتفســـير نمو البنية الكونية على المقياس الصغير والكبير على حد سواء ، بوجود مقدار محدود فقط ومتواضع من المادة المعتمة . في اجتماع الجمعية الفلكية البريطانية في لندن عـــام ١٩٩٣ قدَّم (إفستاثيو) نتائج مفصلة للمشاهدات التي تم تسجيلها من مراصد أرضية ومن محطات أقمار اصطناعية وطابقهم على نموذج في الحاسب الإلكتروني لنمو تجمعـــات كونية بمختلف أنواع ونسب المادة المعتمة ، وقد أوضح بمهارة كيف يمكن جعـــل جمـــيع الـــنماذج التي تدخل فيها القوة (٨) تتناسب وتتلاءم مع كل البيانات وبشكل محكم .

عـــلى الـــرغم من أن الوسيط الكوني ظل يمثل أبرع طريقة في حل مشكلة عمر الكـــون إلا أنـــه من السابق لأوانه أن نؤكد بنعم أو لا صريحة لهذا المفهوم . على أن الجواب لن يطول كثيراً حتى يأتي . في عام ١٩٩٠ توصل كلٌّ من (إدورين تيرنر) من جامعـــة (برينستون) وفريق من الفلكيين اليابانيين ، وبشكل مستقل عن بعضهما إلى ابتكار طريقة جديدة لقياس (٨) باستخدام العدسة الثقالية لأشباه النجوم اعتماداً على المفهـــوم التالي . لأن الكون سيكون أقدم (أكبر عمراً) بوجود الوسيط الكوني ؛ فإن الضوء القادم من أشباه النجوم البعيدة سيسافر مسافة أطول وبالتالي فسوف يكون لديه فرصـــة أكبر للمرور بجوار مجرة معترضة وإحداث عدسة ثقالية معها ، لذلك فإنه يمكن

إحصـــاء عـــدد حوادث العدسات الثقالية في السماء وتوظيفه لاستنتاج الحد الأقصى لقـــيمة (٨) . إن مراهـــنتي على ما يستحق المراهنة ، حيث سوف تُظهِر المشاهدات الفلكـــية في الـــنهاية وجود الوسيط الكوني ، وسيكون ذلك بمثابة سخرية بارزة : من دراســـة حلقـــات (آينشتاين) التي لم يكن هو نفسه يتخيّل يوماً أنه يمكن مشاهدتها أمكـــن للفلكـــيين أن يبينوا أن **غلطة (آينشتاين) الكبرى كانت في الحقيقة أعظم انتصار له** .

في عام ١٩٩٤ أُعلنت نتائج جديدة مثيرة من تلسكوب (هابل) الفضائي وقد أعطـــت هـــذه النتائج تقديراً لقيمة ثابت (هابل) بلغ حوالي (٨٠) وقد قدَّر بعض المعلقـــين عمـــراً للكـــون بلغ حوالي (٨) بليون سنة فقط . لقد باتت الاختلافات في الأعمار النجمية بينةً وصارخة ، وقد شق تناقض العمر الكوني طريقه عائداً مرة أخرى إلى جـــدول الأعمـــال العـــلمي . وبينما بدأ بعض علماء الكون بالتساؤل عن مشهد الانفجـــار العظـــيم النظامي ، اقترح (باري مودور) أحد أعضاء فريق (هابل) أن الوســـيط الكوني يمكن أن يشهد عودة أخرى ، فأخبر مجمع (بوسطن) قائلاً : « لقد امتلك (آينشتاين) الجواب بين يديه عندما صاغ النسبية العامة للمرة الأولى » .

مكتبة
t.me/soramnqraa

الفصل السابع

الزمـن الكمومـي

« قال (آينشتاين) أنه إذا كان الميكانيك الكمومي صحيحاً فسيكون العالم مجنوناً . حسناً ، لقد كان (آينشتاين) مصيباً . إن العالم مجنون » .

(دانييل جرينبرغر)

(٧-١) الزمن إلى النفق

يستطيع الحاسب الآلي في جامعة (أديلاد) من طراز CM5 ذو الألف وأربع وعشرون عقدة (Node) أن ينجز ٥٩,٦٧ جيجافلوب : (gigaflops flat out) ، وهو أسرع بكثير من سرعة تفكير الدماغ الإنساني ، ومع ذلك فإن هذا الحاسوب لن يكون قادراً على تأليف قطعة موسيقية يتفوق بها على (موتزارت) ، أو أن يقع في الحب ، أو حتى أن يدرك أنه سريع جداً في الحسابات ، ولكنه يستطيع بالتأكيد أن ينجز الحسابات بسرعة مذهلة .

عندما ننظر إلى الحاسوب بشكل مجرد ومن حيث الهيكل العام ، نجد أنه عبارة عن شبكة ذات أعداد هائلة من القواطع والأسلاك مهيأة بطريقة تجعلها تقوم بإنجاز عمليات بسيطة ولكنها كثيرة جداً بسرعة خاطفة . فهناك **نبضات كهربائية بالغة الدقة تسري في دارات غير مرئية تنقل المعلومات بشكل مسعور** ، كما أن هناك أنماطاً معقدة من الفعاليات الكهربائية تنسج نفسها داخل مكوِّنات الحاسب عن طريق أعداد لا تحصى من القواطع الصغيرة التي تفتح وتغلق بمنتهى الدقة والطاعة منصاعةً لقواعد منطقية صارمة .

في سعيهم الحثيث للوصول إلى طاقة حسابية أكبر وأكبر ، دأب العلماء دائماً وأبداً على صنع دارات وقواطع أسرع وهم بذلك يزدادون تحولاً من الإلكترونات إلى الفوتونات (أي استخدام الضوء بدلاً من الكهرباء) من أجل الحصول على سرعات

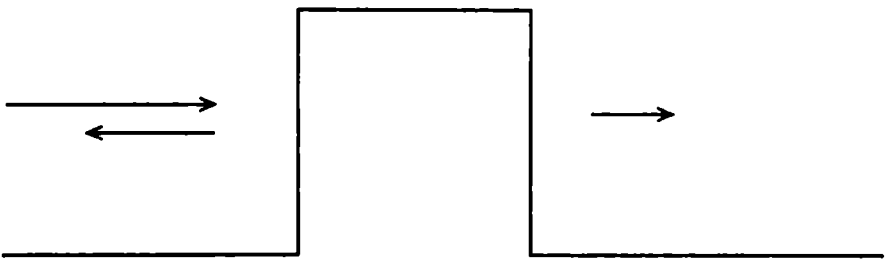
أعـــلى ، ولكنهم عاجلاً أم آجلاً سيصطدمون بالحواجز النهائية الأساسية التي وضعتها الطبيعة للسرعة حيث أن زمن (آينشتاين) يمنع أي إشارة من اجتياز مجموعة الدارات بسرعة تفوق سرعة الضوء ، وهكذا فمن أجل حاسب آليٍ تبلغ أبعاده متراً واحداً على سبيل المثال يكون هناك حاجز حدي يبلغ (٣) نانو ثانية لسرعة الإشارة التي تنتقل عبر هذا الجهاز ، ولتجاوز هذه العقبة صنع علماء الحواسيب أجزاءها من قطع أصغر ، إلا أنهـــم اصـــطدموا بعـــد ذلـــك بحاجـــز أساسي آخر : الفيزياء الكمومي ، حيث أن الإلكترونات والفوتونات المنفصلة في جهاز الحاسوب تخضع لمبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنـــبرغ) والذي يقدم تشويشاً يتعذر إغفاله على كافة المفاهيم الخاصة بالسرعة والمعدل والزمن .

لإدراك الطبيعة الشائكة لهذه المشاكل ندرس أحد أكثر الظواهر الكمومية غرابة وإثارة للعجب ، وهي تظهر بكثرة في الأجهزة الإلكترونية العملية ، وتسمى (**ظاهرة النفق**) (Tunnel effect) . لنتصور أننا نقذف حجراً صغيراً برفق نحو زجاج نافذة ، فما نتوقعه أن يرتد الحجر ثانية ويسقط ، ولنفترض الآن أنه بدلاً من أن يتراجع الحجر عن النافذة فإنه اخترقها ونفذ من الوجه الآخر تاركاً الزجاج ســـليماً دون أن يمســـه أذىً !! أي شـــخص ســـيرى أن الحجـــر قـــد اخترق زجاج النافذة دون أن يكسره ســـيعتقد أن معجزة ما قد حدثت . إن هذه المعجزة الخاصة تتكرر باستمرار في العالم دون الـــذري الـــذي تســـود فيه القواعد الكمومية التي تتحدى مفاهيم المنطق العام (Common Sense) .

على المستوى الذري يقوم جسيم كمومي - مثل الإلكترون أو الفوتون - بلعب دور الحجـــر . أما زجاج النافذة فيمكن أن يكون نوعاً من الحاجز الرقيق كرقاقة من مـــادة ما مثلاً أو حتى حقلاً لقوة غير مرئية فحسب . الجسيم الكمومي الذي يصلُ إلى مـــثل هـــذا الحاجز لا يكون لديه الاندفاع الكافي لاختراقه ، ولكننا غالباً ما نجده قد أصـــبح على الجانب الآخر منه مما يؤكد بشكل قاطع أنه قام بشق نفقٍ لنفسه عبر هذا الحاجز (انظر الشكل ٧-١) .

يقدم مبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنبرج) تفسيراً للغز النفق ، فكما أسلفنا في الفصل الثالث فإن طاقة الجسيم الكمومي لا يمكن قياسها بدقة تامة في لحظة محددة

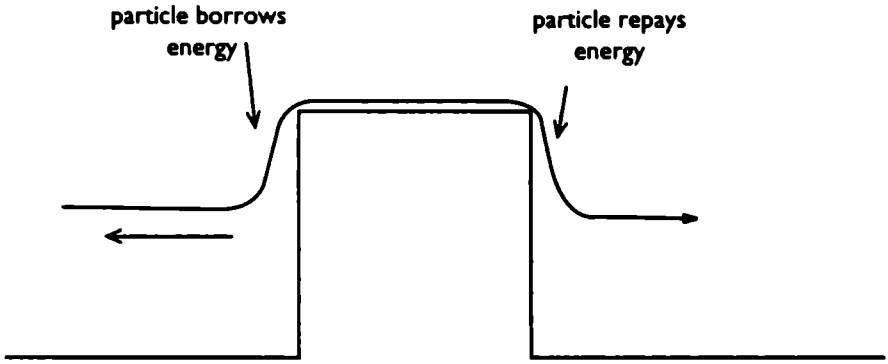
تماماً . هذا ونستطيع المبادلة بين الارتياب في الطاقة والارتياب في الزمن حيث لا يمكن أبداً إزالة عدم التعيين (إسقاط الارتياب) عن كلا المقدارين بآن واحد ، فالطبيعة سوف تمنعنا من معرفة كل شيء عن الجسيم الكمومي مرة واحدة .



الشكل (٧-١) : شق نفق عبر حاجز : تصطدم حزمة من الجسيمات الكمومية القادمة من اليسار بالحاجز ، فيرتد بعضها على عقبيه ، ولكن البعض الآخر يبرز فجأة كالسحر (وكأنه خُلق من جديد) على الوجه الآخر من الحاجز ويكمل سيره للأمام .

هناك طريقة تقريبية ولكنها سوف تساعدنا على تفهم هذا الخليط المشوش من الطاقة والزمن ، وهي أن الجسيم قادر على تغيير طاقته بفعل سحري (ضمن مجال محدد ومرسوم له تماماً) لفترة قصيرة جداً . في الواقع ، إن طاقة الجسيم يمكن أن تتغير بشكل قفزات آنية فجائية ضمن الحدود التي يرسمها مبدأ الارتياب ، ويقال أحياناً أن الجسيم يستطيع أن « **يقترض** » **الطاقة** ويعيدها ثانيةً ليقوم بتلك القفزات الفجائية المؤقتة . النقطة التي يجب الإشارة إليها هي أنه **كلما قصرت مدة القرض زادت كمية الطاقة التي يسمح باقتراضها ، فالإلكترون على سبيل المثال يستطيع اقتراض مقدار كبير من الطاقة لمدة قصيرة جداً ، أو اقتراض مقدار صغير منها لمدة أطول .**

لتوضيح ظاهرة النفق باستخدام الارتياب المتبادل بين **الطاقة/الزمن** نفترض أنه قد سمح للجسيم **باقتراض بعض الطاقة** من أجل اختراق الحاجز وبفضل هذه الإعانة يستطيع الجسيم التقدم دون عوائق بنفس الطريقة التي ترتفع بها العربات المعلقة في المنتزهات الجبلية (التلفريك) عندما تصل إلى أعلى الجبل وتسعى لتجاوز قمته ، انظر الشكل (٧-٢) .



الشـــكل (٧-٢) : اقـــتراض الطاقة : حسب التفسير الفضفاض لمبدأ الارتياب الذي وضعه (هايزنبرغ) يمكن للجســـيم الكمومـــي أن « يقترض » الطاقة فيساعده ذلك على اجتياز الحاجز . هذا ويجب إعادة الطاقة المقترضة (تسديده) فوراً عند الوصول إلى الجانب الآخر من الحاجز . هذا المثال يساعد على فهمٍ أفضل لظاهرة النفق .

هـــناك عقبة كأداء تواجه الجسيم الكمومي الذي أصبح يعيش في مستوى عالٍ على طاقة مقترضة بشكل كامل وصارم ، **فإذا لم يستطع الجسيم أن يصل إلى الجانب الآخـــر مـــن الحاجز بالسرعة الكافية وقبل أن تنقضي مدة استحقاق القرض فإنه ســـيكون مجبراً على العودة من حيث أتى** ، ومثل هذه الجسيمات تنكص على عقبيها مبـــتعدة عن الحاجز بعد لأن تكون قد اخترقته لمسافة قصيرة . على الرغم من أن المدة القصوى للقرض محدَّدة بالقانون فإن ترتيبات معينة لكل جسيم على حدة تكون مقدَّرة بـــنوع مـــن العشـــوائية والحظ هي التي تحدد مقدار القرض ، ويمكن أن يكون مقدار القرض قاصراً لبعض الجسيمات عن تلبية حاجتها لاجتياز الحاجز ، وبالتالي فإن العملية إحصـــائية بشـــكل أساســـي في جوهرها ، ومن غير الممكن أن نعرف سلفاً مَن منها ســـينجح في ذلك ، ومَن منها سيعود أدراجه خائباً ، على أن جزءاً من نتيجة السباق يعـــود إلى سماكة الحاجز فكلما كان الحاجز سميكاً ، كان عدد الجسيمات التي تتمكن من اختراقه أقل ، أي كان عدد الجسيمات التي ترتد عنه أكثر .

عـــندما تم اكتشاف ظاهرة النفق لأول مرة قبل بضعة عقود مضت ، كان هناك ســـؤال أساسي واضح : كم تستغرق الجسيمات من الوقت لكي تعبر الحاجز ؟ لعلك تتصـــور أن وجود الحاجز يمكن أن يبطئ من حركة الجسيمات . وسيكون ذلك خبراً

غـــير سار لمن يقوم بالحسابات ذات السرعة العالية . بالتأكيد ، إذا قذفت الجسيمات الكمومـــية من موقعها الأصلي بطاقة عالية أصلاً تكفي للتغلب على الحاجز واجتيازه دون الحاجة إلى قرض « هايزنبرج » ، فإنها ستبطئ فعلاً ، ولكن الجسيمات الكمومية عـــندما تعـــبر الحاجز بآلية شق النفق الموصوفة مستعينة بقرض ضخم من الطاقة فإن المناقشة البسيطة تفشل ولكن تحظى تلك الإجابة عن السؤال على الموافقة . وفي الحقيقة فإن هناك سبب مقنع يدعونا للاعتقاد بأن الحاجز يملك خاصية جعل الجسيمات تجتازه بشـــكل أســـرع ، ففي نهاية الأمر يكون على كل جسيم دَيْن ينبغي عليه أن يسدده ، وأن المـــدة القصوى لتسديد القرض تكون ثابتة ومحددة بشكل مستقل تماماً عن سماكة الحاجـــز ، وبالتالي فمن أجل الحواجز العريضة ينبغي على الجسيمات أن تتحرك لتعبر هذا الحاجز السميك بسرعة أكبر لكي تصل إلى الجانب الآخر في الزمن المحدد لتسديد القـــرض ، وعلى هذا المنوال فإنه إذا كان الحاجز ذا سماكة كافية فقد يكون لزاماً على الجســـيمات أن تســـير بسرعة تفوق سرعة الضوء لكي تعبر الحاجز في الزمن المحدد ، ولكن هذه إمكانية خادعة لأنه لسوء الحظ فإن نسبة الجسيمات التي تخترق هذا النوع الســـميك من الحواجز تكون قليلة للغاية ، وعندما تصبح المسألة للاهتمام فحسب فإن عدد الجسيمات التي تشق النفق لنفسها هنا يتضاءل تماماً ليصبح شبه معدوم .

ومهمـــا يكـــن مـــن أمر فيبدو أنه يجب أن يكون بمقدورنا تحديد كم يستغرق الجســـيم من الزمن كي يشق لنفسه نفقاً في الحاجز حتى ولو كان ذلك يتضمن الكثير مـــن الحالات الشاذة . تقدم لنا الكتب الخاصة بالميكانيك الكمومي أجوبة مختلفة عن هـــذا الموضوع . بعض المؤلفين يعتبرون أنها عملية لحظية حيث يختفي الجسيم ببساطة عن أحد وجهي الحاجز ليظهر بنفس اللحظة عند الوجه الآخر ، بينما يعتقد آخرون أن هـــذا الـــزمن غـــير محـــدد ولن يكون بمقدورنا معرفته البتة . إلا أن علماء الحواسب يســـتطيعون بالتأكـــيد تحديد مدى سرعة إنجاز الحسابات في أجهزتهم ، وهذه مسألة عملية يمكن مشاهدتها . مقدار كبير من المال يعتمد كسبه على الانتصار على الحواجز الكمومية التي تواجهنا .

(٧-٢) الغلاَّية المراقبة

هناك آثار ومظاهر أخرى تتجلى في عمليات كمومية عديدة ، فعندما يتم إثارة

أو تهيـيج ذرة مـا فإن الإلكترون الذري يقفز إلى سوية طاقة أعلى ويبقى هناك لفترة محددة قبل أن يسقط عائـداً مرة أخرى إلى **وضعيته الأرضية** (ground state) معيداً الطاقة التي كان قد اكتسبها أثناء تهيج الذرة . تدعى العملية التي يخسر فيها الإلكترون طاقته أثناء رحلـة العـودة إلى وضعيته الأرضية عمليـة (**تلاشي الطاقة** decay of energy) ، هذه الطاقة الزائدة التي يتخلص منها الإلكترون في عملية التلاشي غالباً ما تظهر على شكل فوتون يهاجر بعيداً عن الذرة ، فإذا تمكنا من الكشف عن طاقة هذا الفوتون وقياسها فإننا نستطيع أن نستنتج الفروق في الطاقة بين السوّيات المختلفة للذرة .

تختلف الفترة التي يقضيها الإلكترون للبقاء في وضعية التهيج من حالة إلى أخرى ولكـن تقديراً تقريبياً لذلك يمكن أن يتم باستخدام حساب الميكانيك الكمومي حيث أن المظهـر الأساسي للفيزياء الكمومية يتمثل في عدم التعيين ودليل ذلك أنه لا يمكننا التنـبؤ بسلوك الجمل المنفصلة الدقيق لكلٍ على حدة . صحيح أن النظريات يمكن أن توصلنا إلى إعطاء معدل لعمر الإلكترون في وضعية التهيج (فترة بقائه فيها) ولكنها لا يمكن أن تعطينا فكرة دقيقة عن الزمن الذي يستغرقه تلاشي الطاقة في حالة محددة لذرة معيـنة . هـذا التشوش الجوهري في المعلومات الدقيقة يمنعنا من إعطاء إجابة واضحة وذات معـنى للسؤال الواضح الصريح التالي : كم يستغرق الإلكترون من الزمن لكي يقفـز من سوية إلى أخرى ؟ **حاول ما استطعت ، فإنك لن تستطيع أبداً أن ترصد الإلكترون في وضعية القفز أو أن ترصده وهو يحوم في وسط الطريق بين السويات .** هـناك احتمال واحد مؤكد ومعروف تماماً هو أن الإلكترون وبعد زمنٍ معين سوف يعود أدراجه إلى وضعيته الأرضية بعد أن تكون طاقته الزائدة قد تلاشت ضمن زمن ما غير محدد سلفاً . ببساطة شديدة ، لن يكون بمقدورنا الإفادة بأكثر من ذلك .

[هـذا غير منطقي لأنه يوقف نزعة الشك العقلانية لدينا . لماذا لا نراقب الذرة باستمرار مزودين بساعة إيقاف مخبرية نشغّلها عند بدء عملية تلاشي الطاقة ؟] .

عظيم جداً ، إنها فكرة جيدة ، فالتقانيات وجدت أصلاً للقيام بمهمات قريبة من ذلـك ، فقد أصبح بالإمكان حالياً احتجاز الذرات وإبطاؤها وتخزينها لفترات طويلة باسـتخدام الحقـول الكهرومغناطيسية ثم تتبعها بأشعة الليزر ، ولكن لسوء الحظ فإنه

حتى تلك الحِيَل البارعة لا تستطيع أن تهزم أو تخترق حاجز الدخان الذي وضعه (هايزنبرغ) . لن نستطيع أبداً أن نستكشف الذرة أثناء عملية تلاشي طاقتها . ما يحدث في الواقع هو أنك إذا راقبت الذرة عن قرب وباستمرار فإن فعل المراقبة نفسه يتدخل في عملية تلاشي الطاقة ويؤدي إلى جمود الذرة وتسمُّرها في الوضع الذي هي عليه (أي أنها تثبت في وضعية التهيج) ، وقد سميت هذه الظاهرة : « **ظاهرة الغلاَّية المراقبة** » لأنها تعيد إلى الذاكرة المثل الشعبي القائل : « **إن الغلاَّية التي تُراقب لا تغلي أبداً** » . هذا ولا يمكن التخلص من مفعول الغلاَّية المراقبة أبداً ، فلرصد أي جملة كمومية ينبغي عليك أن تتفاعل معها بطريقة ما وهذا التفاعل سوف يؤدي إلى إرباك العملية التي تكون تحت الاستكشاف أو المراقبة ، فإذا ما رفَّت عينك عن مراقبة الذرة للحظة واحدة فإن القفزة تأخذك على حين غرَّة وتتم في غفلةٍ منك ، وهكذا تتلاشى طاقة الذرة في غمضة عين وتتركك مع غيظك وحنقك .

[ولكن هل أنت متأكد بأن تلاشي طاقة الذرة يحدث فعلاً في لحظة محددة عندما كنت غافلاً عنها ؟ أنا لا أقتنع بأن سلوك الذرات المهيجة غير مؤكد بهذا الشكل ، بل إنه يجب أن يكون هناك لحظة محددة تأتي بعد فترة من التردد والتحفز ، فمتى يحزم الإلكترون أمره ويبدأ بالقفز ؟ إنه زمن لحظي خاطف ، ذلك الزمن الذي يغادر به الإلكترون سوية الطاقة التي تَهيج إليها ليبدأ رحلة العودة إلى الوضعية الأرضية ، وهذه الرحلة يجب أن تستغرق هي نفسها مقداراً محدداً من الزمن أيضاً . إنه لمن دواعي الإحباط أن يقف الإنسان عاجزاً عن مراقبة هذه العملية أثناء حدوثها ، ومع ذلك فمن الصعب اعتبار هذا العجز ضمن صلب الموضوع] .

لسنا وحدنا في هذا الموقف الحرج ، فإن مبدأ (هايزنبرغ) في الارتياب يقف حائلاً دون أي نظام من الأجهزة ، بل دون أي مراقب أيضاً بحيث لا يمكن لأيٍ منهما أن يحدد لحظة ومدة تلاشي الطاقة ، إنه قيد أساسي وخطر مقصود على معلومة جوهرية من قوانين الطبيعة ، وليس مجرد أحد أنواع فشل الإنسان . فكلما اخترعت جهازاً أعقد لن يكون بمقدورك أبداً أن تختطف اللحظة الحاسمة التي تتلاشى فيها طاقة الذرة . لقد أمضى (آينشتاين) وقتاً طويلاً حاول فيه أن يحلم ويحلم بإيجاد طريقة

لذلك ؛ ثم استسلم أخيراً بأنه لا أمل في إنجاز هذه المهمة وتحقيق ذلك الحلم .

[هـل تعـني إذاً ، أن الذرة لا تتلاشى في زمن خاص ؟ أم أنها تفعل ذلك ولكن لا يمكننا أبداً أن نحدد متى يتم ذلك ؟] .

في الفـيزياء الكمومـي يجب أن تكون واضحاً عما يجري قياسه أو مراقبته وأن تثبـت عـلى ذلك ، فأنت لا تستطيع التحدث كثيراً عن الأشياء التي لا تُشاهد . في مسألة الزمن لدينا إرباك مزدوج لأننا في الحقيقة لا نقيس أبداً الزمن كما نقيس الأشياء الأخـرى بمنطق موضوعي ، فنحن لا نضع عدداً للمدة ونقارنها بشكل رمزي بكائن آخـر عـياري منفصـل - « الزمن » - يُكشّر عن أنيابه الخفية في وجه أي فعالية مدروسـة . فـإن كنـت تريد قياس الزمن فعليك أن تحدد نوع الساعة التي ستقوم باسـتخدامها للقـيام بالقـياس ثم تقوم بعد ذلك بمراقبتها ، وإن أي ساعة هي جسم فـيزيائي يتغير مع مرور الزمن ، فنحن إذاً نقيس الزمن بمراقبة تغير الموقع المكاني لأحد مكونات الساعة وهي عقارب الثواني والدقائق والساعات .

وعـندما نقول أن : « الأرض تستغرق أربعاً وعشرين ساعة لتدور مرة واحدة حـول نفسها » فإننا نعني في الواقع أنه : « إذا أشار عقرب الساعات إلى الثانية عشرة عـندما تتخذ الأرض موقعاً محدداً بالنسبة للشمس ، فإن هذا العقرب سيشير إلى الثانية عشرة مرتين عندما تكمل الأرض دورها حول الشمس وتعود إلى موقعها الأصلي » .

[حسناً ، إذاً لنصمم ساعة بحيث تتوقف في اللحظة التي تتلاشى فيها طاقة الذرة] .

لسـوء الحظ ، أن الطبيعة تفوقنا حيلةً ودهاءً وبراعة أحياناً ، فليس هناك شيء مـثل هذا حتى الآن : ساعة كمومية ذات دقة تامة . جميع الساعات الفعلية المستخدمة مصـنوعة مـن مادة حقيقية فهي تعاني من نفس الارتياب ، نفس التشوش والغموض الكمومـي ، مثلها مثل أي مادة أخرى . وعندما تُجري دمجاً بين ساعة كمومية تعاني مـن التشـوش وذرة مهـيجة تعاني من التشوش أيضاً فإنك ستحصل بالتأكيد على معلومات لها (على الأقل) نفس الدرجة من التشوش والغموض كما هي حال الأشياء ، وسـيبقى الوضع على حاله حيث مازلت لا تستطيع الجزم بلحظة تلاشي طاقة الذرة

ولـــن يكون بمقدورك أبداً تحديد الزمن الذي استغرقته تلك العملية . يبدو أن الطبيعة لديها نظام رقابة مسبقة خفية وصارمة تمنعنا دوماً وأبداً من أن نعرف بدقة متى تحددت الأشياء مهما احتوت برامجنا من محاولات الالتفاف والمراوغة .

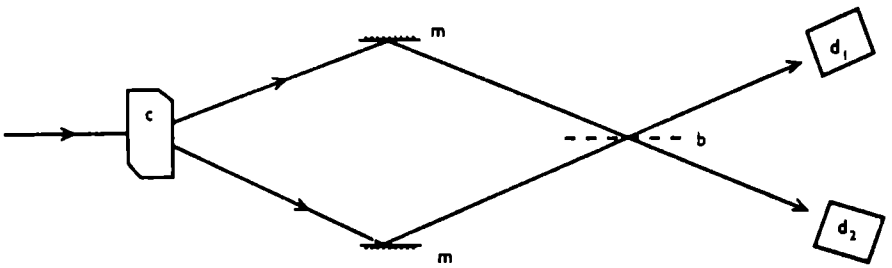
(٧-٣) محو الماضي

« حتى الآلهة لا تستطيع تغيير الماضي » .

(آجاثون)

تُفضي بنا التجارب التي تتم ضمن محاولات تحديد اللحظة الحاسمة التي تقوم فيها جملـــة كموميـــة بحزم أمرها لفعل ما إلى نتائج مدهشة ومحرجة بآن واحد ، ومن تلك التجارب ما يطلق عليه اســـم « **المحاة الكمومية** » (quantum eraser) وقد حلم الفيزيائي (مارلان سكالي) بتحقيق هذه التجربة التي صممت لتتيح الفرصة للمجرب لتغـــيير رأيـــه حول ما ينبغي وما لا ينبغي مراقبته من الجملة الكمومية حتى بعد أن يتم وقـــوع الحـــدث !! يبين الشكل (٧-٣) أحد الأشكال الممكنة لمجموعة محو كمومية تكون فيها الجسيمات الكمومية عبارة عن فوتونات متولدة بالليزر . الخطوة الأولى هي أن حـــزمة اللـــيزر تصدم قطعة بللورية خاصة (c) تقوم بتحويل كل فوتون قادم إلى فوتونـــين أضـــعف منه ، وتبرز هذه الأزواج التوائم من الفوتونات من الجانب الآخر للقطعة البللورية متخذةً مسارين مختلفين ، وباستخدام مرآتين (m) يتم إعادة توجيههما ليجتمعا مرة أخرى على طبق شبه شفاف (b) يدعى **مجزئ الحزمة** (beam-splitter) وهو أداة تخضع الفوتوناتُ فيها **لمفعول النفـــق** (Tunnel effect) فيكون مقراً لها أن تخـــترقه أو تـــرتد عنه ضمن احتمال نسبته (٥٠-٥٠) ، أي أن مجزئ الحزمة سيمرر نصـــف الفوتونـــات ويرد النصف الآخر على أعقابه ، ويمكن أن يتم تدبر أمر هندسة التجربة بحيث تصل توائم الفوتونات إلى مجزئ الحزمة (b) بنفس الوقت . هذا الوصول المتزامن يؤدي إلى وقوع المجرب في حيرة حول مصيرها ، فعلى الرغم من أننا لا نعرف ســـلفاً أي الفوتونـــات ســـتنفذ عبر المجزئ وأيها سترتد عنه (**بسبب مبدأ اللاحتمية الكمومـــي** quantum indeterminism) ، إلا أن التجارب دلّت على أنه إذا نفذ الفوتون السفلي فإن توأمه العلوي سوف يرتد حتماً ، والعكس صحيح ، وفي أي من

الحالـــتين فإن الفوتونين التوأمين الذين سيبرزان بعد اجتماعهما يتحركان مع بعضهما عـــبر المســـار المشـــترك الـــنهائي نفسه ، ويكون كلاً من المسارين العلوي والسفلي الموضـــحين على الشكل متساويان في الاحتمال ، والكاشفان (d_2) , (d_1) ينتظران في نهاية كل مسار ليدلان على استقبال كل حالة على حدة .



الشكل (٧-٣) : هل هناك حقائق مضاعفة ؟ تثبت هذه التجربة التي أجريت في جامعة كاليفورنيا في (بيركلي) بأن الفوتونات تتمتع بقدرات خارقة . الفوتون الليزري القادم من اليسار يتحول إلى توأمين متشابهين من الفوتونات بواسطة القطعة البللورية (c) ، ولدى انعكاس هذين التوأمين على المرآتين (m) يجتمعان ثانيةً على مجزئ الحزمة (b) الـــذي يقوم بدوره بتمرير أو رد هذه التوائم بنسبة احتمال متساوية ، ويسجل الكشافان (d_2) و (d_1) النتائج التي نحصل عليها . إذا كانت مسارات كل توأمين ذات أطوال متساوية فإن كليهما سيذهبان إلى نفس الكاشف ، أي أنه إذا تم وصولهما إلى نفس الكاشف . هذا التآزر السحري بين التوائم يمكن أن يدل على وجود نوع من التشابك والتراكـــب ومـــن ثم التداخل والخلط بين حقيقتين مختلفتين تتعايشان مع بعضهما هنا ، لأن المجرب لا يعرف أي التوأمين سلك أي المسارين ؟

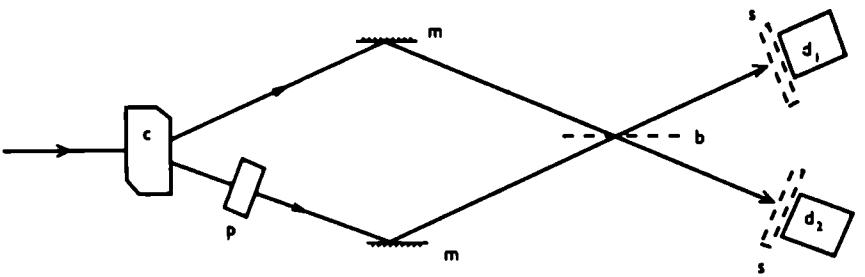
إن الســـبب الأساســـي الذي يجعل كلاً من الفوتونين التوأمين ينتهيان دوماً إلى نفـــس الكاشف (العلوي أو السفلي) يكمن في حقيقة أنه في هذا التشكيل الموصوف للتجربة لا يستطيع المجرب أن يعرف أي توأم سيتخذ أي مسار ، فمن الممكن أن يكون الفوتـــون (١) قـــد اتخذ لنفسه المسار العلوي ، والفوتون (٢) هو الذي سلك المسار الســـفلي ، أو العكس ، ففي هذا التشكيل إذاً لا يمكن للتجربة أن تدل على المسارات الفعلـــية المـــتخذة من قبل كل توأم . واعتماداً على القواعد والقوانين الغريبة للفيزياء الكمومي **فإن هذا القصور في المعلومات حول المسارات يفضي بنا إلى عالم انفصامي يتعايش فيه كل من الاحتمالين المتغايرين في صورة من صور الحقيقة الهجينة** ، أي أنه عـــندما لا يكون بمقدورنا معرفة أي توأم سيسلك أي طريق فينبغي علينا أن نقبل كما لـــو أن العالم قائم على حقيقتين تتواجدان معاً في نوع من أنواع التراكب السحري أو

الـــروحي أو صـــورة من صور التشابك الطيفي . هذه ليست طريقة لتصور المسارات القدريـــة التي يمكن التنبؤ بها ولكنها تقودنا فعلاً إلى آثار حقيقية فيزيائية . وعلى سبيل المـــثال فإننا نستطيع فعلاً أن نصرح بأن كلا الاحتمالين : « الفوتون (١) يتخذ المسار العلـــوي والفوتـــون (٢) يســـلك المسار السفلي » ، أو « الفوتون (١) يتخذ المسار الســـفلي والفوتون (٢) يسلك المسار العلوي » يساهمان أو يشاركان في صنع النتيجة النهائية ، لأن تلك البدائل التي تتمثل كالأشباح تضاف إلى بعضها البعض لتعطي نتائج مخـــتلفةً عـــن كـــل احتمال أصلي على حدة ، وهي عملية تعرف باسم « **التداخل الكمومـــي** » (Quantum Interference) . في مثالنا الحالي فإن هـــذا التداخل في المســـارات المحتملة هو الذي أدى إلى الانسجام النهائي في النتيجة الأخيرة موجهاً كلاً من التوأمين إلى نفس الكاشف .

يتجلّى التداخل الكمومي كنتيجة أساسية للطبيعة الموجية للضوء ، وينبغي عليه أن ينســـجم مع حقيقة أن الموجات التي تصل متوافقة من حيث قممها ووديانها سوف تتضافر مع بعضها بينما نجد أن الموجات التي تصل على اختلاف أو تعاكس في قممها ووديانهـــا تتفانى وتعدم بعضها بعضاً (وقد تطرقت إلى شرح ذلك بإيجاز أثناء عرضي لتجربة ميكلسون ومورلي في الفصل الثاني) .

يكـــون الـــتداخل هنا بين الموجات المرتبطة بحقيقة محتملة واحدة لدى جمعها مع الموجـــات المرتـــبطة بالاحتمال الآخر ، وبالتالي فإن التراكب الآخر في موجات « العالم الـــبديل » يمكـــن إظهاره ببساطة وبطريقة مقنعة بزيادة طول أحد المسارين تدريجياً حتى تصـــل الموجات المرتبطة مع الحقيقة المحتملة على غير توافق نهائياً (على تعاكس كامل) مـــع الموجـــات المرتـــبطة بالاحتمال الآخر ، وفي هذه الحالة يؤدي التداخل إلى إعدام الموجـــات كلـــياً مما يعني في تجربتنا أن الفوتونين التوأمين سيذهبان إلى كاشفين مختلفين فـــنراهما يصدران شرارتين في نفس اللحظة إيذاناً بوصول التوأمين إلى كلٍ منهما بشكل متزامن . إن زيادة طفيفة أخرى في طول المسار ستجعل الموجات متفقة في الصفحة مرة أخـــرى فتذهـــب التوائم الفوتونية إلى نفس الكاشف ثانيةً . عندما نطيل أحد المسارات تدريجـــياً بهـــذه الطريقة فإن التجارب تعطينا سلاسل من القمم والوديان مميزة لنموذج التداخل من أجل كل إنقداح متزامن للكاشفين (صدور شرارة بشكل متزامن عنهما).

إن الادعاء بوجود مؤامرة سحرية لنصف الحقائق المحتملة تقود إلى تآزر فوتونين يمكـــن أن يُجـــزم أو يُـــنفى بتعديل التجربة بشكلٍ **يتم فيه وسم (دمغ) الفوتونات** بطـــريقة ما لتحديد مساراتها الفعلية ، ويمكن الوصول إلى ذلك بإضافة أداة بسيطة في طريق المسار السفلي تجعل الفوتون يلتف بزاوية قائمة (أي يغير استقطابه بزاوية تعادل ٩٠°) ، وذلك كما في الشكل (٧-٤) ، وبذلك حددنا هويةً نستطيع بها التعرف على الفوتـــون الـــذي يســـلك المسار السفلي ، ويصبح المجرد قادراً على التمييز تماماً أي الفوتونـــين سلك أي طريق ، وعندما يتسنى لنا ذلك فإن توائم الفوتونات لا تلبث أن تنـــتهي إلى نفـــس الكاشف بشكل ثابت ودون تغيير بدل أن يسلك كلاً منها طريقاً مســـتقلاً ، كما أن بإمكانهما أن تقدحان في وقت متزامن كلا الكاشفين عندما يكون لمساريهما الطول نفسه .



الشكل (٧-٤) : هل هو تغيير للماضي ؟ تم تعديل التشكيل المبين بالشكل رقم (٧-٣) بإضافة أداة (P) تعترض الحزمة السفلية ، وهي مصممة بحيث تسم (تدفع) الفوتون الذي يعبرها بعلامة ما (تغير من زاوية استقطابه مثلاً) ممـــا يجعلنا نتمكن من معرفة الفوتون الذي سلك ذلك المسار ، وبالتالي فإن تآمر الطبيعة الذي ظهر في الشكل (٧-٣) قد تحطم حيث أن الفوتونات أصبحت تعمل بشكل مستقل ، ويمكنها أن تقدح الكاشفين بآن واحد . هذا ويمكن أن نضـــع مســـتقطبات معاكسة (s) بشكل اختياري أمام كل كاشف لكي تمحو العلامات الفعالة التي استخدمت لوسم الفوتونات آنفاً ، وعندما يتم لنا ذلك فإن الحقيقة الأصلية الهجينة يتم تخزينها ثانية لدى كلا الفوتونين الذين يذهبان إلى نفس الكاشف حتى ولو تمت عملية المحو بعد أن يكون الفوتونان قد اجتازا أصلاً جملتنا الإبصارية .

تقـــدم هـــذه التجربة مثالاً واضحاً على **مثنوية جسيم/موجة** التي شرحتها في الفصـــل الثالـــث ، ففي غياب المعلومات عن المسار فإن الضوء الليزري يسلك سلوك الموجة مولداً بذلك التداخل ، وعندما يتم إجراء أي تعديلٍ يسمح بتحديد المسار يختفي الـــتداخل ويتصرف الضوء كما لو كان مؤلفاً من جسيمات يتخذ فيه كل توأم أحد

المسارين الخاصين العلوي أو السفلي .

والمذهـــل هنا هو أنه ليس من الضروري في الواقع أن يستمر المجرب برصد جهة استقطاب الفوتونات (لكي يحدد من هويتها المسارات التي سلكتها) عن طريق متابعة ســـلوك الكاشف الذي يخضع للمراقبة ، بل أن مجرد التهديد بالحصول على مثل هذه المعلومـــات كاف لتحطيم التراكب الهندسي السحري للحقائق الشبحية الهجينة ، إن معرفتنا الكامنة للنظام الكمومي وليس معرفتنا الفعلية هي التي تساعد على اتخاذ القرار بالنتائج .

إن المظهـــر العجيـــب والمرعب لتجربة (سكالي) التي نفذها الفريق المتخصص بالبصـــريات الكمومـــية مـــن جامعة كاليفورنيا في (بيرلي) ، يتجلّى في أن التهديد بالحصول على معلومات عن المسارات يمكن أن يتم التراجع عنه لاحقاً ، ولتحقيق ذلك يمكن إضافة **معـــدِّلات استقطاب** (polarization twisters) ووضعها أمام كاشفات الفوتونات (الشكل ٧-٤) بطريقة تخلط أو تذيب اتجاهات الاستقطاب وتجعلها غير قابلـــة للتمييز (وكأنها تمسح المعلومات) وبالتالي فإنها تعيد تكريس عدم القدرة على تمـــيز مسارات الفوتونات ، وعندما نبلغ ذلك فإنه يتم الاستعاضة عن الحالة الوضعية الأصلية بتداخل موجي واضح يلاحظ مرة أخرى . إن المظهر المحيِّر عقلياً لهذه التجربة يـــبرز في أن الـــتراجع يحدث بعد أن تكون الفوتونات قد اجتازت الجملة البصرية !! **وكـــأن الفوتون هنا يعرف « سلفاً » أن المستقطبات الإضافية لمحو المعلومات تكون واقفـــة بانـــتظاره فـــيغير من سلوكه عمداً تبعاً لذلك** . إن قرار إدخال المستقطبات الإضافية يكون مطبقاً أو نافذاً ، فهو يعمل على تحديد طبيعة الحقيقة التي سادت ، أي فيما لو كانت الحالة ضمن الجملة البصرية بشكل يتخذ فيه كل فوتون مساراً محدداً هو العلوي أو السفلي ، أم أن كلا الاحتمالين قد تعايشا بشكلٍ متراكب .

[هـــذا أمـــر لا يصدق !! هل تعني أن المحاة الكمومية تستطيع أن تمحو الماضي ؟ لقد ظننت أن زمن (آينشتاين) يستبعد العودة إلى الوراء] .

صـــحيح أن مثل هذه التجارب تؤكد أسوأ مخاوف (آينشتاين) ، ولكن على الرغم من أن تصرفات المجرب تساعد في تحديد طبيعة الحقيقة الكمومية في الماضي ، فإن الـــتجربة لا يمكـــن أن تســـتخدم في الواقع لإرسال معلومات إلى الماضي وهي النقطة

الحاسمة في **موضوع السببية** : (Causality) . إنه في الحقيقة ذلك الارتياب المتأصل في الميكانيك الكمومي (الذي كرهه آينشتاين و لم يؤمن به يوماً) هو الذي تدخل بإعجاز فائق سحري لإنقاذ زمن (آينشتاين) . ولأن المجرِّب لا يعرف سلفاً أي كاشف سيقدح (فيما عدا معرفته بأن ذلك سيتم باحتمال نسبته تساوي ٥٠-٥٠) فإنه لا يملك التحكم بتفاصيل ما سيحدث للفوتونات الواحد تلو الآخر ، وأن أي محاولة لتشفير رسالة لإرسالها إلى الماضي من الزمن يمكن أن تتحول إلى صفحة بيضاء .

[ما زلت تجعل المسألة تبدو وكأن الكائن الإنساني يستطيع أن يكون قادراً على لعب دورٍ في تشكيل حقيقة الزمن الماضي . ماذا كان يمكن أن يحدث لو أن التجربة كانت بكاملها تتم ذاتياً (أوتوماتيكياً) ؟] .

لقد اقترح فريق (بيرلي) ذلك وكانت فكرتهم تعتمد على استبدال كل ممحاة استقطاب بنوع آخر من مجزئ الحزمة الذي يوجه الفوتونات ذات الاستقطابات المختلفة إلى كشافين ثانويين مختلفين علوي وسفلي ، وبعد ذلك يتم تفحص أي الفوتونات ذهبت إلى أي الكواشف الثانوية ، وعن طريق معرفة ذلك يتم ذاتياً الحصول على معلومات حول المسارات التي اتخذها الفوتونات على الترتيب . من ناحية أخرى فإنه إذا تم دمج البيانات القادمة من كلا الكشافين الثانويين مع بعضهما فإن المعلومات المطلوبة سوف تحجب . يمكن تخزين المعلومات الخارجة من الكشافين ضمن حاسب آلي ويمكن أن يتم تحليلها بتؤدة وتمعن في مرحلة لاحقة ، ويمكن للعالِم بعد ذلك الاختيار في لحظة هوى (**نزوة**) ، فإما أن يتفحص البيانات المدمجة التي تكون فيها معلومة أي المسارات مخبأة بأمان ، أو أن يتجاهلها ، ويكون عند ذلك ملزماً بتتبع أي الفوتونات سلكت أي المسارات متتبعاً كل حالة لوحدها . تقدم النظرية الكمومية تنبؤاً محدداً عن النتيجة . إن البيانات المدمجة لا تُظهر أي صعود أو هبوط في نموذج التداخل في الأهداب اللحظية لكلا الكاشفين لأن مساراً واحداً هو الذي أصبح طويلاً . ولكن إذا اختار المجرب أن يفصل البيانات بالاستناد إلى الكاشفين الثانويين فإن نموذج التداخل يكون عندئذ واضحاً . وبعبارة أخرى فإن المظهر المميز لنموذج التداخل الذي تحدثه الفوتونات « التي تتخذ كلا المسارين » يكون مختفياً وراء البيانات الكاملة التي تصف الفوتونات التي تتخذ مساراً واحداً ، وعندما يتفحص المجرب بيانات الحاسب

بعـــد أن تنـــتهي التجربة بمدة طويلة يكون له فرصة الاختيار ، فإما أن ينظر ويرى أي مســـارٍ اتخذت الفوتونات ، أو أن يتجاهل هذه المعلومة « ويرصد » أي يعيد بناء عالمٍ جديد يشترك فيه كلا المساران .

[لقـــد اختلطت الأمور ، أخبرني بدقة متى قرر كل فوتون أن يسلك أحد المسارين ؟ أو لنقل كلا المسارين ؟ متى عبر أثناء سيره لفّاف الاستقطاب(*)؟ أم أنه لم يعبره ؟ متى يصل إلى مجزئ الحزمة ، متى يواجه سلالم الاستقطاب ، أو الكواشف ؟ ومتى يقرر أحدنا كيف يرتب المعلومات في الحاسب ؟] .

هـــذه التســـاؤلات ليس لها إجابات ، إن فكرة الحس العام عن وجود حقيقة موضـــوعية « هـــناك في الخارج في كل الأوقات » هي فكرة مخادعة ، فعندما تتورط الحقـــيقة والمعرفة في شرك فإنه يستعصي علينا الإجابة على سؤال : متى يصبح شيء ما حقيقياً ، بشكل حازم .

[ولكـــن بالتأكيد أن فعل لف الفوتون المستقطب يحمل معه شيئاً ما يجعله يقرر أيٍ من احتمالات الحقيقة يُفضِّل (يُؤثِر)] .

كـــلا ، ليس الأمر كذلك ، ليس من الضروري في الواقع أن نعترض خط سير الفوتون لتحديد مساره . شيء لا يصدق أن يكون من الممكن الحصول على معلومات حول مسار الفوتون دون عمل أي شيء للفوتون المعني المراقب .

(٧-٤) إشارات الأشباح والجسيمات الخارقة للطبيعة

« كلنا يعلم ما هو الضوء ، ولكن يستعصي علينا شرح ما هو . »

(صمويل جونسون)

بـــدلاً مـــن وسم الفوتونات بفتل استقطابي لتمييزها كما أوضحنا في التشكيل الموضـــوف آنفـــاً ، فقد تم استخدام طريقة أخرى في تجربة أجريت حديثاً في جامعة

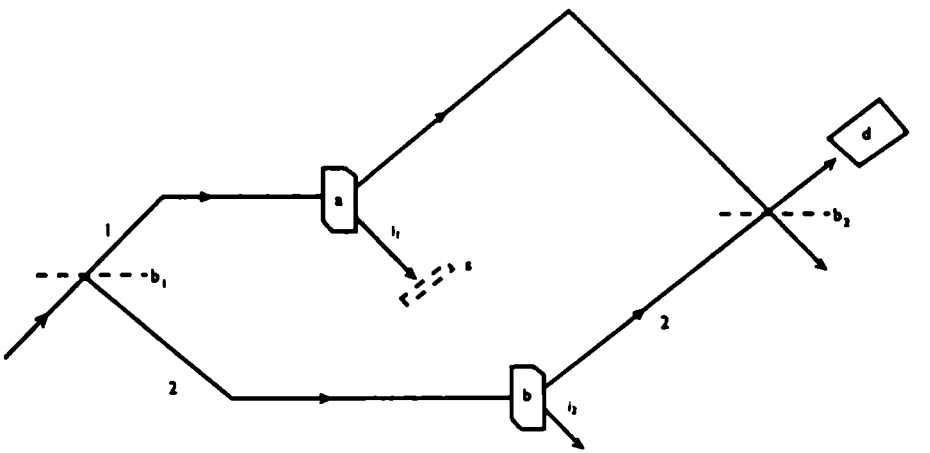
(*) لفّاف الاستقطاب تقابل بالإنكليزية (polarization twister) أو معـــدل الاستقطاب ويعبر عنهـــا أحياناً بشكل مختصر بكلمة (polaraizer) وتعرَّب على (مقطِّب) . (المترجم)

(روشستر) . في هذه الحالة يمرر الضوء الليزري أولاً خلال مرآة شبه شفافة تقوم بتفريق الحزمة إلى اثنتين ، ثم تمرر كل حزمة جزئية (حزيمة) في قطعة بللورية لتوليد الأزواج التوائم من الفوتونات انظر الشكل (٧-٥) ، حيث يدخل الجهاز فوتون واحد فقط في نفس الوقت . يسمح للمسارين الضوئيين العلويين الذين يبرزان من القطعة البللورية بالتقاطع (الالتقاء) عند مجزئ حزم آخر (b_2) بنفس أسلوب تجربة (بيركلي) ، وبشكل يمكن بواسطته مراقبة آثار التداخل بكاشف الفوتونات (d) ، لقد سميت الفوتونات التي وصلت إلى هنا « **فوتونات الإشارة** »(*) ، أما الفوتونات التي تبرز من القطع البللورية وتسلك المسارين السفليين فإنها تسمى «**الفوتونات الكسولة**» . إن الفكرة من هذا التشكيل تكمن في أنه يمكننا الكشف عن معلومات حول فوتونات الإشارة من خلال مراقبة « **الفوتونات الكسولة** » ، فالفوتون القادم يتحول إلى زوج من الفوتونات أحدهما فوتون إشارة والآخر فوتون كسول ، فإذا شوهد الفوتون الكسول خارجاً من القطعة البللورية (A) فإن المجرب يعلم عندها أن فوتون الإشارة قد اتخذ مساره الأول (1) ، أما إذا شوهد الفوتون الكسول يخرج من القطعة البللورية (B) نستنتج أن فوتون الإشارة قد اختار المسار الثاني (2) .

حتى الآن ليس هناك من شيء مفاجئ ، وإذا ما استمر تشغيل الجملة بهذه الهيئة فلن يكون هناك أي آثار للتداخل لأن المجرب يكون قادراً في كل حالة على معرفة المسار الذي اتخذته فوتونات الإشارة ، ونتيجةً لذلك فإن الطبيعة الجسيمية للضوء تتجلّى هنا بوضوح بدلاً من الطبيعة الموجية له ، ولكن الملاحظة الطريفة البديعة هنا تظهر عندما يبرز المساران السفليان بطريقة يكاد يكون من المستحيل على المجرب أن يعرف من أي قطعة بللورية أتى الفوتون الكسول . عندما تم إجراء هذه التجربة من قبل فريق (روشستر) ولّدت فوتونات الإشارة نموذج التداخل عند الكاشف ، وهكذا يظهر نموذج التداخل مرة أخرى بسبب تراكب **الاحتمالات الشبحية** . إن عوالم المسار (١) والمسار (٢) تكون متراكبة فوق بعضها البعض لتشكل الحقيقة الهجينة . وإذا أراد المجربون فإنهم يستطيعون أن يمنعوا تقدم الحزم الكسولة (فيمكنهم ببساطة أن

(*) فوتونات الإشارة (Signal photons) هي الفوتونات التي تقوم بإعطاء إشارات أو إيماءات أو حركات وكأنها تريد أن تنقل رسالة أو معلومة (المترجم) .

يعترضـــوا مســـار الفوتـــون الكسول الخارج من القطعة البللورية A مثلاً) ، وعندما يفعلون ذلك فإن سلوك فوتونات الإشارة يتغير ويختلف بطريقة مسرحية (دراماتيكية) ، حيـــث يختفي نموذج التداخل فوراً . الغريب أن هذا التغير المفاجئ يحدث على الرغم من بقاء فوتونات الإشارة والفوتونات الكسولة منفصلة عن بعضها تماماً طيلة الوقت ، إذاً وبدون عمل أي شيء مباشر في الواقع لفوتونات الإشارة (اللهم إلا توجيه توائمها الكســـولة إلى ناحية بعيدة من المختبر) فإن المجربون يجدون أن **فوتونات الإشارة تغير من سلوكها بمنتهى اللطف والكياسة ، كما لو أنها على اتصال بوسيط روحي جعلها خارقـــة للطبـــيعة (Psychic photons) "تعرف" بطريقة ما أن توائمها قد احتجزت وأُجبرت على إفشاء معلومات تفصيلية عن سلوكها فسارعت إلى تغييره كلياً .**



الشـــكل (٧-٥) : الفوتونات الخارقة للطبيعة : (Psychic photons) يفرق مجزئ الحزمة (b_1) الحزمة الضوئية الـــتي يستقبلها إلى مسارين (1) و (2) يلتقيان ثانية عند مجزئ الحزمة الثاني (b_2) . إن أي نموذج للتداخل يمكن أن يلاحـــظ بواســـطة الكاشف (d) . يحتوي كل مسار على قطعة بللورية لتحويل الفوتونات القادمة إلى فوتون إشارة يســـتمر بإطلاقـــه إلى (b2) وفوتـــون كسول (i_1 , i_2) يمكنّ توجيهه إلى أي مكان من المختبر . فإذا برز فوتونان كســـولان فإن المجرب لا يستطيع أن يحدد الطريق الذي سلكه فوتون الإشارة : ويظهر لدينا نموذج تداخل . أما إذا تم إيقاف الفوتون الكسول العلوي بواسطة شاشة اختيارية فإن المجرب يستطيع أن يدرك المسار الذي يتخذه فوتون الإشـــارة وعـــند ذلك يختفي أي نموذج للتداخل . وكأن فوتونات الإشارة « تعرف » بطريقة ما ما حدث هناك لزملائها الكسالى !!

[ولكـــن كيف تسنى لتلك الفوتونات اكتشاف ذلك ؟ هل يعقل أن يكون فعـــل مراقبة الفوتونات الكسولة قد أدى لإرسال نوع من أنواع الرسائل

عـــبر المختبر مفادها : « أي ، توأمي العزيز ، غيِّر سلوكك فإن مسارك قد اكتشف ! » ؟] .

لقد اهتم (آينشتاين) جدياً بمشكلة **الرسائل الكمومية السرية** ، فقد كان يعلم مـــنذ مـــدة طويلة أن الفيزياء الكمومي يحمل تهديداً بارعاً لأفكاره عندما يتعلق الأمر بمشاهدات « غير محلية » ، أي عندما يتم إنجاز مشاهدات متزامنة في مواقع مختلفة من الفضـــاء . في عـــام ١٩٣٥ كـــان (آينشتاين) قد استقر في (برينستون) وكان في منتصـــف الخمســـينات من عمره متجهاً نحو نهاية فترة زخمه العلمي ، في ذلك الوقت ابتدع تجربة ذهنية أخرى بالاشتراك مع زميليه (بوريس بودولسكي) و (ناتان روزن) ، عُرفـــت هذه التجربة باسم مختصر هو تشكيلة الأحرف المأخوذة من الحرف الأول من اسم كلٍ منهم « تجربة أ.ب.ر » (E.P.R. experiment) . الفكرة الأساسية لهـــذه الـــتجربة هـــي تصـــور جسيمين كموميين ينطلقان كلٌ على حدة منفصلين من نقطة مشتركة تمثل الأصل ، ويتم مراقبتهما بشكل متزامن أثناء وطوال فترة انفصالهما . بناءً عـــلى نظرية الكم فإن حالة الجسيمان المنفصلة والمبتعدة عن بعضها تبقى محيِّرة ومعقدة بشـــكل يســـتحيل بـــه انسجامها وتآلفها مع أي صورة من صور حقائق الحس العام الحقيقي التي يطمح إليها (آينشتاين) . إنه يتوق إلى الاعتقاد بأن الجسيمات الكمومية كالفوتونـــات مثلاً ، هي فعلاً « **موجودة هناك** » تتمتع بمجموعة كاملة من الخواص المعـــروفة والمحـــددة تمامـــاً كالموضع والمسار والاستقطاب وقبل أنْ يخطرَ على بال أي شـــخص أن يلقـــي نظرة عليها . ولكن من الممكن البرهان أنه إذا كانت وجهة نظر (آينشـــتاين) صـــحيحة فإن الجسيمات يمكنها أن تنصاع لقواعد وقوانين الميكانيك الكمومـــي فقط إذا استطاعت الاتصال مع بعضها البعض عبر الفضاء ببعض الأساليب السرية ، وقد أطلق (آينشتاين) على ذلك اسم « **فعل الأشباح عن بُعد** »(*) .

لقـــد رفـــض (آينشتاين) تماماً فكرة **الإشارات والإيماءات الخفية** هذه ، لأنها تـــنطوي على إجراء **حوارات** « **لحظية** » بين الجسيمات المنفصلة ، الأمر الذي يخالف قواعـــد الـــنظرية النسبية . بصرف النظر عن كونها مهزلة تآمرية (تصور أن فوتونين

(*) فعـــل الأشـــباح (Spooky action) حيث يتم تشبيه الفوتونات بالأشباح التي تقوم بإعطاء إشارات لبعضها في الظلام تتضمن لغة وتعليمات خاصة بها وتتصرف من خلالها (المترجم) .

يـــبعدان عن بعضهما بضعة أمتار أو أكثر يوجد بينهما تعاون حول الطريقة التي يسلكانها في جهاز قياسها الخصوصي !) **فإن ذلك يشكل انتهاكاً سافراً وخرقاً صارخاً للنظرية النســـبية الـــتي تحظـــر سير الإشارات بسرعة تفوق سرعة الضوء** ، وإذا ما استرجعنا مغامـــرات الســـيدة (وميض) فإن مثل هذه الإشارات تقتضي إمكانية إحداث تراجع بالزمن إلى الوراء ، ولذلك فإن الإشارات اللحظية في تجربة (أ.ب.ر) الذهنية وظاهرة محو الماضي في تجارب (بيركلي) و (روشستر) تعتبر حقاً جزءاً لا يتجزأ من اللغز .

إن الـــتجارب الكمومـــية البصرية التي أُجريت مؤخراً كافية لجعل (آينشتاين) يتقلـــب في قـــبره ، فكيف إذا علم بما هو أسوأ منها . تذكّر أنه في تجربة (بيركلي) الموضـــحة عـــلى الشكل (٧-٤) يمكن تأخير قرار المجرب في أن يراقب نماذج التداخل الموجية أم لا ، إلى ما بعد اجتياز الفوتونات للجملة البصرية . إن ذلك محيِّر تماماً . مع ذلك فقد ذهب فريق (بيركلي) إلى أبعد من ذلك حيث زعموا أن هذا القرار الحاسم والـــذي يساعد على رسم طبيعة حقيقة الماضي يمكن حتى أن يؤخر إلى ما بعد الانتهاء من الكشف عن فوتونات الإشارة !!

للدفـــاع عـــن قضيتهم اقترح (رايموند شياو) وزملاؤه في (بيركلي) بعض التحســـينات على التشكيل المبين بالتجربة الموضحة بالشكل (٧-٥) ، فقد أشاروا إلى أنـــه إذا تم وســـم الفوتونات الكسولة التي تنطلق عبر المسار (i_1) بطريقة ما (بتعديل زاويـــة الاســـتقطاب مثلاً) فإن المجرب يستطيع عند ذلك أن يخبرنا ببساطة أي مسار اتخـــذه كـــل فوتون إشارة وذلك بقياس اتجاه استقطاب الفوتون الكسول المرتبط به ، ومـــرة أخرى فإنه يمكن محو هذه المعلومة بوضع معدِّل استقطاب إضافي في نهاية المسار (يمكـــن للمقطب الأول تحديداً أن يمنح فتلاً مقداره ٩٠° لاستقطاب الفوتونات التي في الحـــزمة (i_1) ويوضع المقطب الثاني على زاوية ٤٥° مع المقطب الأول) ولكن في كل حالة فإن القرار بتنفيذ الفتل الثاني أم لا ، يمكن أن يترك من حيث المبدأ إلى ما بعد أن يـــتم الكشف عن فوتونات الإشارة عند الكاشف (d) ، فإذا بقي معدِّل الاستقطاب الثاني خارج التشكيل (لم يستخدم) فإن فوتونات الإشارة تتصرف كجسيمات ، أما إذا وضـــع ضمن التشكيل فإننا نستطيع التنبؤ بظهور التداخل الموجي ثانيةً على شكل ترابطات منمذجة مميزة بين فوتونات الإشارة والفوتونات الكسولة .

إن الخطط الخاصة بإجراء مثل هذا النوع من التجارب في تقدم مستمر ، وقد لا تمكّـــن في الواقـــع المجربين من الإشارة إلى الماضي أو تغييره ، ولكنها يمكن أن تكشف بوضـــوح كيف أن الطبيعة المحدِّدة لحقيقة الماضي والتي تعرَّت وأصبحت مكشوفة أمام أنظـــار المجـــربين ليست ثابتة تماماً وبشكل نهائي حتى يتم إعلان انتهاء التجربة تماماً ، وحـــتى عندما يتم رصد فوتونات الإشارة في النهاية والكشف عنها فإن سجل الماضي لا يبقى ناقصاً فحسب ولكنه يظل غير محسوم أيضاً بسبب **الارتباط والتنسيق البارع وعلى المدى الطويل بين فوتونات الإشارة والفوتونات الكسولة** .

خلاصـــة :

لقـــد اســـتغل (آينشـــتاين) الطبيعة الرافضة لفكرة تراجع الزمن نحو الماضي لاســـتخدامها كحجـــة لرفض الميكانيك الكمومي ، ولكن (بور) رد عليه بأن نظرة (آينشتاين) الساذجة للحقيقة هي التي يجب أن تُرفض ، وقال إن الجسيمات وببساطة شـــديدة لا تكون متمتعةً بمميزات محددة تماماً قبل أن تخضع للمراقبة . أخيراً فقد أمكن حالـــياً تحويل تجربة (آينشتاين) الذهنية إلى سلاسل من التجارب الحقيقية التي نفذت فعلاً ، وجاءت نتائجها لتؤكد بأن (بور) كان بالتأكيد على حق ، وأن (آينشتاين) كـــان للأسف على خطأ . وهكذا فبينما تمت هزيمة سببية الماضي بالتشوش والفوضى الكمومية فإن آثار أفعال شبحية مقلقة تبقى حية في نتائج تجارب (سكالي) ورفاقه .

تســـلّط التجارب المذكورة الأضواء على الطبيعة المميزة للزمن إلى أبعد الحدود ضمن الفيزياء الكمومي ، وعلى الرغم من التقيد بالرسائل الخارقة للقانون الذي يحكم زمن (آينشتاين) فإنها تطعن النسبية في الصميم بتوريط أفعال الزمن الحاضر في حقيقة الماضي .

(٧-٥) أسرع من الضوء ؟

« بصرف النظر عن قصة سليمان فإن السرعة هي التي تنتصر في السباق »

(بنيامين ديزرايلي)

إن النـــتائج التي نخلص إليها من التجارب المختلفة على توائم الفوتونات والتي تم

إجراء العديد منها في الآونة الأخيرة هي أنه من غير الممكن بشكل عام أن نجزم « متى تقع الأحداث فعلاً » في الفيزياء الكمومي .

[إذاً فلـــيس هناك أمل في معرفة كم يستغرق جسيم ما من الزمن لاجتياز حاجز بواسطة شق نفقٍ فيه] .

بمزيدٍ من الاستغراب ، مازال من الممكن ذلك . أرأيت ، هناك فرق طفيف بين تحديـــد متى يشق الجسيم النفق ، وكم يستغرق الجسيم للقيام بذلك ، فإذا كنا مهتمين فقـــط بـــالمدة الكلـــية التي تفصل بين البداية والانتهاء وليس باللحظة الفعلية للبدء ، فمازالت الفرصة متاحة أمامنا لقياس ذلك .

في الحقـــيقة أن الباحثين في (بيركلي) حاولوا القيام بذلك فقط ، وقد اعتمدوا في تجربتهم على التشكيل المبين بالشكل (٧-٣) ، ويذكر القارئ بأنه إذا كان مساري الفوتونين متساويين فإنهما سيصلان إلى مجزئ الحزمة بشكل متزامن (في نفس اللحظة)، ونظـــراً لأثـــر التداخل الكمومي فإنهما سيذهبان إلى نفس الكاشف ، ويقدم الترتيب البصري المطبقة حلبة سباق للمقارنة بين زمني الوصول للفوتونين .

لنفترض الآن أنه تم وضع حاجز على طريق أحد المسارات ، ولأن على الفوتون الـــذي يسلك ذلك المسار أن يشق نفقاً خلال ذلك الحاجز كي يجتازه فإنه قد لا يصل إلى نقطة الالتقاء في نفس اللحظة التي يصل فيها توأمه الآخر حيث تكون في هذه الحالة ترتيـــبات التداخلات الدقيقة مضطربة وتكون الفرصة مهيأة أن يذهب إلى كل كاشف فوتون ، ولكن على أية حال ، إذا تم تعديل طول المسار الآخر (الذي سلكه الفوتون الـــتوأم) فيمكننا أن نمسك بزمام الأمور ثانيةً وأن نرتبها لنحصل على وصول متزامن ويكـــون اختـــيارنا للكاشف مؤكد النجاح . فإذا تأخر الفوتون قليلاً بسبب اجتيازه للنفق فإن مسار التوأم يكون بحاجة إلى قليلٍ من التطويل لتعويض الفرق وبقياس الطول الزائد يمكننا أن نحسب كم استغرق الفوتون في شق نفقه .

في الحقـــيقة ، عندما تم إجراء التجارب عملياً كانت النتائج مذهلة ، فعندما تم وضـــع الحاجـــز كان وصول الفوتون الذي شق النفق أسرع !! بعبارة أخرى فقد بدا **وكـــأن الحاجـــز يرفع من سرعة الفوتون** ، وبما أن الفوتون كان يسير أصلاً بسرعة الضـــوء فإن ذلك يعني مباشرةً أن **الفوتون الذي قام بشق النفق ، فعل ذلك بسرعة**

أكبر من سرعة الضوء . وقد استدل فريق (بيركلي) على أن الزيادة التي حققها الفوتون في ذلك بلغت ٧٠% ، أي أنه **شق النفق بسرعة تزيد عن خمسمائة ألف كيلو متر في الثانية** .

هل قام فريق (بيركلي) بتوليد التاخيونات ببراعة ؟ ليس كذلك فعلاً . ويجب أن نكون حذرين مرة أخرى حول استنتاجاتنا في العالم المجنون للفيزياء الكمومية التي تفيد أن شيئاً ما بحالة وجوده « هناك في الخارج » يعتمد على نتائج ترتيبات معينة للتجارب . إن التاخيونات التي تعاني من إخفاق في السببية تتطلب أن يكون لدينا إمكانية ممارسة التحكم بلحظة انتقال وكشف الجسيمات المدروسة وليس بالضبط كما يستنتج « بعد الحدث » أن **شيئاً ما قد تجاوز سرعة الضوء** في الماضي ، وخاصة إذا علمنا أنه بمجرد أن تخضع حركة الضوء الخاطفة لمراقبة وتمحيص دقيقين لا يعود بمقدورنا رصدها « أثناء وقوع الفعل » في لحظة محددة من الزمن كما تعطيها الساعات العادية .

(٧-٦) الزمن يتلاشى

« هل ينبغي أن نعد أنفسنا ليوم نرى فيه هيكلاً جديداً لأسس الفيزياء يتم فيه الاستغناء عن الزمن ؟... نعم ، لأن « الزمن » يعاني من مشكلة . »

(جون ويلر)

من الجلي أن موضوع الزمن في الفيزياء الكمومي هو موضوع ضبابي بكل ما في هذه الكلمة من معنى ، ولذلك أسبابه بالطبع . أولاً ، وكما رأينا آنفاً فإنه ليس هناك شيء يمكن أن يعتبر ساعة دقيقة تماماً في الفيزياء الكمومي ، فكل الساعات العملية التي نعرفها تخضع هي نفسها لمبدأ الارتياب الكمومي وهذا ما يشوه سيرها الوئيد المنتظم بشكل غير متوقع بل حتى يمكن أن يجعلها تسير نحو الوراء . ثانياً ، إن زمن (آينشتاين) مختلف عن زمن (نيوتن) ، فهو زمن مرن وتتشابك مرونته مع عناصر المادة والثقالة .

ولأنه من المفترض أن تسود قوانين الفيزياء الكمومي الغريبة وأن تحكم كافة

الأشياء بما فيها حقول الثقالة ، فإنه ليس فقط الساعات بل الزمن نفسه سيكون خاضعاً للتشوش اكمومي ، ويفضي بنا هذا إلى موضوع شائك يتعلق **بالثقالة الكمومية** (quantum gravity) . فعندما يتم تطبيق الفيزياء الكمومية على الحقل الكهرطيسي فإنك تحصل على الفوتونات مع جميع الظواهر العجيبة والسحرية التي تناولها آنفاً . لقد أوضح (آينشتاين) كيف يمكن أن يُنظر إلى تقوس أو كبح الزمكان في حالة الحقل الثقالي ، لذلك فإنه عندما يتم تطبيق الفيزياء الكمومي على الثقالة فإن الزمان والمكان سيبديان خواصاً سحرية أيضاً ، مما يؤدي إلى **تفاقم « مشكلة الزمن » في الفيزياء الكمومي** تفاقماً ملحوظاً ويجد الفيزيائي الباحث نفسه مرة أخرى أمام حشد من الألغاز والأحجيات التي ينبغي عليه حلها .

إن لب المشكلة في الزمن الكمومي يعود إلى التصور الفعلي للزمن عند (آينشتاين) ، فهو لا يعترف بوجود زمن مطلق وشامل ، فزمني وزمنك يكونان على الأرجح مختلفان ولا نستطيع القول بأن أحدهما " صحيح " والآخر " غير صحيح " ، بل أن كلاهما يكون مقبولاً ، وإذا تم النظر إليهما من زاوية الزمكان ذو الأربعة أبعاد فإن اختيارات مختلفة من الأزمان ستظهر لتتناسب مع الطرق المختلفة لتقطيع أو تحليل الزمكان إلى شرائح (راجع الشكل ٢-٢ المبين على الصفحة ١٠٠) . وقد أوضح (كريستوفر إيشام) الخبير البريطاني الكبير بالثقالة الكمومية ذلك بقوله :

« إن المظهر الأساسي للنظرية النسبية العامة هو أن جميع مثل هذه التجزئيات للزمكان تبدو وكأنها من المفترض أن تكون مسلّماً بها وذات وضعية متكافئة ، ومن هذا المنطلق فإن الزمن " اصطلاحي " وأن أي اختيار سيكون مقبولاً بشرط واحد هو أن الأحداث يمكن أن ترتب بطريقة وحيدة من خلال القيم المسندة لها من الزمن » .

إن عدم وجود الزمن المطلق يقتضي ضمناً أن العمليات الفيزيائية لا تستطيع أبداً الاعتماد كلياً وبشكل صريح على الزمن بحد ذاته (فالسؤال : « **أي زمن سوف تختار هذه العمليات ؟** » يدفعنا أن نشم رائحة تناقض يحوم حولنا) حيث يبدو وكأننا نقترح بأنه لا يمكن لشيء أن يتغير في العالم الكمومي ، ولكن الواقع غير ذلك . الفكرة هنا هي أن الطريقة الوحيدة ذات المعنى لرصد التغير الفيزيائي في كون (آينشتاين) هي أن تنسى الزمن " بحد ذاته " ، وأن ترصد أو تقيس التغير بواسطة

القـــراءات التي تشير إليها ساعات فيزيائية حقيقية وليس بمفهوم أو تصور غير موجود أصلاً للزمن نفسه .

لابد أن نذكر هنا أن عدداً من الفيزيائيين الكبار لم يكونوا سعيدين أبداً بالنتيجة الســـابقة ، وقـــد بذلوا جهوداً مضنية ليستكشفوا بعض " **الحقيقة " عن جوهر الزمن الأصـــيل الحقيقي المدفون في غياهب رياضيات النسبية العامة** . لقد كانوا يأملون أن نوعاً من الربط البارع والدقيق بين الكميات التي تصف هندسة الزمكان يمكن أن تقود إلى الوصـــول للوســـائل الـــتي يتوقعها الشخص للقياس الكوني للزمن ، وأنه من الآن فصاعداً سيصبح بمقدورهم توظيف الزمن الكوني كخلفية عبقرية لقياس تغيرات الكون ، عـــلى أنـــه حتى الآن لا يوجد أي دليل على اكتشاف أو وجود هذا **الزمن الأصيل** (المتأصل) (intrinsic time) .

[ولكـــنني أذكر أنك ذكرت سابقاً أن هناك نوع من الزمن الكوني الشامل وأن زمن الأرض يتطابق معه تقريباً] .

نعـــم لقد ذكرت ذلك ، ولكن الزمن الكوني لا يصلح كزمن حقيقي أصيل في أي منطق أساسي لأن وجوده يعتمد على أن حالة الكون منظمة وتناظرية تماماً وضمن أعلى المقاييس ، إن زمكاناً عاماً لا يملك هذا الانتظام والاتساق . حسب التقليد المتبع فـــإن مهمة عالم الكونيات هي استخدام قوانين الفيزياء في شرح ظواهر الكون وليس العكـــس كما اعتقد (ميلين) . نريد أن نعتبر الكون كنظام ميكانيكي عملاق يخضع لقوانين الفيزياء الكمومي ، ونأمل أن نعطي تفسيراً عن سبب وجود الانتظام والاتساق عـــلى هـــذا المســـتوى المذهل . ولكننا للقيام بهذه المهمة الرئيسية في علم الكونيات الكمومـــي نحتاج لشرح كيفية تطور الكون مع تقدم الوقت دون الاعتماد على الزمن نهائياً .

[هل أنت متأكد أنك تستطيع استخدام توسع الكون نفسه كساعة ؟] .

نعـــم نستطيع ذلك . إن تقسيماً معيناً للزمكان إلى مقاطع مكانية سوف يوضح كـــيف تـــتقدم هندسة الفضاء مع إحداثيات الزمن . في الحالة البسيطة التي يكون فيها الكـــون منتظماً نجد **أن الفضاء فقط هو الذي يتوسع (يتمدد) بمعدل محدَّد** . ولكن

إذا اتبعنا طريقة أخرى للتقسيم فإننا سنحصل على وصف مختلف (أي حجم ومعدل تمدد مختلفين) لنفس القيمة الخاصة لإحداثيات الزمن . النقطة الأساسية في زمن (آينشتاين) هي أن كل تلك المميزات يجب أن تكون متكافئة حيث أن قيمة إحداثيات الزمن هي نفسها اختيارية .

على أية حال ، فإذا تابعنا الرحلة مستخدمين إحداثيات اختيارية للزمن وتعاملنا مع حركة الكون وكأنها مثل أي جملة ميكانيكية أخرى فحسب ، فإننا نستطيع عندئذ استخدام معادلات الحقل الثقالي التي وضعها (آينشتاين) لكتابة معادلات حركة الكون ومن ثم تعريف وتحديد الكميات المألوفة مثل الطاقة الكلية . ولكن هنا تكمن المشكلة ، فمن أجل أن تبقى المعادلات محققة عند أي زمن معطى (حسب التقسيم) فإنه يفضل أن تتحول بشكل تكون فيه الطاقة الكلية للكون مجبرة لتكون معدومة تماماً (مساوية الصفر) ، لذلك فإن نظرة (آينشتاين) للزمن تجبرنا على الاستنتاج بأنه إذا تم التعامل مع الكون ككل وبشكل بسيط كجملة ميكانيكية أرضية فإن طاقته الكلية مجبرة على التلاشي . هذه النتيجة المهمة والمعروفة لدى الفيزيائيين منذ بضع سنين تحمل في طياتها نتائج عويصة للوصف الكمومي . في الفيزياء الكمومي تترافق الطاقة دوماً وخطوة إثر خطوة مع الزمن ، حيث أن كمية الطاقة تحدد بشكل ما المعدل الذي يجري به الزمن (دقات الساعة الكمومية ، إن شئت) ، فإذا لم يكن هناك طاقة فهذا يعني أن الساعة الكمومية تتوقف عن إصدار دقاتها ، ويسقط الزمن بشكل محيِّر من إمكانية الوصف الفيزيائي ككل . لذلك فإن علم الكونيات الكمومي الذي يعامل بهذا الشكل لا يجعل هناك أي مرجعية للزمن ويتبع ذلك تلاشي الزمن كلياً . وهكذا فإن الزمكان، ذلك الكائن الفعلي الذي اعتمدت عليه النظرية النسبية قد استبدل بمجموعة متعددة الأشكال والألوان (تشكيلة) من الفضاءات ذات الهندسات المختلفة وبدون أن يترك لهم زمن يجمع شملهم ويربطهم . تماماً مثل الكلب الذي فشل في النباح في قصة (شيرلوك هولمز) فإن الساعة الكونية التي فشلت في إصدار دقاتها تبدو دليلاً حاسماً يمكن أن يساعدنا لحل معضلة الزمن ، ولكننا نفتقر إلى قوة استنتاجات وتحريات أسطورية كبيرة لكي نتمكن من تفتيت هذه المشكلة .

[كل ذلك غموض جميل ، ألا تظن ذلك ؟ ماذا حدث للزمن ؟ لقد جعلته

يبدو وكأنه لم يوجد بشكل فعلي على الإطلاق] .

لقد تبخر الزمن ، وذهب في مهب الريح بنفخة واحدة من التشوش الكمومي ، بنفس الطريقة التي تبخرت فيها واختفت تلك المفاهيم الدقيقة مثل موضع ومسار حركة الجسيمات في الميكانيك التقليدي الكمومي . لقد ألغى علم الكونيات الكمومي الزمن بنفس القوة التي قلب بها التصوف حالة الوعي . من أجل حالة كمومية نموذجية في هذه النظرية يصبح الزمن بمنتهى البساطة غير ذي معنى .

[إذاً من أين أتى الزمن ؟ إذا لم يكن له أي أساس فيزيائي (أي إذا لم يكن قد وُجد عند الانفجار العظيم كما نقول) فما الذي أنشأه ؟] .

هذه نقطة مهمة . أنا أول شخص يسلّم بأن كل يوم في زمن العالم له أهميته الخاصة . ليس هناك أي نظرية في الكون يمكن أن تصدق ما لم تسمح لصورة من صور أفكار الزمن بالبروز من التشوش الكمومي . إن الأفكار التي انتشرت أخيراً بين علماء الكون الكموميين مفادها أن الزمن هو مجرد مفهوم تقريبي وثانوي (اشتقاقي) . لقد تم إنجاز بعض الحسابات بحماس شديد في محاولة للإيضاح بدقة كيف أن السلطة الزمنية قد تجمدت وتبلورت (تحجرت) خارج البدعة الكمومية المعدومة الزمن وذات الهندسات الملتوية التي غلّفت الانفجار العظيم . ولكن كما أسلفت فإن هذه الحسابات تبقى (في نظري) زلقةً زئبقيةً ، مثل الزمن الذي ينشدون الإمساك به . كل ما يبدو واضحاً هو أن الحالة الكمومية العامة للكون لا تتضمن تعريفاً محدداً للزمن على الإطلاق . إن الصعوبة التي تواجهها تلك الحسابات تكمن في أن التشوش الكمومي الخاص لا يغادر اتساقها وانتظامها الخاص بسهولة ، وأن ذلك التشوش لا يلقي بمصائبه على المكان والزمان فحسب ، بل على هندسة الزمكان أيضاً . ففي الوصف الكمومي ليس هناك زمان ومكان (زمكان) وحيد ذو هندسة معرفة بشكل واضح مثلاً " هناك "، وبدلاً من ذلك يجب أن تتخيل كل الهندسات الممكنة (كل الزمكانات الممكنة ، كوابح المكان وكوابح الزمان) ممتزجة مع بعضها في تشكيلة مختلطة أو (رغوة) (زبد) ، وهذا واضح بعد أن رأيت طراز الحقائق المحتملة الممثلة بمسارات الفوتونات التي تناولتها في الفصل السابق . من هذه **الفوضى الرغوية** (الزبد المشوش) تجمدت بطريقة ما بعض أشكال الزمان والمكان التي تحمل هندسة محددة . ولا أحد يعلم على

وجـــه الدقة والتحديد متى وكيف حصل هذا التجمد والتحجر لهذا الزبد الفوضوي ، ولكن هناك سبب للاعتقاد بأنه قد يتطلب مجموعة من الظروف الخاصة ، بمعنى أنك إذا أخـــذت أي انفجار عظيم سابق رغوي فلن تنتهي إلى زمن معرف بوضوح إطلاقاً ، وتكـــون القاعدة العامة هي : إذا وُجد التشوش الرغوي مرة واحدة فإنه سيكون هناك تشوش رغوي على الدوام . من الواضح أن شروطاً ابتدائية خاصة جداً فقط (أي فقط تلـــك الأكـــوان الـــتي ابتدأت برغوة تم تشكيلها بخصوصية فريدة) سوف تتطور في الحقـــائق الكلاسيكية تقريباً (أي غير الكمومية) التي تحتوي الزمن والفضاء والأجسام الماديـــة المعـــرفة بشكل واضح . من أجل أسباب لا نعرفها نجد لحسن الحظ أن الحالة الكمومـــية لكوننا هي واحدة من تلك الحالات الخاصة جداً التي تسمح للزمن بالبروز مـــن هذا الخضم الأولي كلما تطور الكون وتقدم مبتعداً عن الانفجار العظيم بطريقة مشوشـــة وغير معرّفة بوضوح . هذه أخبار سارة لأن الحياة في الكون بدون أي نوع من أنواع الزمن يمكن أن تكون صعبة .

إذا كانـــت تلـــك الأفكار على الطريق الصحيح (وهي بالتأكيد تأملية بشكل عميق) فإن المقدار المسمى " الزمن " يكون فعالاً وحاسماً جداً في حياتنا ، وأنّ وصفنا للعـــالَم الفـــيزيائي يمكن أن يتحول ليصبح مفهوماً ثانوياً بشكل كلي وليس له علاقة بالقوانين الأساسية للعالم . لقد دار العالم دورة كاملة منذ (نيوتن) الذي وضع الزمن في مركـــز وصـــفه للحقيقة . الآن نرى أن الزمن يمكن أن يكون قد نشأ بالمصادفة . نستطيع أن نتخيل أنه عند البداية القريبة من الانفجار العظيم لم يكن الزمن موجوداً . وفقـــط لأن الحالة الكمومية للكون هي حالة مميزة فإنها تملك زمناً برز بطريقة تقريبية (**كـــنوع مـــن أنواع الأثارة الباقية**) من النشاطات والانفجارات الابتدائية المعدومة الزمن للكون الحديث الولادة .

من الممكن أن يبدو أن هناك إنذاراً بأن الفيزياء الكمومي سيلغي الزمن القريب من الانفجار العظيم ولكنه بنفس الوقت يحمل تبشيراً ، ذلك بأنه قد يكون المنفذ الذي نحتاجه لشرح كيفية مجيء العالم إلى الوجود في ذلك الفضاء الأولي .

الفصل الثامن

الزمـن التَّخيُّلـي

« وهكذا فإن ما تسميته الزمن التيخيل قد يكون أكثر عمقاً وأصالة وأن ما ندعوه الزمن الفعلي هو مجرد فكرة ابتدعناها لتساعدنا على وصف ما نظن أنه يشبه الكون . »

(ستيفن هوكنج)

« لأن الرياضـــيين اعتادوا على استخدام الزمن بشكل متكرر ، فينبغي أن يكون لديهم فكرة متميزة عن تلك الكلمة ، وإلا فإنهم دجَّالون ... »

(إسحاق بارو)

(٨-١) زيارة أخرى للثقافتين

« الأساتذة ... عديموا الفائدة تماماً ، معظمهم فقط . »

(جون ميجر - رئيس الوزراء البريطاني)

لـــن أنسى ما حييت تلك اللحظة التي شاهدت فيها أو بالأحرى استمعت إلى (ســـتيفن هوكنج) . كان ذلك في عام ١٩٦٩ عندما كنت أحضر مؤتمراً ليوم واحد حول نظرية الثقالة في الكلية الملكية في (لندن) وهي تقع في حي (ستراند) غير بعيد عـــن شارع (فليت) المشهور . كان ذلك اليوم فرصة قد أرتاح فيه قليلاً من الجهود المضـــنية التي كنت أبذلها خلال عملي في أطروحتي . كان المتكلم حينها هو الرياضي العـــالمي المشهور (روجر بينروز) وكان قد وصل تقريباً إلى منتصف محاضرته عندما قوطـــع فجأة بصوت صادر عن الصف الأمامي ، وللوهلة الأولى خُيِّل إليّ لدى سماعي الصـــوت أن رجلاً مخموراً أو معتوهاً قد تسلل إلى القاعة مع نية مبيتة لارتكاب عملٍ طـــائش (ولم يكن وقوع مثل هذه الحوادث مستبعداً أثناء انعقاد مؤتمرات الفيزياء) ،

كـــان في الصوت الصادر تشدق وحشرجة غريبين لدرجة أن الكلام كان غير مفهوم بالنسبة لي على الإطلاق ، واستمر ذلك لدقيقتين كاملتين ، ووسط ذهولي التام توقف (بيـــنروز) خلال تلك الفترة بمنتهى الصبر ثم استأنف ليقدم رداً تقنياً مطولاً ، وتفنيداً كاملاً للسؤال الدقيق الذي طرحه (هوكنج) الشاب .

لم أســـتطع أبـــداً حتى فيما بعد ذلك أن أفهم كلام (هوكنج) المتداخل فهماً كـــاملاً على الرغم من أنني تدربت على الفيض المتدفق من ملاحظاته . في الأيام التي سبقت تزوده بجهاز رفع الترددات العياري السمعي كانت المحادثات معه معرضةً دوماً للالتـــباس وسوء الفهم ، وقد تتميز أحياناً بالطرافة والدعابة . وفي أحد المناسبات التي أتذكرها في (بوسطن) ، كنا نبحث في جدول أعمال المؤتمر أثناء مأدبة غداء في أحد المطاعم ، وقد سأل (ستيفن) عدة مرات فيما لو كنا نرغب باحتساء النبيذ (Wine)، وبعـــد عدة محاولات فاشلة لإقناعه باختيار أحد أنواع النبيذ المبينة في القائمة اكتشفتُ فجأةً أنه كان يتحدث عن الفيزيائي (واينبرغ Weinberg) .

حتى في تلك الأيام المبكرة كان (هوكنج) مهتماً بالمسألة العويصة : هل هناك بدايـــة محـــددة للزمن أم أنه يمتد خلفنا في الماضي السحيق الأزلي ؟ هل للساعة الكونية العظـــيمة دقة أولى أعلنت عن موعد البدء ، أم أنها مستمرة في ذلك منذ الأزل ؟ بعد مرور عشرين عاماً ضمَّن (هوكنج) إجاباته الموسَّعة والمستفيضة عن هذا الموضوع في كتابه « **موجز تاريخ الزمن** » . لقد حظي (هوكنج) بشهرة فورية وواسعة بالمقارنة مـــع (آينشـــتاين) ، ربما كان ذلك بسبب سمعته الشعبية العالية ، مما أدى حتماً إلى حـــدوث رد فعل أو صدمة عنيفة عند الناس ، لقد انتهكت أفكار (هوكنج) الجريئة الأوســـاط البريطانية المتحذلقة بشكل خاص . كان المجال الموحد للفنون والآداب هو الـــذي يسيطر على الحياة الفكرية في بريطانيا كما يعرف تماماً قراء (س.ب. سنو) ، وبـــالفعل فقد كان من النادر أن يُمنح العلماء حتى مرتبة « المفكرين » ، كما كانت العلوم ترقى إلى الحد الذي تعتبر فيه من قِبَل ذوي الرأي البريطانيين وفي أحسن الحالات الشـــر الذي لابد منه لدفع عجلة المال التقانية ، وفي أسوأ الحالات كانت العلوم تعتبر مؤامرة تكنو قراطية . لقد كان هناك افتراض مضمر بأن النظريات العلمية هي جزء من أزمـــة ثقـــة عملاقة مكرَّسة لتضخيم سلطة وأهمية الأعمال الذاتية للعلماء ، كما كان

الخطـــاب العـــلمي يُقابل ويُعامل بشك وريبة وكأنه شيفرة سرّية ابتدعت لكي تحافظ على تميز وتفرد من يستخدمها وأنها مُعدَّة خصيصاً لتبهر غير العلماء بالطلاسم والألغاز الرياضية غير القابلة للاختراق أو للفهم .

طالما أن العلماء محشورين في مختبراتهم فإن المؤسسة الأدبية تتسامح معهم (وتهز كتفيها استخفافاً بإنتاجهم) ويتم تجاهل نتائج أعمالهم السخيفة وغير المفهومة ، ولكن أكثر ما يثير سخط رجال الأدب المتعنتين ويجعل الدنيا تقوم ولا تقعد أن يتجرأ أولئك العـــلماء ويحـــاولون الـــتطرق إلى مواضيع « معنى الحياة » ومحاولة فك ألغازها . لقد اعـــتقدت الأوســـاط الأدبية والفنية لفترة طويلة بأنهم يمتلكون بمنحة إلهية حق احتكار الحديـــث في مـــثل هذه المواضيع . في هذا الخِضم الهائج جاء (ستيفن هوكنج) ذلك العـــالِم الجـــريء بأفكاره التي يكتنفها التحدي ليتوصل إلى استنتاجات بهذا العمق عن **نشوء الكون ودور الخالق فيه** ، ومكان الجنس البشري في هذا الكون الذي اعتُبر من **اتساقه الملغز اللامتناهي بالدقة بأنه يفوق كل الحدود** . وعلى الرغم من أنني لا أتفق مـــع (هوكـــنج) في كل ما ذهب إليه من آراء وأفكار واستنتاجات إلا أنه بيَّن بكل وضـــوح وجلاء ما يمكن اعتباره فعلاً قاسماً مشتركاً مقبولاً لدى كافة العلماء ، ويجب أن يشكر على ذلك .

لقـــد اتخـــذت موجة الاستنكار التي تصدت لمواجهة كتاب (هوكنج) شكل استياء شعبي عام من قِبَل دعاة الإصلاح الذاتي والصحافيين ، كما تمثلت بحملة شعواء اقتربت من الهستريا في الصحافة البريطانية ومن قِبَل كتّاب مشهورين وأساتذة جامعيين ، وقـــد كـــان يذكي نار ضيقهم وحقدهم حقيقة أن قلة من أولئك الأشخاص فقط هم الذيـــن كـــانوا يفهمون محتويات الكتاب ، حيث يفترض أن لا يكون لدى أي منهم خلفية ثقافية علمية ، وأن معظمهم كانوا على أية حال يضمرون العداء للعلوم بشكل عام وعلى أسس إيديولوجية . الحجة الواهية التي كانوا يتمطوها هي أن أي حقيقة هامة ينـــبغي أن تكـــون شفافة بالنسبة لكل الناس العاقلين ، فقد كانت القضية محصورة في « إنـــني مـــثقف جيد » - وهذا يعني أنني ضليع في الفنون والآداب فقط - « وأنا لا اســـتطيع فهم تلك المزاعم العلمية من علماء الكون والفيزيائيين لذلك فإن تلك المزاعم يجب أن تكون غير منطقية وأن يكون العلماء دجَّالون » .

لقـــد واظبوا على إحراج العلماء بتوجيه السؤال التالي لهم : « **ماذا حدث قبل الانفجار العظيم ؟** » ، كان الشعور السائد هو أنه : « أنتم أيها العلماء الذين تظنون أنفســكم قـــد أبدعتم في شرح وتفسير كل الأشياء ، حسناً فإن كنتم قد استطعتم أن تفسروا الانفجار العظيم فإنكم مازلتم غير قادرين على تفسير ما كان قبل ذلك ، هل استطعتم ؟ » .

٨-٢ كيف بدأ الزمن

كان التحدي المذكور آنفاً ينم لسوء الحظ عن مدى الجهالة التي كانت لا تلف العلوم فحسب ، بل إنها كانت تكتنف تاريخ الفلسفة وعلم اللاهوت على حد سواء . لقـــد طرح (أوغاستين) منذ أمد طويل الفكرة القائلة أن العالم خُلق مع الزمن وليس في الـــزمن ، كما ميَّز أيضاً أن الزمن نفسه هو جزء من الكون الفيزيائي ، (جزء من الخلق) وبالتالي **فإن أي حديث عن : « ما قبل الخلق » هو ضرب من الهذر الذي لا معنى له .**

[كـــل ذلك حسن ، وهذه الأفكار تقف في مواجهة الشك (الذي يلازم عادة رجال الفكر البريطاني) ظناً أن (أوغاستين) قد استطاع حل المسألة ، ولكن ، وبمنتهى الصراحة فإن القول بأن الزمن لم يوجد قبل أن يخلق الكون يـــبقى مجـــرد كلام في كلام ، إذ كيف يمكننا أن نتخيل مثل ذلك الشيء ؟ وكيف يمكن أن يبدأ الزمن فجأةً هكذا من تلقاء نفسه ؟]

كـــان (أوغاســـتين) مهـــتماً بعلم اللاهوت أكثر من اهتمامه بالفيزياء وكما ذكـــرت فإن فكرته حلَّت بمنتهى الأناقة ذلك اللغز المحيِّر الذي يتساءل عما كان يوجد في الفضاء قبل أن يخلق الله الكون ، في الوقت الذي مازالت فيه مشاكل الزمن والخلق معلقـــةً دون حل . إن معظم رجال اللاهوت والعلماء مازالوا يفترضون أن الزمن ليس لـــه بدايـــة ولانهاية ، ولكن **طالما أن للكون الذي يحتوي المادة والطاقة أصل وبداية محـــددة (أي أن الله خلق الكون في لحظة محددة) فإنه يجب أن يكون هناك حدث**

ابتدائي أوّلي متفرد خلال الزمن بدأ الكون عنده بالنشوء والتشكل[*] .

في القـــرن الســـابع عشر وفي الوقت الذي كان (جوتفرايد ليبيتز) يسعى به للاعتقاد بأن الله خلق العالم في وقت محدد في السابق ، اختلط الأمر على أية حال حول السؤال المحيِّر : لماذا جاءت إرادة الله بخلق العالم في وقت محدد دون سواه وهو الكامل الثابـــت وغير المتبدل ؟ فيقول في أحد كتاباته : « بما أن الله لا يفعل شيئاً دون حكمة ولا يوجـــد أي ســـبب يفسر لنا خلق الكون أبكر من موعده ، فسيتبع هذا أنه إما أن الكـــون لم يوجـــد أبـــداً (وهذا مستحيل بالطبع) وإما أنه خُلق قبل أي زمن قابل للتحديد ، بمعنى أن الكون أزلي »[1][*] .

قـــام (إيمـــانويل كانت) بتناول الموضوع أيضاً وقدم طرحاً رائعاً يحتوي نفياً للشـــك عـــن الاحتمالين ببراعة فائقة . فقد أشار إلى أن الكون مغرق في الماضي بلا حدود وهذا قد يعني أن عدداً لانهائياً من الأحداث أو الحالات المتعاقبة للعالم ينبغي أن تكـــون قد تمت ، ولكن بما أن اللانهاية لا يمكن أن تتحقق بواسطة التركيبات المتعاقبة فـــإن افتراض كون أزلي يصبح ضرباً من الهراء . من ناحية أخرى فإذا جاء الكون إلى الوجـــود في وقت ما محدد فإنه يجب أن يكون هناك زمن قبل هذا النشوء – وقد سمى (كانـــت) ذلك الزمن : « **الزمن الخالي** » – وبعد ذلك ناقش الأمر بدقة قائلاً أنه لا يمكـــن لشـــيء أن يوجد في « الزمن الخالي » لأنه : « لا يوجد أي جزء من مل هذا الزمن يحتوي على حالة مميزة للكينونة ، أي لكي تحمل حالة الوجود أفضليةً على حالة عدم الوجود » . لقد اعترف (كانت) بأنه لكي يتم التخلص من المعضلة الزمنية فإن ذلـــك قـــد يعني إنكار « وجود زمن مطلق قبل العالم » الأمر الذي لم يكن بعد على استعداد لقوله ، بغض النظر عما قاله (أوغاستين) .

[مـــا هو المنطق الذي يمكن أن يسند لفكرة وجود الزمن قبل الكون ؟ فإذا

---

[*] لقـــد رد حجـــة الإســـلام أبـــو حامد الغزالي على مزاعم الفلاسفة المتعلقة بهذا الموضوع في كتابه الشهير (تهافت الفلاسفة) و لم يعترض فيلســـوف الإسلام ابن رشد في كتابه (تهافت التهافت) على وجهة نظر الغزالي في هذا الخصوص بل أيّده في ذلك ، ويمكن للقارئ الذي يرغـــب بـــالاطلاع على المزيد من المعلومات حول هذا الأمر أن يرجع إلى الكتابين المذكورين . وأود التنويه هنا إلى أن الكثير من العلماء المعاصرين يتبنون وجهة نظر الغزالي وابن رشد حيث تؤكد العلوم الحديثة وجود لحظة محددة بدأ عندها الزمن والعالم ، يُطلق عليها العلماء كمـــا ســـنرى في الفقرات اللاحقة أسماء مختلفة مثل « الحدث الأولي » أو « الانفجار العظيم » أو « نقطة التفرد الزمكاني » وهي برأيي ليست سوى لحظة الخلق التي خلق بها الله جلّت قدرته هذا الكون فسبحان الله الخالق المدبر ولا إله إلا هو الحي القيوم (المترجم) .

لم يكن هناك " أشياء " – بل هناك فقط خلاء أبدي فحسب حيث لا شيء يحدث – فإن بعض المفاهيم مثل التعاقب والمدد لا يبدو أنها تتضمن أي معنى على الإطلاق] .

يوجد في أذهان معظم الناس صورة للحقبة التي سبقت نشوء الكون ، فهي عالم يكتنفه الظلام والجمود والفضاء الخالي ، ولكن بالنسبة لعلماء الكون المعاصرين ، فلا الفضاء ولا الزمن لهما وجود قبل الانفجار العظيم ، بل إن نشوء الكون يعني نشوء الفضاء والزمن بالإضافة إلى المادة والطاقة .

[إذا كان الزمن غير موجود على الدوام فلابد أن يكون هناك عدم استمرارية يقلع الزمن ضمنها فجأةً ، وهذا يعني أنه قد يكون هناك " حدث أولي " بل " الحدث الأولي " ، وهذا الحدث الأولي لا يمكن أن يشبه تلك الأحداث الأخرى العادية لأنه لا يوجد شيء حدث قبل حدوثه ، أي أنه قد يكون حدثاً بلا علة (بدون مسببات) ، فهل نستطيع أن نؤكد أنه حدث متفرد يفوق الطبيعة والأحداث الطبيعية ؟] .

لقد سلّطت أعمال (هوكنج) المبكرة الأضواء على مسألة « الحدث الأولي » وقد كان (هوكنج) قادراً على أن يوضح (باستخدام النظرية السببية العامة) أن **نشأة الكون كانت حدثاً متفرداً فعلاً** ، كما أوضحت بالطريقة الرياضية الدقيقة التي قدمتها في الفصل الرابع . إذا كان النموذج البسيط للانفجار العظيم قد استمر إلى حده الأقصى فإن الكون عندئذ يكون منضغطاً إلى أقصى الحدود وبشكل لانهائي ، وتتمتع هذه الحالة بحقل ثقالي لانهائي وتترافق مع كبح لانهائي للزمكان أيضاً ، ولا يمكنك أن تتواصل مع الزمكان فيما وراء هذا التفرد ، تماماً مثلما لا يمكن الاستمرار بالمخروط فيما وراء قمته .

[هل هذا يعني أن الحدث الأولي كان (تفرداً زمكانياً) ؟ أي حالة من التكاثف والتقوس اللانهائيين ؟] .

ليس كذلك تماماً ، يوجد مراوغة هنا ، فالتفرد الذي هو على أية حال حقيقة رياضية مصطنعة يُعرَّف بأنه « بجوار الزمن » وليس جزءاً محدداً من الزمن ، وهو في

الواقـــع ليس حدثاً عادياً مثل الأحداث التي نعرفها ، فالتفرد يجاور الزمن في الماضي ، وذلـــك يستدعي أن لا يبقى الزمن إلى الأبد ، وعلى أية حال فليس هناك ما يستدعي افتراض تلك « **اللحظة الأولية** » .

[ماذا ؟ هل من المؤكد أنه إذا لم يستمر الزمن إلى الأبد فإنه لابد أن يكون هناك لحظة أولية ؟] .

كلا ، فهل هناك عدد صغير جداً أكبر من الصفر ؟ (ما هـــو أصغر عـــدد أكبر مـــن الصفر ؟) حاول أن تستحضر عدداً $\frac{1}{1000000}$ ، $\frac{1}{10^9}$ ، $\frac{1}{10^{12}}$ .... إن أي عـــدد يمكن دائماً أخذ نصفه ، ثم يؤخذ نصف ذلك النصف لكي نحصل على أعداد أصـــغرً فأصغر . إذا كان الزمن مستمراً فعندها لا يوجد هناك لحظة لا تسبقها لحظات أخرى (جزء من بليون جزء من الثانية ، أو جزء من تريليون جزء من الثانية) وبالطبع فـــإن الـــزمن قد لا يكون مستمراً . إن المسرحية الكونية الكبيرة يمكن أن تكون مثل شريط سينمائي ، أي تتابعٌ لمجموعة صور ثابتة تجري أمام أعيننا بسرعة لا يمكننا بسببها ملاحظـــة الخطـــوط الفاصـــلة بين الصور ، فهي بذلك تعطي وهماً بالاستمرارية . إن النظريات التي تتضمن « **الكرونون** » «Chronon» (وهي أصغر وحدة لقياس الزمن وتسمى ذرات الزمن) وُضعت دون أن يُكتب لها النجاح ، وقد تم وضع معظمها من قـــبل العالم (دافيد فينكلستاين) كما ذكرت في الفصل الرابع . من الوجهة التجريبية يـــدرس الفيزيائيون بشكل روتيني تعاقب الأحداث التي تحدث على سلّم الزمن ضمن جزء من مائة تريليون جزء من الثانية ولا يلاحظ ضمن ذلك أي إشارة لأي انقطاع أو عـــدم اســـتمرار زمني ، لذلك فإنه إذا كان هناك (كرونونات) للزمن فإنها ينبغي أن تكون دقيقة للغاية .

[حسناً ، يمكنني أن أتبين أن هناك مراوغة رياضية تقنية ، ولكن سواء كان هـــناك لحظـــة بدء أولية أم لا ، فإن الأصل والنشوء المتفرد للكون يعني أن الـــزمن قد بدأ وأقلع فجأة دون سبب واضح أو ظاهر ، وحدوث مثل هذا الشـــيء (الذي لا أفضّل أن أدعوه حدثاً) يبدو فوق الطبيعة إلى حد ما ، لا اســـتطيع أن أتصـــور كيف أن أصل الزمن الموصوف بهذا الشكل يمكن تناوله ضمن مجال العلوم] .

لقد كان ذلك هو الاعتقاد السائد حتى بضعة سنوات خلت ، وقد كان الاختيار يبدو بسيطاً للغاية : فإما أن يكون الكون (والزمن أيضاً) بلا بداية وسيستمر موجوداً إلى الأبد ، أو أن يكون هناك بداية متفردة لم يتمكن العلم من اكتشافها وتفسيرها ، وفي أي من الاختيارين ، نجد أن هناك العديد من المشاكل .

ولكن ، كل شيء يتغير عندما يبدأ الفيزيائيون بإدخال الآثار الكمومية بعين الاعتبار ، حيث أن الخاصية الحاسمة للفيزياء الكمومي هي أن السبب والنتيجة غير مرتبطين ببعضهما بقوة كما هي الحال في الفيزياء التقليدية وكما يمليه علينا الحس العام ، بل إن هناك لاحتمية ، الأمر الذي يعني أن هناك بعض الأحداث « تحدث وحسب » - بشكل تلقائي إن شئت القول - دون أي سبب مسبق وبالمعنى العادي لهذه الكلمة . وهكذا أصبح الفيزيائيون فجأةً يعرفون الطريقة التي يُقلع فيها الزمن فجأة لوحده - تلقائياً - دون أن يجعله أحد يقوم بذلك .

مكتبة
t.me/soramnqraa

(٨-٣) نظرية (هارتل) – (هوكنج)

« لقد توارى مفهوم الزمن مبتعداً عن الأنظار ... »

(كريستوفر إيشام)

وضع العالمان (ستيفن هوكنج) و (جيمس هارتل) من جامعة كاليفورنيا في (سانت باربرا) تصوراً أوضحا فيه الطريقة التي يمكن أن يبدأ بواسطتها الزمن من تلقاء نفسه بشكل ميكانيكي كمومي في لحظة الانفجار العظيم . لقد استخدما أسلوباً رياضياً جمع بين زمن وفضاء (آينشتاين) وقوانين الفيزياء الكمومية وذلك بشكل ظاهر . ويجب أن أوضح منذ البداية أن نظرية (هارتل – هوكنج) هي تأملية تفكيرية بحتة (لا تستند إلى معلومات تجريبية) تعتمد على أسس مازالت هشة ولكنها تمثل على الأقل محاولة جادة تصدت بشكل منهجي لما يمكن أن يعتبر التحدي المطلق للعلوم.

إن حجر الزاوية في نظريتهما هو ذلك الشيء الذي سمّاه (هوكنج) « **الزمن التخيلي** - imaginary time » ولسوء الحظ فإن عدداً كبيراً من الناس اعتقدوا أن ذلك يعني شيئاً غيبياً غير بادٍ للحواس وكأنه « زمن من صنع خيالنا » بينما اعتقد

الآخرون بأنه يعني نموذجاً آخر من الزمن الذي يمكن أن نتخيله فقط وهو ليس حقيقياً مثل الزمن الذي نعرفه بتجربتنا وخبراتنا . في الحقيقة إن كلمة « تخيلي » قد استخدمت هنا لتحمل مفهوماً رياضياً تقانياً وليس لها أي علاقة أو صلة بموضوع التخيل .

دعني في البداية أُذكّر ببعض المفاهيم . لقد تعلمنا في المدارس كيف نربع الأعداد فمثلاً إن مربع العدد 2 هو 4 = 2 × 2 ومربع العدد 3 هو 9 = 3 × 3 وهكذا . أما العملية المعاكسة لذلك فهي تسمى « الحصول على الجذر التربيعي » ، وبناء على ذلك فإن الجذر التربيعي للعدد 4 هو 2 والجذر التربيعي للعدد 9 هو 3 الخ ... وقد تعلّم الطلاب في السنوات الأعلى كيف يربعون الأعداد السالبة وكانت القاعدة تقول بأن حاصل ضرب عددين سالبين هو عدد موجب فمثلاً 9 = (-3) × (-3) ، وهذا يعني أن هناك عددين إذا ربعناهما كان الناتج (9) وهما تحديداً 3 و 3- . ومن ناحية أخرى فإن سألت عن الجذر التربيعي للعدد (9) فالجواب الصحيح هو (3) أو (3-) .

تبرز المشكلة إذا كنت تريد الحصول على الجذر التربيعي لعدد سالب مثل (9-). ليس هناك عدد طبيعي عادي إذا قمنا بتربيعه حصلنا على عدد سالب ، لأن الأعداد الموجبة والسالبة إذا ما تم تربيعها كانت النتيجة أعداداً موجبة . فإذا أردت أن تبحث في موضوع الجذر التربيعي للأعداد السالبة فإنك يجب أن تبتدع بعض الأعداد الجديدة لهذا الغرض ، وهي أعداد غير موجودة بالتأكيد ضمن الأعداد العادية المألوفة من مثل : (... , 4 , 3 , 2 , 1) أو (... , 3- , 2- , 1-) . لقد تم ذلك في القرن السادس عشر وقد سُميت الأعداد الجديدة « **تخيلية** » ، و لم يكن ذلك لأنها أقل « حقيقية » من الأعداد العادية ، ولكن لأنها لا تتمثل أمامنا في الحسابات اليومية من مثل عد الغنم والنقود . إن المصطلح المعبِّر « تخيلي » هو رمز رياضي نموذجي بحت . هناك الأعداد الصماء والأعداد المتسامية أيضاً وهي أعداد ليست حقيقية ، كما أن هناك الأعداد العقدية والأعداد المنطقية والأعداد الموغلة والكسور العادية ، وهذه الأسماء ذات أهمية تاريخية فقط لأعداد كلها غير حقيقية .

بالطبع فإننا لا نستطيع استخدام أي من الرموز المسندة إلى الأعداد العادية للتعبير عن الأعداد التخيلية لأنها اكتشفت حديثاً ، حيث يتم استخدام الحروف بدلاً من ذلك .

ولنبدأ بأبسط عدد تخيلي وهو الجذر التربيعي لـ (-1) حيث أشير إليه بالحرف (i) وبالتالي فإن : $i \times i = -1$. هذا تعريف بسيط ، ومن حسن الحظ أنه ليس من الضروري أن يكون لدينا قائمة لانهاية لها من هذه الرموز الظريفة الجديدة لإسنادها إلى الأعداد التخيلية ، فحسبُنا ذلك الرمز الجديد الوحيد (i) لأن جميع الأعداد التخيلية الأخرى يمكن أن تُستنبط بعد ذلك بضرب (i) بعدد حقيقي (عادي) . وعلى سبيل المثال فإن الجذر التربيعي لـ : (-9) هو : (3i) وهكذا . قد تبدو الأعداد التخيلية غير مألوفة ولكنها تستخدم بشكل واسع في العلوم والهندسة وفي الرياضيات بالطبع حيث غالباً ما تساهم في تبسيط كبيرٍ للمسائل .

ماذا يمكن أن يقدم كل ذلك لموضوع الزمن ؟ إن الصلة مع الموضوع تعود أساساً إلى أعمال (هيرمان مينكوفسكي) . أعتقد أنك تتذكر من الفصل الثاني كيف أوضح (مينكوفسكي) أن اتصالاً (تواصلاً) زمكانياً (Spacetime Continume) نتج بشكل طبيعي من النظرية النسبية الخاصة التي وضعها (آينشتاين) . لقد تعامل (مينكوفسكي) مع الزمن على أنه البُعد الرابع ، فهو بشكل أو بآخر مثل الفضاء (المكان) ولكن ليس تماماً كذلك .

هناك اختلاف في الطريقة التي يدخل فيها الزمان والمكان (الفضاء) في الوصف التعبيري للزمكان ، ولتمييز هذا الفرق يجب أن ننظر إلى مفهوم المسافة في الزمكان . إن المسافة بين نقطتين في المكان مفهومة وواضحة فهي ببساطة تعني الطول من المسطرة الذي يفصل بين النقطتين بخط مستقيم . وكذلك فإن الفاصل الزمني بين حدثين هو ببساطة الفرق الزمني الذي تشير إليه الساعة في وضع السكون بالنسبة لإطارها المرجعي المعني . ولكن **ماذا يا ترى يحصل لدى مزج المفهومين وظهور الزمان والمكان في زمكان موحد ؟**

لنفرض أنك تريد **معرفة الفاصل الزمكاني بين (نيويورك) عند الساعة الواحدة و (لندن) عند الساعة الثانية** . لقد أعطى (مينكوفسكي) القاعدة التي تحتاجها لحساب ذلك . خذ أولاً الفرق الزمني بين المكانين ثم اضربه بسرعة الضوء ، وهذا من شأنه أن يحول واحدات الزمن إلى واحدات المكان ، وبناءً عليه فإن كل ثانية تصبح ثلاثمائة ألف كيلو متر (لأن سرعة الضوء تبلغ ثلاثمائة ألف كيلو متر في الثانية) .

الخطـــوة الثانية : خذ مربع النتيجة . الخطوة الثالثة : خذ مربع المسافة المكانية بالكيلو مـــترات . الخطـــوة الرابعة : اطرح العدد الأول من العدد الثاني ، هنا يصبح الأمر غير عـــادي ، فعندما نضم المسافات إلى بعضها فإننا نستخدم الجمع ، ولكن عندما تتضمن العملـــية زمناً فإننا يجب أن نطرح وهو إجراء سوف يمكّننا من الإمساك بمفتاح القضية الـــتي تهمنا . الخطوة الأخيرة : خذ الجذر التربيعي لناتج الطرح وستحصل عندئذٍ على الفاصل بين الحدثين في الزمكان معبَّراً عنه بالكيلو مترات .

دعنا نأخذ مثالاً على ذلك . حيث أن سرعة الضوء كبيرة جداً فإن زمناً صغيراً جداً (وليكن ثانية واحدة) يعادل مقداراً مرعباً من المكان (ثلاثمائة ألف كيلو متر) ، لذلـــك وحتى نجعل المثال ممتعاً فإنني سأحسب المسافة الزمكانية بين الأرض في الساعة الواحـــدة وشيء آخر بعيد جداً (الشمس مثلاً) عند الساعة (1:05) بعد الظهر . إن المســـافة بين الأرض والشمس تبلغ حوالي 150 مليون كيلو متر ومربعها هو 22500 تريليون كيلو متر مربع . حاصل ضرب 5 دقائق بسرعة الضوء هو 90 مليون كيلو متر ومـــربعه هو : 8,100 تريليون كيلو متر مربع ، بقي علينا الآن أن نجري عملية الطرح الحاسمـــة 22,500 تريليون − 8,100 تريليون = 14,400 تريليون . أخيراً نأخذ الجذر التربيعي لهذا العدد فنجده (120) مليون كيلو متر وهو يمثل الفاصل الزمكاني بين هذين الحدثـــين . لاحـــظ أن هذا الفاصل الزمكاني أقل بـــ 30 مليون كيلو متر من المسافة المكانية .

واضـــح أنه كلما كان الفاصل الزمني بين الحدثين أكبر ، كان الجواب النهائي للمسافة الزمكانية أقل ، فإذا اعتبرنا مثلاً أن الحدث التالي قد وقع في الساعة 1:08 بعد الظهـــر فســـتقودنا الحسابات إلى أن المسافة الزمكانية بين الحدثين أصبحت 42 مليون كيلو متر فقط . ولو كان الفاصل الزمني بين الحدثين $8\frac{1}{3}$ دقيقة فإن الفاصل الزمكاني ســـيتقلص في الواقع إلى الصفر . وهذه مفاجأة مذهلة ، فكيف يمكن لحدثين منفصلين زمانـــياً ومكانياً أن يكون الفاصل الزمكاني بينهما **صفراً** ؟ أحد الطرق التي تفسر ذلك هـــي أن نلاحظ كيف أن جواب الصفر حصلنا عليه في هذا المثال عندما يكون الفارق الزمني مساوياً تماماً للزمن الذي يستغرقه الضوء كي يصل من الشمس إلى الأرض . هل تذكـــر التوأمين آية و شهد ؟ إن رحلة شهد تستغرق وقتاً أقل فأقل بالنسبة إلى جملتها

المرجعية كلما تقترب بسرعتها من سرعة الضوء ، وعند وصولها إلى سرعة الضوء نفسها يتوقف الزمن . إن النظرية النسبية لا تسمح لآية أو شهد أن تصلا إلى هذه السرعة ولكن نبضات الضوء تستطيع ذلك ، ومن منظور النبضات فإنه لا يوجد أي زمن ينقضي في جملتنا المرجعية بل إنه يمسح (يجوب) المنظومة الشمسية ، فهو هنا وهو هناك بشكل لحظي ، أما من منظور الضوء فإنه لا يوجد أي فصل بين الأرض عند 1:00 بعد الظهر والشمس عند $1:8\frac{1}{3}$.

المشكلة تظهر عندما يكون الفارق الزمني أكبر من $8\frac{1}{3}$ دقيقة . ولنفترض أننا اعتبرنا 1:10 فإن ناتج تربيع الزمن الآن هو 32,400 تريليون وهذا أكبر من 22,500 تريليون (وهو المطروح منه) وبالتالي فإن الناتج سيكون عدداً سالباً هو 9,900- تريليون . نحن الآن وجهاً لوجه أمام الخطوة الأخيرة وهي أخذ الجذر التربيعي . إن حساب الجذر التربيعي لعدد سالب يعني أننا سنحصل على عدد تخيلي . هذا الأمر يجب أن لا يثيرنا كثيراً ، فإذا كان الفاصل الزمكاني بين حدثين تخيلياً فإن ذلك (فيزيائياً) يعني ببساطة أن الحدثين يحملان فاصلاً زمنياً أكبر من المسافة المكانية بينهما . إن أبسط مثال على ذلك هو بين حدثين متعاقبين في نفس المكان ، فالفاصل المكاني يكون عند ذلك صفراً ، وبالتالي فإن الجواب النهائي للجذر سيكون تخيلياً ، فمثلاً الكويت في الساعة 1:00 بعد الظهر والكويت في الساعة 1:05 بعد الظهر حدثين منفصلين عن بعضهما زمكانياً بمقدار (90,000,000 i) كيلو متر .

إن ظهور (i) عندما نحسب بعض الفواصل الزمكانية وعدم ظهورها في البعض الآخر هو إشارة على أن الزمان والمكان لا يمتزجان أحياناً بشكل حميم . يشير ظهور (i) إلى وجود الفواصل الزمنية ، بينما يعني غيابهما بأننا نتعامل مع فواصل مكانية والفرق واضح بين المجالين ، لذلك فإنه حتى ولو كان زمان ومكان (آينشتاين) محبوكين ومضفورين مع بعضهما في زمكان (مينكوفسكي) فإن المكان يبقى مكاناً والزمان يبقى زماناً . **يمكن أن يكون الزمن هو البُعد الرابع** ولكنه لن يكون بُعداً خاصاً كما تشير إليه رموز الـ (i) . إن هندسة المكان التي وصفها (مينكوفسكي) تأخذ الشكل المتزعزع الهش الذي أشرت إليه في الفصل الثاني ، لأن المسافات

الزمكانـــية تأخذ بالصغر عندما تنضم الفواصل الزمانية والمكانية إلى بعضها من سرعة الضوء .

لقـــد وصلنا الآن إلى مفتـــاح مفهـــوم الزمـــن التخيلي . إذا ضربنا الفواصل الزمنـــية بـــ (i) فلن يظل عندها أعدادٌ تخيلية ، بل ستصبح أعداداً عادية مثل الفواصل المكانـــية تمامـــاً ، ذلك لأن حاصل ضرب (i) بأي عدد تخيلي آخر يعطينا عدداً عادياً ($i \times i = -1$) ، لذلـــك فـــإذا تابعنا التخيل بأن الفواصل الزمنية هي أعداد تخيلية فإن المكان والزمان يكونان عندها متماثلين عندما يتعلق الأمر بقواعد فضاء (مينكوفسكي) ، **ويمثل الزمن عند ذلك بُعداً رابعاً للفضاء** فحسب .مكتبة .. سُر مَن قرأ

إن العالم بالطبع ليس كذلك فعلاً ، ولكن فكرة (هوكنج) هي أنه من الممكن أن يكـــون كذلـــك يومـــاً ما . (في النص المقتبس المثبت في مطلع هذا الفصل ألمح (هوكـــنج) إلى اعـــتقاد مفـــاده أنه يمكن أن يكون العالم كذلك حتى في أيامنا هذه ، ولكـــنني لا أوافقـــه على هذا الرأي بالتأكيد) . يمكن أن يكون الزمن تخيلياً بالتحديد (أي مـــثل المكان فحسب) قرب الانفجار العظيم ، وهذه الفكرة لم تنبثق من فراغ . إن المقاديـــر التخيلـــية تفـــرقع في أرجاء المكان في الفيزياء الكمومي وتسبب في بعض الأحـــيان صعوبات رياضية . لقد خدع كل الفيزيائيين لسنوات عديدة وفي أكثر من مناســـبة خلال التعامل الاصطناعي مع الزمن على اعتباره تخيلياً لكي يتمكنوا من إنجاز حســـاباتهم بدلاً من بقائها مستعصية . ومهما يكن من أمر ، فإن هذه المسيلة مشكوك بقدرتهـــا أحـــياناً على إعطاء الإجابة الصحيحة ، لذلك فإن من المفيد تعديل نتائجها بموجـــب نظرية أخرى أعمق . إذاً فعند تطبيق الفيزياء الكمومي على الكونيات ينهض مشروع (هارتل) و (هوكنج) ليقول : نعم يجب أن تجرى بعض التعديلات . وكما دأبـــت عـــلى الإشـــارة ، فإن الارتياب الكمومي يحمل مفعول المسح أحياناً ويجلب التشـــوش أحـــياناً أخـــرى على كافة الكميات القابلة للقياس والصغيرة جداً إلى حد المســـتوى المجهـــري ، وذلك يشمل الزمان والمكان . عندما يتحد الزمان والمكان مع بعضهما فقد يمسح التشوش الكمومي ويخلط بعض قطع الزمان مع بعض قطع المكان ، **وهنا يظهر « الزمن التخيلي »** إن مسح وخلط الزمان بالمكان غير ملحوظ في حياتنا اليومـــية بالطـــبع لأنـــه محدود بالفواصل الصغيرة جداً (حوالي 10^{-33} سنتمتر بالنسبة

للمكان و 10^{-43} ثانية بالنسبة للزمن) وعلى أية حال فهي إن وجدت فإنها تغير بشكل (دراماتيكي) مسرحي من طبيعة مسألة الحدث الأول .

إن المسح الكمومي(*) ليس شيئاً متقطعاً ، فالزمن يمكن أن يُمسح بشكل طفيف أو كبير ، مما يعني أنه قد يُجعل مكانياً بشكل طفيف أو كبير . يمكن أن نتخيل تتابعاً مستمراً بحيث ينطلق الزمان كمكان ثم يعود تدريجياً ليتحول إلى زمان (أو بأسلوب يؤدي إلى انعكاس الموضوع ، حيث يخبو الزمن تدريجياً ويضعف كلما أوغلنا متراجعين بالزمن إلى الوراء نحو الأصل) . هذه العبارة تظلم أو تسيء إلى الأسلوب بطريق شتى. الزمن دائماً هو الزمن ، فهو في الواقع لا يتحول إلى أي شيء آخر ، وبدقة أكبر فإن ما ندعوه زمناً يمكن لمرة أن يحمل بعض الخواص التي نسندها عادة إلى المكان ثم يبدأ المعنى بالوضوح تدريجياً بعد مرور 10^{-43} ثانية والتي تعتبر سريعة إلى حد ما وبكل المعايير . على أية حال فليس في هذه النظرية أصل متفرد للزمن ، أي أنه ليس هناك انطلاقة مفاجئة عند اللحظة الأولى $t = 0$.

من ناحية أخرى فإن الزمن لا يمتد إلى الوراء بلا نهاية فهو محدود بالتأكيد بالانفجار العظيم بموجب نظرية (هارتل – هوكنج) كما هو في النظرية التقليدية حيث يوجد هناك تفرد زمكاني يسد الطريق أمام الكون الفيزيائي . عدد من الأشخاص يفترضون خطأ أن (هوكنج) يكون بذلك قد تخلّص من أصل الكون وهذا خطأ تماماً . ففي نظريته نجد أن الزمن محدود (bounded) (له حدود) تماماً بالمدة ولكن ليس هناك لا حدث أولي ولا حدث مفاجئ يُعرِّف الأصل المتفرد الفائق للطبيعة ، وبعيداً عن ما تعنيه الفكرة الظريفة حول 10^{-43} ثانية فإن نتيجة الانفجار العظيم هي أقرب ما تكون إلى ما قبل .

يمكن تطبيق هذه الأفكار على نهاية الكون أيضاً ، حيث نستطيع أن نتخيل أن الزمن يمكن أن لا يستمر بالجريان إلى الأبد ولكنه سيضعف باستمرار مبدداً نفسه في المكان بنفس الهيئة أو الطريقة التي نشأ بها . عندها يمكن أن لا يكون هناك حدث انتهائي أو لحظة نهاية ولكن المستقبل يمكن أن يكون محدوداً أيضاً .

يجب أن تعلم أن الوصف الذي سردته لأعمال (هارتل) و (هوكنج) يغطي

(*) المسح الكمومي : Quantum Smearing

أخطاءً عديدة . بشكل خاص ، انظر إلى العبارة التي تقول بأن الزمن يبرز باستمرار من بُعد مكاني ، فهي تبدو سهلة بشكل كيفي لشرحها بكلمات ، ولكن آلية هذا البروز بعيدة عن الوضوح إلى حد كبير .

وكما أشرت في الفصل السابق فإنه مازال مبهماً وغامضاً تماماً كيفية بروز مفهوم الزمن المعرَّف تماماً (وكذلك المكان) من التشوش الكمومي للانفجار العظيم .

(٨-٤) الساعات التخيلية

[كل ذلك حسن ، فهو يستبعد الشك عندك لقبول المفاهيم الرياضية كالزمن التخيلي والتشوش الكمومي ، ولكن ما هي الصلة (إن وجدت) التي تربط بين تلك الأزمان النظرية والزمن الحقيقي الخالص ، زمن كل يوم، زمن الإنسان إن شئت ؟ وفي كل الأحوال : كيف يمكنك حتى أن تقيس الزمن التخيلي ؟] .

عندما استخدم الفيزيائيون وعلماء الكون كلمة « الزمن » ضمن ارتباطها مع الكون في مراحله المبكرة ، فقد كانوا يستخدمون التجريد والاستقراء والاقتراب من الأحوال المثالية ، وذلك بطرق عديدة . أولاً لا يوجد ساعة معروفة يمكنها قياس الفواصل الزمنية التي تقل عن جزء واحد من تريليون جزء من الثانية ، وإذا كان ثمة ساعات ذات " قوة " زمنية أكبر فإننا لم نكتشفها بعد . وبالتالي فمن أجل الخوض في الفترات الأقصر من ذلك (على أن تظل ضمن إمكانية القياس) فيجب عليك أن تفترض ما يلي : آ) إن الزمن مستمر ومتصل فعلاً خلال تلك الفترات القصيرة جداً . ب) أن يكون هناك على الأقل عمليات فيزيائية دورية تكون أسرع من ذلك بحيث يمكن استخدامها لتعريف الساعة . والأكثر من ذلك فمن المفضل أن تكون الساعة صغيرة . ولبيان فحوى الشرط الأخير أقول ، إذا لم يكن هناك أي كائن فيزيائي يمكن أن تفوق سرعته سرعة الضوء ، فلن تستطيع أي ساعة أن تقيس الزمن بدقة أكبر من الفترة الزمنية التي يستغرقها الضوء لقطع المسافة بين أجزاء الساعة ، وبما أن الضوء يقطع مسافة أقل من أبعاد نواة الذرة خلال جزء واحد من تريليون جزء من الثانية ، فإن الساعة المنشودة ينبغي أن تكون من أحد أشكال الكائنات ما دون الذرية ، أي من

رتبة الجسيمات أو الدقائق الذرية . بعد ذلك يأتي دور كل تلك المسائل والحيل التي يتم بها قياس الزمن الكمومي بالساعات الكمومية والتي بحثتها في الفصل السابع .

حتى لو تصورنا وجود ساعة ملائمة يمكن تحديدها (تقريباً) لتؤرخ افتراضياً تاريخ الكون في مراحله الأولى ، فإن عليك أن تفترض أيضاً بأنها تبقى ساكنة في الجملة المرجعية التي يتم فيها قياس الزمن الكوني ، وهذا محض خيال بلا شك . إذا تصورت الأحداث التي يمكن أن تمر بها الجسيمات دون الذرية في الكون المبكر الحار والكثيف فستعرف كم من المعاناة التي ستعانيها لدى تعرضها للعدد الهائل من الاصطدامات السريعة ، فهي ستقضي معظم وقتها في حركة مسعورة قصيرة جداً ولكن بسرعة الضوء وهي ترتطم بعقبة ما في أي طريق تسلكه . بالنسبة للجملة المرجعية لتلك الجسيمات فسيكون هناك أثر كبير لتمدد الزمن مما يعني أن الزمن الذي تعرفه ساعتنا سيكون متمدداً بشكل كبير بالقياس إلى الزمن « الحقيقي » للكون .

بدلاً من تخيل نوع من الساعات الاصطناعية الافتراضية التي يمكن استخدامها لمراقبة انفعالات الكون في مراحله الأولى (الكون المبكر) ، يمكن أن نقلب المسألة رأساً على عقب وأن نستخدم فعاليات الكون لقياس الزمن . بعبارة أخرى يمكننا أن نعرِّف واحدة الزمن بأنها تمثل المدة المطلوبة لإنجاز أحد الفعاليات (نشاطات Activity) الفيزيائية ، فمثلاً يمكن اعتبار معدل الفترة بين كل تصادم وآخر ، واحدة جيدة لقياس الفعاليات . ولأن الكون يزداد سخونة كلما رجعنا بالزمن واقتربنا من لحظة ولادة الكون الحاسمة ، فإن حركة الجسيمات في هذا الخضم المحموم تصبح مسعورة إلى حد لا يتصوره العقل فيؤدي ذلك إلى تسارع معدل امتطاط الزمن (تمدد الزمن) تسارعاً من شأنه أن يجعل تمدد الزمن لانهائياً ، ويعتمد ذلك على كيفية وجود الأشياء فعلاً بالقرب من المركز (الأصل Origin) . إذا كان الأمر كذلك فإنه ضمن منطق معين (من وجهة نظر الجسيمات) يمكننا القول بأن الكون قد يكون موجوداً بشكل مستمر .

[ولكن كيف يمكن لتلك الساعات الافتراضية أن ترتبط بالزمن البشري المعروف بالنسبة لنا ؟] .

حسناً ، حيث أنه لم يكن هناك كائنات إنسانية بعد الانفجار العظيم بفترة

طويلـــة فإن هذا السؤال يُعتبر غامضاً إلى حد ما . يمكن أن تسأل عن نوع الزمن الذي يـــتعامل معه البشر اليوم ، ثم تجد الساعة التي تقيس بشكل أو بآخر هذا الزمن البشري المعاصـــر (أي الســـاعة الـــتي على جدار غرفتك) ، بعد ذلك يمكن أن تتخيل ساعة افتراضـــية بحيث تتفق زمنياً مع هذه الساعة ، ولكنها بشكل سحري تمكنت من البقاء سليمة دون أن تصاب بأذى خلال الظروف العصيبة التي سادت أثناء الانفجار العظيم، ففـــيما يخـــص هذا السلّم من الزمن نستطيع القول بمنتهى الوضوح أن الكون وُلِدَ قبل بضع بلايين من السنين .

هـــذا ويمكن النظر إلى الأمور بشكل مختلف قليلاً . ما هو في نهاية الأمر الشيء الـــذي يحدد قياس الزمن البشري ؟ هذا موضوع أساسي سوف أتطرق لـــه في الفصل (12) ، ولكن دعني في الوقت الحالي أشير فقط إلى أن إدراكنا الحسي للزمن له ارتباط وثيق بالعمليات الدماغية ، بدليل أنه لو عملت أدمغتنا بضعف سرعتها الفعلية ، فإن ما نستوعب أنه ثانيتين الآن ، سيبدو في إدراكنا أنه أصبح ثانية واحدة .

تعتمد سرعة العمليات الفيزيائية على الحرارة ، فكلما زادت حرارة الجملة ، فإن الأحداث ستقع بسرعة أكبر (وذلك يتضمن الأفكار !) . إن حرارة الدماغ البشري مـــنظمة بحـــدود دقيقة جداً بالطبع ، ولكننا يمكن أن نتخيل كائنات واعية تعيش في درجـــات حرارة عالية ومعدلات تفاعل حيوية أعلى ، وستكون متعايشة في هذه الحالة مـــع زمن ذاتي أسرع مقارنة بوضعنا . فإذا استطاعت العمليات المسعورة التي تلاحقت في الكون عند نشوءه أن تدعم (بطريقة ما) أحد أنواع الفعاليات العقلية لكائنٍ بدائي واعي ، فإن الزمن الذاتي لهذا الكائن يمكن أن يصل إلى اللانهاية عندما يصل الكون إلى لحظـــة ابتدائية . بعبارة أخرى ، فإنك إن استطعت أن تقيس الزمن الذي انقضى منذ الانفجار العظيم بدلالة وعي افتراضي (وعي الكائن البدائي وليس وعينا) فمن المحتمل أن يكون لانهائياً .

نفـــس الحالة من هذه الأمور يمكن أن تسود إذا كان ينبغي للكون أن ينهار إلى حُطام بعملية **انسحاق عظيم**[*] ، فعندما يقترب من النهاية فإن الكون يصبح أسخن ثم اســـخن وتتســـارع معدلات الفعاليات ربما دون حدود . لقد تأمل الفيزيائي (فرانك

---

[*] الانسحاق العظيم big crunch وهو عكس الانفجار العظيم .

تيـــبلر) وفكّر بعمق مبتدعاً فكرة الدماغ الفائق الذي سينتشر عبر الفضاء في المستقبل البعـــيد لكي يشمل ويغمر الكون بأكمله . هذا الشخص الكوني يمكن أن يكون قادراً عـــلى الـــتفكير بعـــدد لانهائي من الأفكار المختلفة قبل أن يحدث الانسحاق النهائي (Final crunch) وذلك عـــن طريـــق تجهيـــز كافـــة الفعاليات الفيزيائية المتصاعدة وتسخيرها كعمليات دماغية خاصة به ، وكلما اقترب الوصول إلى الانسحاق تسارع التفكير فأصبح أسرع فأسرع . ولكن هل تستطيع سرعة أفكار هذا الدماغ الفائق أن تتـــنامى وتتعاظم على قدم المساواة مع اتساع حدود هذا الكون ؟ يعتمد ذلك بشكل حاسم (كما ذكرت في الفصل الخامس) على قيود (Limitation) الفيزياء الأساسية مثل سرعة الضوء والمسح الكمومي (Quantum Smearing) .

وقـــد استطاع (تيبلر) أن يستنتج ذلك ، فقد وجد أنه من أجل معظم نماذج الانهـــيارات الكونـــية فإن مثل تلك القيود سوف تحبط بحث الدماغ الفائق عن طاقة تفكيريـــة لا محـــدودة ، ولكن يوجد هناك نماذج معقدة معينة يمكن التخلص فيها من القـــيود المعـــروفة . لقد زعم (تيبلر) أن هذا الكائن الفائق يمكن أن يعيش إلى الأبد ضمن منطق مفاده أن زمنه الذاتي سيصبح لانهائياً على الرغم من أن وجود ذلك الزمن (عن طريق الاستقراء الخارجي للزمن الإنساني) محدود بالمستقبل .

لقد تم بحث المشهد التسلسلي (السيناريو) المعكوس من قبل (فريمان دايسون) الـــذي تصـــور صنفاً آخر من الكائنات الواعية التي سوف تتحايل على ضنك العيش والوجود الحزين واليائس لها لبضع تريليونات من السنين تحت الظلام عندما كان ينمو الكـــون بارداً جليدياً ليصل إلى **موات بيئي** . إذا لم ينهار الكون كما افترض (تيبلر) بـــل اســـتمر في توســـعه إلى الأبـــد ، فإن كل مصادر الطاقة المعروفة سوف تتضاءل وتتضـــاءل حـــتى تنعدم ، وسلالتنا الباقية سوف تضمحل وتتلاشى بجزأيها الفيزيائي والعقـــلي . ســـوف يكونون مجبرين على جمع بقايا الطاقة من أجل الوقود من مناطق كونية أكبر وأضخم حيث يحفظونها في سبات طويل بغية استخدامها لاحقاً . وفي هذه الحالـــة يصـــبح الزمن الذاتي لتلك الكائنات غير المضغوطة (المنداحة) والبطيئة عقلياً مـــتمدداً أكـــثر فأكثر بالنسبة للزمن الكوني . (يمكنك أن تعرف المزيد عن مغامرات الكائنات المحروقة التي كتبها (تيبلر) وقصص الكائنات المتجمدة لـــ (دايسون) من

كتابي « **الدقائق الثلاث الأخيرة** ») .

لقد قدم (تيبلر) و (دايسون) تصورات متناقضة تماماً عن نهاية الزمن يظهر في إحداهـــا تسارع النشاط العقلي وتباطؤ الزمن ، ويظهر في الثاني تباطؤ النشاط العقلي وتسارع الزمن . ولكن هناك احتمالاً ثالثاً أيضاً . يمكن للزمن أن يتراجع إلى الوراء .

الفصل التاسع

سـهـم الزمـن

« إن سـهم الزمن وكل هذا التغيير يشيران إلى توجه عام نحو الدمار . إن دور الـزمن هـو إدخـال العملية الكهركيميائية في أدمغتنا لهذا الانجراف الأعمى نحو الفوى كلما حاولنا تحقيق الثبات والاستقرار والجدية » .

(بيتر آتكنز)

(٩-١) إمساك الموجة

كـان العـالم (ديفيد بوم) من أشهر العلماء الذين ظهروا في سنوات ما بعد الحرب ، وهو فيزيائي نظري أميركي المولد ويتميز بالمرح وبعض الأطوار الغريبة ، وقد عمل بشكل رئيسي في لندن وتحديداً في كلية (بيرك بك) . عندما قابلته للمرة الأولى كنت في الثالثة والعشرين من عمري ، طالباً محباً للاطلاع راغباً بالعلم وأحضِّر لدرجة الدكـتوراه في جامعـة (لندن) . كان الهدف من ذلك الاجتماع بحث أحد جوانب أطـروحتي الذي يتعلق بـ : « **مفارقة الوهن** Nagging Paradox » المرتبطة بطبيعة الـزمن . يمكن شرح هذه المفارقة باختصار كما يلي : من المسلم به أنه عندما ترسل محطـة إشـعاعات إشارة ما فإننا نستقبل هذه الإشارة في محطة الاستقبال **بعد** أن يتم إرسـالها من مصدرها بفترة زمنية ما ، ولن يكون التأخر في الاستقبال كبيراً حيث لن يـتجاوز كسراً من الثانية من نقطة إلى أخرى على الأرض ، لذلك فإننا لا نلاحظه في الغالـب ، إلا أن المحادثـة التي تمر عبر الأقمار الصناعية يمكن أن تعاني من تأخير زمني ملحوظ . وفي كل الأحوال فإنه **لا يمكن استقبال الإشارة قبل إصدارها!!.**

يمكـن أن تسأل : ولماذا ينبغي علينا ذلك ، طالما أن النتائج لا تحدث عادة قبل مسـبِّباتها ؟ المشكلة التي تستقر في أعماق تفكيري وتقلقني ظهرت منذ منتصف القرن التاسع عشر عندما كتب (جيمس كلارك ماكسويل) أسئلته الشهيرة التي تصف تولّد

الموجـــات الكهرطيســـية كالضوء والموجات الإشعاعية الأخرى . وقد قام بذلك أثناء عملـــه في الكلية الملكية في (لندن) التي تبعد قرابة الميلين فقط عن (بيرك بك) . لقد تنـــبأت نظـــرية (ماكسويل) بأن الموجات الإشعاعية تسير في الخلاء بسرعة الضوء ، ولكـــن الذي لم تخبرنا عنه نظرية (ماكسويل) على أية حال هو أن هذه الأشعة تصل إلى هدفهـــا قـــبل أن بعد إصدارها ؟ هذه الموجات غير منحازة لطرف أو لآخر فهي حـــيادية لا تميز بين الماضي والمستقبل ، وحسب المعادلات فإنه يسمح تماماً **للموجات الإشـــعاعية** «Radio waves» بالانطلاق متوافقة مع الزمن أو متعاكسة مع الزمن . وإذا أخذنا نموذجاً من نشاط كهرطيسي كذلك الذي يشبه الأمواج الإشعاعية المتولدة عـــن منبع ما منتشرة في الفضاء ، فإن نموذج الزمن المعكوس (في هذه الحالة الأمواج المتباعدة) مسموح به بشكل متكافئ في قوانين الكهرطيسية .

أما في الفيزياء المشقلبة فإن « الموجات المتوافقة مع الزمن » :

(Forward-in-time waves) تسمى « الموجات المتأخرة retarted waves » وهي الموجـــات العادية التي نألفها وسميت كذلك لأنها تصل متأخرة عن لحظة إصدارها وهو الأمر الطبيعي . أما «الموجات المتعاكسة مع الزمن» (Backwards-in-time waves) فهي تسمى « الموجات السبَّاقة » «advanced waves» لأنها تصل مبكرة عن لحظة إصـــدارها . وحيث أننا لا نلمس ولا نلاحظ الموجات الإشعاعية السبَّاقة أو الموجات الكهرطيســـية السبَّاقة من أي نوع كان فإن الحلول المتقدمة التي تظهرها في معادلات (ماكسويل) تُستبعد باعتبارها غير موجودة فيزيائياً . ولكن ما هي التعديلات التي ينبغي إجـــراؤها ليتم إدخال ذلك بعين الاعتبار ؟ هل هناك قانون آخر للفيزياء بالإضافة إلى قوانـــين الحركة الموجية يقتضي بأنه : « لا يوجد هناك حلول متقدمة في هذا الكون » ؟. إذا كـــان الجـــواب بالـــنفي ، فماذا غير ذلك يمكن أن يقود الطبيعة لكي تفضِّل الموجـــات المـــتأخرة على الموجات السبَّاقة علماً بأن الاختيارين يلتزمان بشكل صريح بقوانينها الكهرطيسية ؟.

لقـــد كنت مشدوداً بهذا اللغز منذ أن حضرت ذلك المؤتمر الجذاب في الجمعية الملكـــية عـــام (١٩٦٧) الذي قدم خلاله الفلكي البريطاني (فريد هويل) حله المبتكر لمعضـــلة **الزمن غير المتناظر** «time-asymmetry» . لقد كان (هويل) مقتنعاً بأن

الحـــل يكمن في الطريقة التي يتوسع بها الكون وأن طرح التساؤل عما يحدث في محطة استقبال الموجات الإشعاعية مرتبط بكثافة الكون ، وقد وجدت أن ذلك الحل لا يخلو من سحر وفتنة . لقد ركزت اهتمامي وتحرياتي على أبسط نظام يمكنه إصدار واستقبال الموجـــات الكهرطيسية وهو الذرة المفردة . إذا سقطت موجة كهرطيسية على ذرة في حالـــتها العاديـــة أو " الأرضـــية " فإن الذرة يمكن أن تتحرض للقيام **بقفزة كمومية** «Quantum Leap» إلى وضعيـــة مُثـــارة وذلـــك بامتصاص فوتـــون مـــن الموجة الكهرطيســـية ، وســـيكون ذلك بالتوافق مع الهوائي المستقبل للموجة بالطبع . وعلى العكس من ذلك ، فإذا كانت الذرة عند وضعيتها الابتدائية في حالة مُثارة فإنها تستطيع القـــيام **بتحول « كمومي »** «Quantum Transition» والعودة إلى الحالة الأرضية عـــن طـــريق إصدار فوتون . وتبدو هذه العملية عندئذ متناظرة ولطيفة على المستوى الكمومـــي ، بمعنى أن الزمن العكسي (أو انعكاس الزمن time reverse) لأي ذرة تمتص فوتوناً هو ذرة تصدر فوتوناً .

في الحقـــيقة ، إن (آينشـــتاين) كان قد توصل منذ زمن طويل إلى هذا التناظر الفعـــلي بين إصدار وامتصاص الفوتونات من أجل حساب المعدل الذي تستطيع خلاله الذرة المثارة إصدار فوتون تلقائياً إلى الفضاء الحر . لقد قام بذلك في عام ١٩١٦ وبعد وقت قصير من انهيار زواجه من (مليليفا) ، وقبل فترة لابأس بها من ظهور الميكانيك الكمومي بشكله النهائي . لقد تضمنت حساباته أيضاً صيغة أو دستوراً لحساب المعدل الـــذي تستطيع فيه الذرة إشعاع فوتون إذا قذفت بفوتونات أخرى ، وهي العملية التي تســـمى « **الإصدار المحثوث** Simulated emission » والتي قُدِّر لها أن تصبح المبدأ الذي كان وراء تطوير أشعة الليزر بعد مرور نصف قرن من الزمن .

إن التـــناظر بـــين الإصدار والامتصاص الذري للفوتونات ينطوي على أية حال على افتراض خفي بين ثناياه . فعندما كنا نريد حساب المعدل الذي تمتص فيه ذرة غير مُثارة فوتوناً على غرار ما فعله (آينشتاين) ، كانت الكتب تشير على أنه ينبغي علينا أن نفـــترض أن جميع الفوتونات القادمة إلى الذرة تكون غير متلازمة ، وهذا يعني بلغة الموجات أن الموجات الكهرطيسية المتوافقة مع تلك الفوتونات تكون جميعها « **متسلقة** Scrumble » أي أنها مختلفة في الصفحة (phase) اختلافاً تاماً وعشوائياً . لقد كنت

أريـــد أن أعـــرف لماذا يكون هذا الافتراض ضرورياً وحاسماً لإبراز تناظر الزمن أثناء امتصاص وإصدار الذرات للفوتونات ، لذلك ذهبت كي أقابل (بوم) .

عـــلى الرغم من أن (بوم) اقترب من أن يصبح رمزاً ثقافياً كبيراً له أنصاره في أنحـــاء العـــالم ، فقد كان رجلاً منطوياً سريع الإثارة عندما يكون الحديث عن أعماله ســـاخناً . لقـــد كان خطابه العلمي جيداً إلى أن يثور ، فيبدأ عندها بتوزيع الكلمات والجمل واقتطاع أجزاء منها ويزداد ذلك كلما انفعل واسترسل بالحديث ، وبالتالي فإن عليك التركيز تماماً لمتابعة حديثه . قابلته مرة أخرى بعد عدة سنوات في مناظرة إذاعية لهيئة الإذاعة البريطانية (BBC) . كانت المناظرة حادة وقد كان (بوم) متشنجاً فعلاً لدرجة كبيرة جعلتني أجزم بأن المستمعين لم يعد بإمكانهم فهم الكلمات والمصطلحات التقانـــية الـــتي كانـــت تفلت منه بسرعة متزايدة ، حتى أن قلقاً حقيقياً بدأ يساورني باحـــتمال إصـــابته بنوبة قلبية في (الاستوديو) ، خاصة وأنه كان في دور النقاهة من جراحة قلبية خطيرة لكنه عاش بعد ذلك عدة سنوات .

على الرغم من أن (بوم) كان مشهوراً بكتاباته وأعماله الفلسفية وخاصة بين القراء ذوي النـــزعة الروحانية ولكنه كان معزولاً في الأوساط الفيزيائية ، وربما اشتهر أكـــثر عندما نشر كتابه في الميكانيك الكمومي عام (١٩٥٠) ، ولكنه سرعان ما أعلن أنـــه لم ينسجم يوماً مع هذا العلم وخاصة في صياغته التقليدية التي وضعها (بور) ، وهكـــذا أصبح (بوم) في المواجهة الأمامية مضاداً لـــ : (بور) وحمل لواء المعارضة الوحيدة للميكانيك الكمومي التي كان (آينشتاين) قد خلّفها وهو على سرير الموت. تمكـــن (بوم) بمساعدة مجموعة صغيرة من أنصاره وعلى رأسهم زميله في كلية (بيرك بـــك) الفـــيزيائي (بـــازل هايلي) من وضع نظرية أعيدت فيها العشوائية الصارخة والحـــوادث التي لا نستطيع التنبؤ بها في الظواهر الكمومية إلى أصلها ، أي إلى مستوى أعمق من **العمليات الحتمية** «Deterministic» .

لقـــد تبـــنّى (بوم) هذه الفكرة الجذابة ومفادها أنه : على الرغم من أن بعض معـــالم الكـــون تـــبدو معقدة أو حتى عشوائية فإنه يقبع مختبئاً تحتها جميعاً أوامر خفية " طويت " بطريقة ما ، وقد أطلق عليها اسم (في السنوات اللاحقة) اسم « **الأوامر الضمنية** implicate orders » . لقـــد اعتـــاد (بوم) على القيام بعرض توضيحي

جـــذاب **للأوامر المطويَّة** (أو الضمنية) عن طريق تصور ما يحدث عند سقوط قطرة من الصِّباغ في وعاء مليء بمادة الجليسرين ، فعندما نقوم بتحريك محتويات الوعاء بأداة الخلـــط ، فإننا نحصل بعد فترة على خليط يبدو فقط أنه تجمع منظم رمادي من القطع والمخلفـــات المتناثرة ، ولكن عدم الاتساق الظاهري في توزع ذرات الصباغ لا يعدو كونـــه خداعاً ووهماً ، لأننا إذا أدرنا أداة الخلط بالاتجاه المعاكس فستحدث المفاجأة ، ويا لها من مفاجأة مذهلة ، حيث ستجد أن ذرات الصباغ قد انفصلت عن الجليسرين وتجمعت مرة أخرى ، وعادت إليها الحياة لتظهر من جديد في شكلها الأصلي كقطرة متســـقة ومتجانســـة . لقـــد كانت قطرة الصباغ تمر في حالة من **حالات الإنمساح** «Smeared out» **أو** « **الطي** » ثم عادت إلى أصلها ، أو أنها تعرضت لأحد الأوامر المطويـــة خـــلال التجربة !! ، لقد فكّرت ملياً وتأملت طويلاً في أن الشيء نفسه قد يحدث أيضاً في موضوع اختلاف الصفحة (phase) العشوائي للموجات الكهرطيسية (وهـــو الأمر الذي كان يحيرني في أطروحتي حول طبيعة الزمن) ، هل يمكن أن يمثل ذلك الاختلاف أحد نماذج **الأوامر المطوية** (الضمنية) .

تقـــع كلية (بيرك بك) على بُعد بضعة مئات من الأمتار من قسم الفيزياء في كلـــية الجامعـــة حيث كنت أدرس ، وكنت قد ذهبت إلى هناك مرة واحد فقط حتى ذلـــك الحين . عندما أصبحت وجهاً لوجه أمام (بوم) بدأت أشرح مشروعي بحذر وقد استمع لي (بوم) بشكل مؤدب . وبشيء من الارتعاش والخوف خشية أن أكون قد تقدمت للرجل العظيم بسؤال سخيف ، جازفت وسألت : « ما هو أساس افتراض اخـــتلاف الصـــفحة العشوائي للموجات » ؟ وبين دهشتي العظيمة وهلعي وارتباكي سمعـــت (بـــوم) يهمهـــم قائلاً وهو يهز كتفيه : « من يدري ؟ » ولكنني كررت احـــتجاجي قائلاً : « ولكن لا يمكننا أن نحقق تقدماً كثيراً في الفيزياء بدون وضع هذا الافـــتراض » ، فأجـــابني (بوم) : « أنا أرى أن التقدم في العلوم يحدث عند إسقاط الافتراضات » .

لقـــد بـــدا ذلـــك في حينه أنه استسلام وخضوع ، ولكنني أتذكر دائماً تلك الكلمات التي قالها (ديفيد بوم) ، لأن التاريخ أثبت فعلاً أنه كان على حق في ذلك ، فغالـــباً ما يحدث التقدم الملموس والجوهري في العلوم عندما يصطدم النموذج التقليدي

المألوف بمجموعة جديدة من الأفكار أو بجزء جديد من برهان تجريبي لا يتفق مع النظريات السائدة ، عند ذلك نجد شخصاً ما يرمي بعيداً بافتراض عزيز علينا ، وربما يكون أحد الافتراضات التي كانت تعتبر غالباً من المسلَّم بها على الرغم من أنه غير معبَّر عنه بوضوح ، وفجأة يتم التحول الكبير ثم يولد نموذج جديد أكثر نجاحاً .

لقد حدث ذلك عندما صاغ (آينشتاين) نظريته النسبية الخاصة ، فقد كان الجميع مستسلمون ودون حتى أن يفكر أحدهم بذلك للافتراض القائل بأن الزمن مطلق وكوني ، وقد قام كل علم الفيزياء الكلاسيكي ونشأ على هذا الافتراض ، مع أنه كان خاطئاً ، فهو الافتراض غير المبرر الذي جعل قوانين نيوتن في الحركة تصطدم مع الكهرطيسية وسلوك الإشارات الضوئية ، وعندما أسقط (آينشتاين) هذا الافتراض اتخذ كل شيء مكانه الطبيعي الصحيح والمناسب .

ومهما يكن من أمر فقد بقيت مواجهتي مع (بوم) حول افتراض اختلاف الصفحة العشوائي للموجات تزعجني فقررت أن أستطلع ماذا قال (آينشتاين) في هذه المسألة . في عام ١٩٠٩ وعندما تم تعيينه أستاذاً مساعداً في جامعة (زيوريخ) ، نشر (آينشتاين) تقريراً مختصراً بالاشتراك مع (والتر ريتز) . كان (ريتز) شاباً صغيراً ولكنه كان فيزيائياً خارقاً في جامعة (جوتنجن) في ألمانيا ، وعلى الرغم من أن (ريتز) كان متحمساً للنظرية النسبية ولكن كان يعتقد أن (آينشتاين) لم يفهم تماماً طبيعة الإشعاع الكهرطيسي . لقد كان مقتنعاً بأنه لابد أن هناك قانوناً خفياً للطبيعة يفضل الموجات الكهرطيسية المتأخرة فيظهرها ويكتم (يكظم) الموجات السبَّاقة فلا تتجلى أمامنا بوضوح . لقد دعا (ريتز) ذلك باسم « نظرية إصدار الضوء » لأنها تميز بين الإصدار وامتصاص زمنه العكسي . لقد اعتقد بأن هذه النظرية تقدم شرحاً لتوجيه الزمن المباشر الذي نلحظه في حياتنا اليومية .

لم يوافق (آينشتاين) على ذلك وأصر على أن قوانين الكهرطيسية يجب أن تكون متناظرة بالنسبة إلى الزمن ، أما عدم التناظر في الموجات المتأخرة فهو ناشئ عن اعتبارات إحصائية حسب زعمه . لإيضاح ما يعنيه (آينشتاين) بذلك ، تصور حجراً ألقي في بحيرة فسنجد أنه يولِّد موجات تنتشر من نقطة اصطدام الحجر بالماء ثم تتلاشى في النهاية عند الأطراف الضحلة وتضيع مع الاتساع ، وهذه أمواج متأخرة بالطبع ،

ولكن شريطاً سينمائياً لهذه الظاهرة إذا تم عرضه باتجاه عكسي (من النهاية إلى البداية) يمكن أن يجعلنا نتخيل طبيعة الموجات السبَّاقة ، حيث ستظهر الترقرقات الواهنة والخفيفة عند أطراف البحيرة أولاً ثم لا تلبث أن تبدأ بالنمو والاشتداد والتقارب في نماذج دائرية منتظمة لتجتمع بعد ذلك في نقطة واحدة . إن هذا المشهد ليس مستحيل الحدوث ، إنه قابل للتخيل ولكنه غير مرغوب به أبداً ، فكيف يمكن لحركة واهنة أن تتآزر وتتعاون ثم تنظم نفسها بطريقة ما لتوليد الخليط الصحيح تماماً من الترقرقات الخفيفة عند أطراف البحيرة لتوليد النموذج الدائري الدقيق جداً من الموجات المتقاربة ، وتتضمن المؤامرة اضطرابات موجية منفصلة تراقصت للوصول إلى منتصف البحيرة في نفس الوقت وعلى توافق واحد وتام ، أعني على صفحة متلازمة . يمكن أن نتوقع في الحقيقة (عملياً) أن تكون الحركة الواهنة تصادمية وغير متلازمة أبداً ، وأن تكون صفحة الموجات الدقيقة عشوائية .

بترجمة كل ذلك إلى المصطلحات الكهرطيسية نستنتج أن الموجة السبَّاقة ليست مستحيلة ولكنها فقط بعيدة الاحتمال . تصور موجات إشعاعية صادرة عن جهاز مرسل تنتشر في أعماق الفضاء حيث سيتم امتصاصها يوماً ما بالغبار النجمي أو بمادة منتشرة أخرى . إن الفيلم الذي يُدار بعكس هذا التتابع من الأحداث يتكون من **زيليونات**(*) (Zilions) من الإصدارات الإشعاعية الطفيفة القادمة من أصقاع الكون والتي تصل وتتجمع بشكل متزامن في اللحظة نفسها وتكون على صفحة واحدة (phase) وعلى نقطة واحدة من الأرض . على الرغم من أن المادة الكونية هي بالتأكيد مصدر للموجات الراديوية (الإشعاعية) وأن **الأرض تسبح غارقةً في هذا الوابل الهائل من الإشعاعات الكهرطيسية** ، فليس هناك تلازماً واضحاً بين الأمواج القادمة من اتجاه كوكبة برج الأسد مثلاً وتلك القادمة من اتجاه برج الحوت . لتوقع ذلك يجب وجود مثل تلك الجوانب للاقتناع بالمؤامرة الكونية الكبيرة التي تعمل بواسطتها مناطق منفصلة من الكون بشكل متعاون لترسل الإشعاعات باتجاهنا باتساق وانسجام متزامن . عملياً نجد أن الموجات الدقيقة المختلفة تصل مختلفة بالصفحة وغير متلازمة ، لذلك واعتماداً على (آينشتاين) فإن التأخير الذي تعاني منه الموجات

(*) الزيليون : عدد هائل جداً لا يمكن تخيله .

الكهرطيسية ينجم عن افتراض الاختلاف العشوائي في الصفحة .

إن طبيعة الإتجاه الواحد للزمن في الأمواج الإشعاعية والإشعاعات الكهرطيسية الأخرى تشكل جزءاً واحداً من مصفوفة موسعة من الظاهرة الفيزيائية التي تدفع الكون بسهم الزمن . في حياتنا اليومية لا نجد ضيراً من الإعلان عن اتجاه السهم لأننا نكون محاطين بعمليات تبدو غير عكوسة ، وتعتبر ظاهرة تقدم البشر في السن واحدة منها ، وتظل معرفة الأصل المطلق لسهم الزمن هي اللغز المعذب . لقد أشرت في الفصل الأول كيف أن (بولتزمان) اعتقد بأنه اهتدى إلى منبع أو مصدر هذا السهم في القانون الثاني للترموديناميك . وكان ذلك فقط للرجوع إلى أساس يعتمد عليه برهانه الذي تم دحضه من قبل (بوانكاريه) ، إن العلاقة بين القانون الثاني للترموديناميك وسهم الزمن عُمِّمت بشكل واسع على يد (آرثر أدينجتون) في العشرينات وكانت موضوعاً شائكاً للبحث بكل معنى الكلمة . وهكذا فما زالت الإجابة المحددة للغز تتملص منا .

تقبع أحد الوصايا في صُلب الإيضاحات اليومية العديدة للسهم وهي أن الحرارة يجب أن تنتشر دائماً بشكل موحّد وموجه من الساخن إلى البارد ، وعلى المستوى الكوني فإن هذا القانون يصوِّر كوناً يستعصي بعناد على الوقوع في مسار التفكك الذي سيزلقه نحو الموت الحراري النهائي . إن الفاتورة الصادرة عن الشمس مقابل وقودها تبلغ تريليون دولار في الثانية الواحدة حسب أسعار عام ١٩٩٣ ، **وتنتشر معظم هذه الطاقة الهائلة تائهةً في الفضاء ، وتتبدد هدراً في أصقاع هذا الكون** عدا قلة قليلة لا تمثل أكثر من بضعة أجزاء فقط من بليون جزء هي التي تتوجه إلى الكواكب لتقوم بتسخينها ، ولا يمكننا بالطبع استرجاع أي جزء من هذه الطاقة فقد فقدت إلى الأبد ودون بديل . وحتى ولو كانت فواصل النظام الشمسي المتواقتة من الزمن التي تدق بإيقاع ثابت على مرّ الدهور تسير على طريقة الدورات دورة بعد دورة ، إلا أن هناك ساعة تقبع في قلب الشمس تدق الزمن باتجاه واحد لتحصي وتسجل فاتورة الوقود ، حيث لا توجد دورات هنا ، بل يوجد فقط تكاليف متزايدة للطاقة مع تضاؤل مستمر في مخزون الوقود ، وهذه العمليات غير قابلة للانعكاس ولا يمكن تفاديها أو تجنبها وهي محدودة ، حيث ستموت الشمس في نهاية المطاف كما ستموت كل النجوم وربما الكون بأكمله ، إلا إذا انهار نحو الانسحاق العظيم قبل ذلك .

(٩-٢) إشارات من المستقبل

(جـــون ويلر) فيزيائي يعمل في جامعة (برينستون) ، انضم إلى مجموعته عام ١٩٤١ طالب شاب من نيويورك اسمه (ريتشارد فاينمان) وكان هذا الطالب مَكسباً حقيقـــياً لـــــ (ويلـــر) . كان (فينمان) يتمتع بشخصية تنبض بالحياة لمستها عصا العـــبقرية الســـحرية ، حيث كان مقدراً له أن يصبح فيما بعد واحداً من أكثر العلماء الأميركـــيين شهرة وأقربهم محبةً إلى قلوب الناس ، وأعترف بأنني كنت أستغرب دوماً فكرة التعاون بين هذين الرجلين الأميركيين الذين يختلفان عن بعضهما كاختلاف الجبن عـــن الطباشير . فقد كان (ويلر) نقياً نبيلاً لطيفاً ومؤدباً بطريقة مميزة ، حتى قال عنه مرة أحد زملائه بأنه سيد محترم يسكن داخل سيد محترم . على النقيض من ذلك كان (فايـــنمان) معـــروفاً بخشـــونته وفظاظـــته ، لا يحترم أحداً ، دعابته عملية ويتميز بالازدواجية .

عـــــلى الرغم من عـــدم التوافق بين هاتين الشخصيتين فقد شكّل (فاينمان) و (ويلـــر) فـــريقاً عظيماً ونشأت بينهما علاقة عمل طريفة وعميقة ومثمرة امتدت لســـنوات عديدة . في منتصف الحرب العالمية الثانية وقبل أن يتحولا للعمل في مشروع القنـــبلة الذريـــة في (مانهـــاتن) عزم الرجلان على التحري والبحث في طبيعة الزمن وعلاقته مع سلوك الموجات الكهرطيسية . كان (ويلر) راغباً بتحديد ما يحصل فيما لـــو تم تولـــيد الموجات الكهرطيسية المتأخرة والسبَّاقة من منبع واحد ، وهذا يمكن أن يعـــني (بـــين مـــا يعنـــيه من أشياء أخرى) أن محطة إرسال قد ترسل نصف طاقتها الإرسالية من الموجات في المستقبل ، والنصف الآخر معاكساً له أي في الماضي ، ويبدو الأمر كأنه رغيف نصف مشوي ، أو أنه تجربة لا فائدة تُرجى من المضي فيها .

إلا أنـــنا في العلـــوم نعتبر أن علامات الفكرة الجيدة فعلاً ، هي أن ما قد يبدو جنوناً يمكن أن يتحول إلى ورقة رابحة . إن ما حصل يجعلنا نقتنع بأن أحدهما أو كلاهما كـــان يعرف الجواب سلفاً ، وإلا فقد كانا سيضيعان وقتاً طويلاً غارقين في تعقيدات حسابية . لقد كانت النتيجة مفاجئة تماماً لمعظم الناس فقد انقلبت الأفكار كلياً : لقد اختفت جميع **الموجات السبَّاقة** ، وإليك السبب . عندما يتم إصدار **الموجات المتأخرة** مـــن منـــبع خـــاص على الأرض وتنتشر في أصقاع هذا الكون في مواجهة مادته فإنها

سوف تُمتص وتتضمن عملية الامتصاص اضطراب الشحنات الكهربائية بسبب الموجات الكهرطيسية ، وينشأ نتيجة لذلك إشعاع ثانوي ناجم عن تلك الشحنات الهاربة . هذا الإشعاع الثانوي يكون نصفه متأخراً والنصف الآخر سبَّاقاً حسب افتراض النظرية ، وتنطلق المركبة السبَّاقة لهذا الإشعاع الثانوي معاكسة للزمن وبعضها يصل إلى الأرض . من البديهي أن هذه الموجة الثانوية من الإشعاع ليست سوى صدىً ضعيفاً للموجة الأصلية ، ولكن عدداً هائلاً من هذه **الأصداء الواهنة** القادمة من أرجاء الكون يمكن أن تُضاف إلى بعضها البعض وتتراكم ليصبح تأثيرها جوهرياً . لقد برهن (ويلر) و (فينمان) أن الإشعاعات الثانوية السبَّاقة تستطيع تحت بعض الظروف أن تعمل على مضاعفة قوة الموجات الابتدائية المتأخرة معيدةً إياها إلى قوتها الكاملة بينما تقوم في نفس الوقت بالقضاء على الموجة السبَّاقة من المنبع الأصلي **بالتداخل الإتلافي**[٢] (destructive interference) . في نهاية اليوم وعندما يتم جمع الموجات مع أصدائها باتجاه الزمن وبعكسه تكون النتيجة الصافية متمثلة في موجات متأخرة صرفة . هل يمكن أن يكون هذا هو السبب لسلوك سهم الزمن مع الموجات الكهرطيسية ؟

بالنسبة لقدرة (ويلر) و (فاينمان) البارعة والخارقة في البحث فإن من البديهي أن مادة الكون كافية بشكل أساسي لتمتص كل الإشعاعات التي تنتشر في الفضاء ، وبكلمات أخرى فإن الكون يجب أن يبقى معتماً بالنسبة لكافة الموجات الكهرطيسية ، ويمثل هذا شرطاً صارماً . ومن ناحية أخرى فإن الكون يبدي شفافية تامة أمام بعض الموجات الأخرى . في الحقيقة إنه لن يكون بمقدورنا مشاهدة المجرات البعيدة إذا لم تكن موجودة فعلاً ، ومن جهة أخرى فإنه ليس هناك حدود زمنية لعملية الامتصاص ، لأن الأصداء السبَّاقة (المعاكسة للزمن) يمكنها أن تسافر إلى الماضي من الزمن (بعكس الزمن) من المستقبل البعيد جداً بنفس السهولة التي تسافر بها من المستقبل القريب ، لذلك فإن نجاح النظرية يصبح مرهوناً بأن يتم أخيراً امتصاص موجة كهرطيسية في مكان ما من الكون حتى ولو كان ذلك بعد حقبٍ دهرية من الزمن لا حصر لعددها .

لا نستطيع بالطبع أن نعرف فيما إذا كان الأمر سيكون كذلك ، لأننا لا

نستطيع التنبؤ بالمستقبل ، إلا أنه بإمكاننا استقراء التوجهات الحالية للكون وعمل تخمينات مدروسة ، وعندما نقوم بذلك فإن النتيجة ستبدو سلبية ، أي أن الكون ليس معتماً تماماً . يبدو أن ذلك سوف يقضي على الفكرة التي طرحها (ويلر) و (فاينمان) ولكن يبقى هناك إمكانية أكبر لوجود مكيدة . لنفترض أن هناك مقداراً من المادة في الكون يكفي ليمتص معظم الإشعاعات وليس كلها ، وبناءً على أفكار (ويلر) و (فاينمان) فإن هذا يقودنا إلى إلغاء ناقص للموجات السبَّاقة ، فهل يمكن أن يوصف الوضع بأن هناك بعض الموجات السبَّاقة التي تسافر في الماضي (أو تأتي من المستقبل) ولكن بمثل هذه الشدة الواهنة الضعيفة التي لا تمكننا من رصدها ؟

في عام ١٩٧٢ ذهب أحد علماء الفيزياء الفلكية الأميركيين ويدعى (بروس بارتريدج) إلى قمة جبل لاختبار هذه النبوءة الرومانسية[٣] وقد حمل معه منبع موجات دقيقة (microwave transmittor) مع بوق كبير مخروطي الشكل ، وكان ذلك في ليالي أغسطس (آب) وسبتمبر (أيلول) حيث تخلو السماء من الغيوم . قام (بارتريدج) بتوجيه البوق إلى السماء متجنباً توجيهه إلى درب التبانة . كان الهوائي المرسل يصدر حزماً من الإشعاعات الكهرطيسية تبلغ ترددها 9.7 جيجاهرتز وتنطلق هذه الحزم في الفضاء عبر خطوط مستقيمة وبشكل نبضات ثابتة من رتبة الميللي ثانية ، وفي الفترات التي ما بين النبضات كان كامل الخرج (out-put) يوجه إلى نهاية ميتة ماصة مربوطة بالجهاز . كان الجهاز مصمماً بحيث يغير اتجاهه ألف مرة في الثانية ما بين إصدار الموجة الإشعاعية إلى الفضاء (حيث يمكن أن يستغرق امتصاصها تريليونات من السنين) وبين الإصدار إلى شاشة لرصد امتصاص محدد في اللحظة اللاحقة . راقب (بارتريدج) بانتباه شديد تسرب الطاقة ليرى فيما لو كانت ستعاني من أي تغيير خلال أجزاء صغيرة من الثانية ، ثم أعاد هذا الإجراء بوضع شاشة امتصاص كبيرة أمام البوق وتأكد أنه لا يوجد أي تبدل في السلوك .

النظرية التي تكمن وراء التجربة هي أنه إذا تم إرسال أي **موجات دقيقة** «Microwaves» إلى الماضي فإنه من وجهة نظر الزمن المتجه إلى الأمام يمثل ذلك قوة كهرطيسية تندفع في الهوائي بدلاً من أن تنطلق خارجه ، وقد يكون لها مفعول ودور في تزويد بعض الطاقة إلى الجهاز للمساعدة في تعويض الطاقة الذاهبة إلى البوق والتي

ستنتشـــر في الفضاء على شكل موجات دقيقة متأخرة . إذا كان ما حدث فقد يكون هـــناك اختلاف في الطاقة المصروفة عندما كان الهوائي يُصدر حزم الموجات إلى الفضاء وعـــندما كان يصدرها نحو الحاجز المعتم الماص . لسوء الحظ لم يجد (بارتردج) أي أثـــر لأي ذبذبة من رتبة الميللي ثانية في الطاقة الخارجة حتى ولو لجزء من المليون . من الواضـــح بعـــد ذلك أن الإصدار الإشعاعي المعاكس للزمن إن وجد فسيكون ضعيفاً وواهـــناً إلى حد كبير ، وقد قدّر (بارتردج) بأن 3% فقط من الطاقة يمكن أن تمتص بـــالغلاف الجوي ، وأن أقل من 1% في المجرة ، والباقي يتم امتصاصه في الفراغ المتسع الهائل بين المجرات .

إن امتصـــاص تلك الموجات في نهاية المطاف يعتمد على المستقبل البعيد للكون (حتى في مصيره الأخير) الذي يكون بمقدورنا تصوره . قد يكون الكون عاملاً ماصاً فعـــالاً لـــلموجات الدقيقة ، وتكون نظرية (ويلر – فاينمان) صحيحة ، أو قد يعني ذلك ببساطة أن النظرية خاطئة وأن 100% من الأمواج الصادرة عن الهوائيات متأخرة ، ومهمـــا تكن الحالة فإن تجربة (بارتردج) ومحاولة أخرى محسنة عنها قام بها (رايلي نـــيومن) بعد عدة سنوات تمثلان المثالين الوحيدين من التجارب الكونية (التي تعارض المشاهدات المستلمة) في تاريخ العلوم .

هـــناك عـــرض آخـــر مختلف للبحث عن الظواهر السبَّاقة اقترحه عام ١٩٦٩ الفـــيزيائي (بول زونكا)[٤] . وتعتمد تجربته على النيترينو هذه المرة بدلاً من الأمواج الكهرطيسية ، وتتلخص المناقشة هنا بأن الأجسام الفيزيائية تكتسب إحساسها (تأثرها) بسهم الزمن من خلال التفاعل مع العالم حولها ، لذلك فإن الأشياء التي تتفاعل بشكل ضـــعيف يمكـــنها أن تحمل إحساساً ضعيفاً أيضاً بتوجيه الزمن . في حالة النيترينو فإن تفاعله مع المادة العادية يكون ضعيفاً واهناً بدرجة لا تصدق لدرجة أنها تفقد في النهاية « طـــريقها في الزمن » من أساسه على حد قول (زونكا) . لأخذ فكرة أوضح عن ذلـــك نقـــول أن نيتريـــنو نموذجـــي من الشمس (وهي المصدر المحلي الرئيسي لهذه الجسيمات) يتأثر بشكل بسيط بالمادة العادية للكون حتى أنه بإمكانه البقاء في الفضاء عـــلى حالـــه ملـــيون تريليون تريليون سنة ضوئية قبل أن يتبعثر أو تمتصه مادة الكون الأخرى ، ونعبر عن ذلك بلغة الفيزياء بأن مادة الكون تكون غير مرئية إطلاقاً بالنسبة

لهـذه النيترينوات ، وربما بعد ذلك لا تستطيع التمييز أي طريق زمني تسلك عبر هذا الكون الفسيح الهائل الاتساع ، وبالتالي فإنها قد تجنح إلى فعل أشياء معاكسة للزمن في بعـض الأحيان ، أو هكذا ظن (زونكا) . لقد اقترح أن يتم إلقاء نظرة فاحصة على حزمـة **البيونات** (pion) وهـي جسيمات دون الذريـة تتفكـك إلـى نيترينوات (وجسـيمات أخرى) . إذا كان (زونكا) مصيباً في حدسه فإن حزمة البيونات لن تكـتفي بتولـيد حزمة نيترينوات بل إنها " ستجذب " من الخلف شكلاً آخر لحزمة نيترينوات " **شـبيهة** " أو " **قرينـة** "(*) (Shadow neutrino) تتألف من نيترينوات معاكسـة للزمن تصل في الوقت المناسب إلى البيونات لتفككها (النيترينو هنا يقوم بدور الإشـعاعات السبَّاقة في نموذج ويلر – فاينمان) . هذه النيترينوات " الظل " أو الشبيهة قد تكون قابلة للكشف حسب زعم (زونكا) ، ولكن لسوء الحظ فإن استكشاف أي نيتريـنوات سواء كانت " قرينة " أم غيرها يعتبر تحدياً مرعباً كما يشير ضعفها الشديد للتفاعل مع المادة ، وعلى حد علمي فإن أحداً لم يحاول حتى مجرد التفكير بذلك .

حسـب قـول الكاتب (بـول ناهين) فإن (آينشتاين) نفسه اهتم اهتماماً عابـراً بـنظرية (ويلـر – فاينمان) بعد حلقة بحث حول هذا الموضوع في جامعة (برينستون)(٥) ، وقد أشار إلى أن نفس الفكرة كانت مطروحة لعدة سنوات وليثبت ذلـك استخرج ورقة بحث نُشرت من قبل الفيزيائي الألماني (هوجو ثيترود) نُشرت عـام ١٩٢٢ وتفـيد فقط بأنه لا شيء جديد تحت الشمس عندما يتعلق الأمر بالزمن نفسه .

(٩-٣) مسألة انعكاس الزمن

بعـد قيام (ويلر) و (فاينمان) بوضع نظريتهما الطريفة بوقت قصير ، فاجأ (ويلـر) زميله (فاينمان) بفكرة عجيبة أخرى تتضمن ظاهرة انعكاس الزمن ولكنه تناولها هذه المرة من خلال **المادة المضادة** «antimatter» . تعود قصة المادة المضادة إلى حـوالي عام ١٩٣٠ والتنبؤ الشهير الذي وضعه (بول ديراك) الذي كان يناضل من أجـل توحيد الميكانيك الكمومي الجديد مع نظرية (آينشتاين) النسبية الخاصة . كان

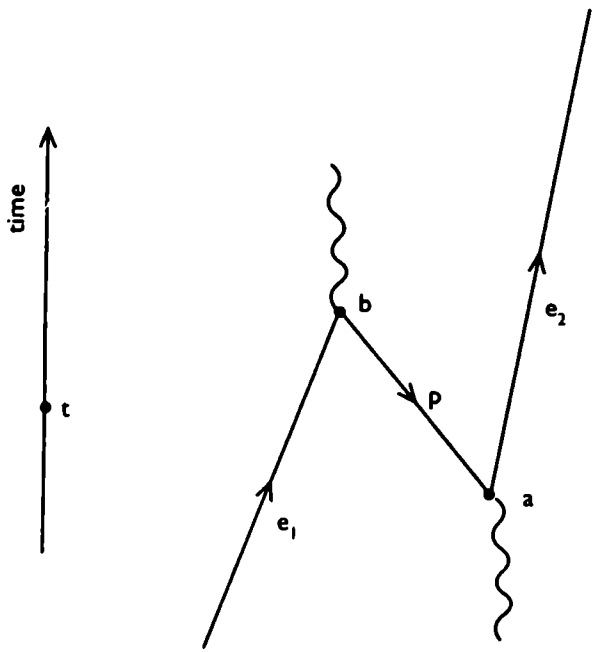
(*) يمكن استخدام كلمة " نديدة " مقابل (shadow) .

(ديـــراك) يريد أن يعرف كيفية سلوك جسيم كمومي مثل الإلكترون عندما يتحرك بســـرعة تقارب سرعة الضوء . وقد صاغ معادلة بدا أنها تحكم الموضوع ولكنه كان مـــتحيراً عندما وجد أن كل حل للمعادلة التي تصف حالة الإلكترون يكون مترافقاً مع حـــل مناظرٍ له بشكل " **مرآتي** " ولا يبدو أنه يقابل أي جسيم معروف . بعد فترة من الـــتأمل والـــتفكير تفتق ذهن (ديراك) عن فرضية جريئة مفادها أن الحل " **المرآتي** " الذي وجده يتوافق مع جسيمات مماثلة للإلكترونات ولكن خواصها معكوسة ، فمثلاً بـــدل أن يكون لها شحنة سالبة كالإلكترونات فإن الجسيمات المرآتية يجب أن تكون مشـــحونة إيجابياً . وخلالَ سنة أو سنتين تم اكتشاف " **بوزيترون** " (ديراك) ضمن **وابل الأشعة الكونية** ، كان هذا الجسيم موجوداً فعلاً .

تمكـــن الفيزيائـــيون أخيراً من التحقق بأن كل نوع من أنواع الجسيمات دون الذرية في الطبيعة يقابله جسيم مضاد ، فبالإضافة إلى الإلكترون المضاد (الذي احتفظ باســـم البوزيترون) هناك البروتون المضاد ، والنيترون المضاد ... وهكذا ، ويتم إنتاج هـــذه الجســـيمات هذه الأيام بسهولة في المختبرات وهي الآن مدروسة تماماً ومعروفة ولكنها كانت عام ١٩٤٠ غامضة نوعاً ما وكان البوزيترون فقط هو المعروف حينها. يـــتم تولـــيد البوزيترونات متوأمة مع الإلكترونات عند الاصطدامات العنيفة بين أشعة " جامـــا " والمادة وهي الطريقة النموذجية للحصول على البوزيترون ، حيث يتصادم فوتـــون أشـــعة " جامـــا " مع ذرةٍ ما فينتج عن هذا الاصطدام زوج من إلكترون - بوزيترون . يطير الإلكترون لينعم بحياة مستقرة مديدة وبوجودٍ دائم بشكل أو بآخر ، أما البوزيترون المسكين فيبدأ بالتعرض للأخطار من كل حدبٍ وصوب ، وسرعان ما يصـــطدم البوزيترون بإلكترون آخر (حيث أن الكون مكتظٌ بها) **فيمَّحق الجسيمان** فـــوراً (**يبيدان**) ويعكسان عملية تولّدهما بالعودة إلى أصلهما : فوتون مرة أخرى ، وهذا ما يجعل مسيرة حياة البوزيترون قصيرة .

دعـــني الآن أعـــود إلى اقتراح (ويلر) كما طوّره (فاينمان) . يبين الشكل (٩-١) مخططاً زمكانياً **لعملية توليد البوزيترون وعملية الإمِّحاق** «Annihilation» الـــتي تعقبها . إن الحس العام لتفسير هذا المخطط هو أن فوتون أشعة جاما الذي يمثله الخط المتعرج القادم من الأسفل يولّد زوجاً من إلكترون وبوزيترون فيما نعتبره الحدث

(a) ، الإلكترون الأول (الذي أشير إليه e_2) يندفع إلى اليمين بينما يندفع البوزيترون (p) نحو اليسار ليصطدم بالإلكترون الثاني (الذي أشير إليه (e_1)) فيما نعتبره الحدث (b) ، حيث يمّحقان فوراً ويظهر عوضاً عنهما فوتون . حصيلة العملية هي أن الإلكترون (e_1) قد اختفى من مكان حيث سيتم تعويضه بإلكترون آخر (e_2) في مكان آخر . لقد كان حدس (فاينمان) الجريء والمذهل هو أن الإلكترون (e_1) والإلكترون (e_2) هما في الواقع نفس الجسيم حتى ولو كان الإلكترونان موجودان معاً في الفاصل الكائن بين الحدثين (a و b) .



الشكل (٩-١) : يوضح المخطط الزمكاني كيف يقوم الفوتون بتوليد زوج من إلكترون – بوزيترون (p , e_2) في (a) ويعقب ذلك إمّحاق البوزيترون بالإلكترون (e_1) في (b) عند الزمن t ، والمراقب ينبغي أن يشاهد ويرصد ثلاثة جسيمات p , e_1 , e_2 . ولكن حسب نظرية (فاينمان) فإنه يمكن أن ينظر إلى المسار المنكسر على أنه «خط العالم» لجسيم واحد ، إلكترون يسافر إلى الزمن الماضي بين b و a ، (لاحظ السهم) .

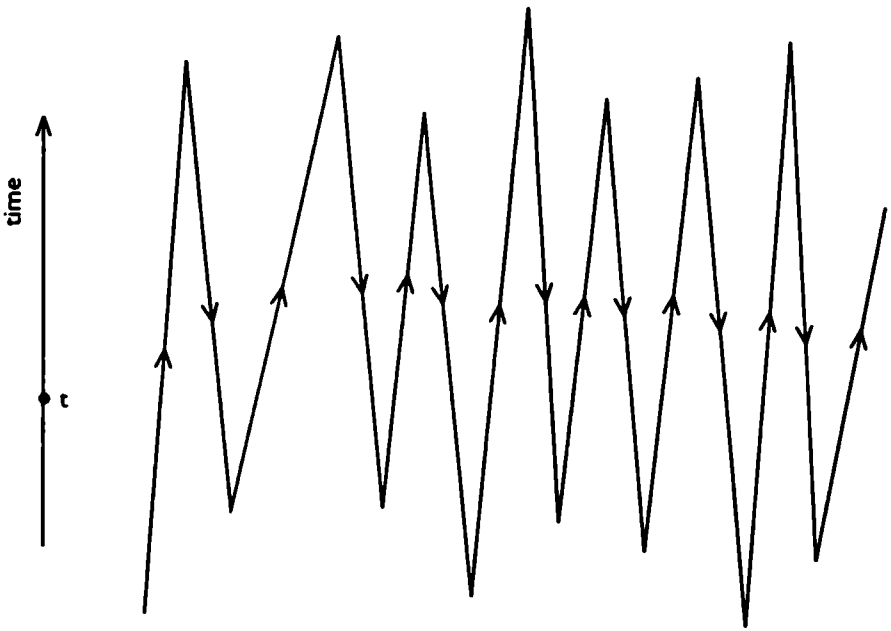
فكرة (فاينمان) هي أن المسار المستمر المنكسر (Zigzag) في الشكل (٩-١) ينبغي أن لا يُنظر إليه كتسلسل بين ثلاثة خطوط « خطوط عالَم » لثلاثة جسيمات مميزة كل على حدة ، ولكن كمسار زمكاني متصل لإلكترون واحد . إن القطعة

المستقيمة من المسار المائلة بشكل معكوس (وهي القطعة الموافقة للبوزيترون) تمثل عندئذ الإلكترون الذي يسافر بعكس الزمن ، وقد أشير إلى هذا الانقلاب الزمني بأسهمٍ مبيَّنة على خط العالم . يشير السهم في الوضع الطبيعي (أي في مرحلة الإلكترون) إلى جهة هي نفس اتجاه الزمن ، ولكن خلال مرحلة البوزيترون نجد أن السهم يشير إلى اتجاه معاكس للزمن . من هذا المنظور ، فإن الإلكترون الأصلي الذي لم يتعرض لأي اضطراب (e_1) يطلق فوتوناً عند (b) وينزو بعكس الزمن إلى (a) حيث يضم فوتوناً بديلاً ثم ينزو مرة ثانية ليعود إلى المستقبل ثانيةً .

إن مراقباً موجوداً في الزمن ما بين (a) و (b) قد يرى إلكترون وبوزيترون ولكن (فاينمان) يقول أن هذا في الواقع جسيم واحد فقط يرى ثلاث مرات : أولاً على هيئة (e_1) في شكله الأصلي الذي لم يعاني من أي اضطراب ثم على هيئة بوزيترون عائداً من المستقبل ، وأخيراً على هيئة (e_2) منطلقاً باتجاه الزمن مرة أخرى .

يمكن التوسع بالفكرة الأساسية لتحتوي الصورة على عدد كبير من الإلكترونات والبوزيترونات وذلك بالسماح لخط العالم بالتكسر المتتالي (الشكل ٩-٢) . لقد اقترح (ويلر) في الحقيقة أن جميع الإلكترونات في الكون هي إلكترون واحد وهي ببساطة نفس الجسيم ينزو باتجاه الزمن وبعكسه ، وبعبارة أخرى فأنت وأنا والأرض والشمس ودرب التبانة وكل المجرات الأخرى مكونة من إلكترون واحد فقط وبروتون واحد ونيترون واحد أيضاً وهي تبدو متذبذبة مع مرور الزمن . ويقدم هذا تفسيراً أنيقاً عن سبب ظهور جميع الإلكترونات بمظهر متماثل ، كما أنه يقود إلى أن الكون يحوي عدداً من البوزيترونات مساوياً لعدد الإلكترونات لأن كل خط منكسر (zig) له ما يقابله في الجهة الأخرى (Zag) ، أي أن الكون يمكن أن يكون مكوناً من نصفين أحدهما مادة والآخر مادة مضادة .

إن الرابطة بين تناظر الزمن وعكسه وبين تناظر المادة والمادة المضادة هي في الحقيقة أمر عميق جداً ، وسواء أخذنا فكرة البوزيترونات والإلكترونات المسافرة بعكس الزمن على محمل الجد أم لم نأخذها فإنه يمكن التوضيح على أسس عامة تماماً أنه إذا كانت قوانين الكون متناظرة تماماً في الزمن فإن الكون عندئذ ينبغي أن يتكون من حصصٍ متساوية من المادة والمادة المضادة ، وقد اقترح بعض علماء الكون ذلك فحسب .



الشـــكل (٩-٢) : خطـــوط متكسرة مضاعفة يمكن أن تشرح سبب تماثل كافة الإلكترونات ؛ إنها جميعاً جسيم واحـــد ينـــزو بشكل متكرر مع الزمن وبعكسه . إن مراقباً في اللحظة t قد يفسر خطأً خط العالم الوحيد على أنه عدد من القطع غير المتصلة .

تـــبدو المادة المضادة تماماً مثل المادة ، وبالتالي فإنه لا يمكنك أن تحكم من نظرة فاحصـــة عابرة وعَرَضية فيما لو كانت مجرة المرأة المسلسلة مكونة من مادة أم من مادة مضـــادة ، ربما تكون نصف المجرات مكونة من أحد النوعين والنصف الثاني من النوع الآخـــر لـــلمادة ، ولاختبار تلك الإمكانية المشوقة بحث الفلكيون عن الطرق التي قد تتخلى فيها المادة المضادة عن وجودها .

أيـــنما تجد مادةً تجابه مادةً مضادة فستجد أن كميات هائلة من إشعاعات جاما يـــتم إنتاجها بطاقات مرعبة ، وهناك أمثلة عديدة لمجرات معروفة تمر في حالات تصادم مع بعضها البعض ، فإذا كانت نصف المجرات مكونة من مادة مضادة فنتوقع أن الكون غارق بأشعة جاما بشكل مميز ، إلا أن الواقع غير ذلك ، فالكون خالٍ تقريباً من أشعة جاما بهذا الحجم من الطاقة ، هذا بشكل عام في المادة ناهيك عن المادةً المضادة .

النتيجة التي يمكن أن نستخلصها من هذه المشاهدات (وهي نتيجة عميقة جداً)

هـــي أن الطبيعة ليست متناظرة على صعيد المادة والمادة المضادة ، وبالتالي فإن قوانين الكون ليست متناظرة تماماً في الزمن ، ومهما قدمت لنا العمليات الفيزيائية في موضوع تشـــكل المـــادة الكونية ، فمن المسلَّم به في الشروط المتطرفة للانفجار العظيم أنها قد انحازت في علاقتها مع الزمن حتى ولو بقدر ضئيل . بعبارة أخرى يجب أن يكون هناك عملية فيزيائية واحدة على الأقل تكون غير متناظرة تماماً ضمن انعكاس الزمن .

(٩-٤) الجسيم الذي يستطيع أن يشير للزمن

لم يكن يخطر على بال أحد أن أي مبدأ فيزيائي أساسي يمكن أن يخالف التناظر الدقـــيق لانعكاس الزمن ، ولم تكن هذه الفكرة قابلة حتى للطرح على بساط البحث عـــندما كـــان (فاينمان) يصيغ ببراعة فائقة مفهوم المادة المضادة والزمن المعكوس ، ولكن تصادف أنه في نفس ذلك الوقت تم اكتشاف جسيم جديد من الجسيمات دون الذريـــة مما أدى إلى تداعيات حاسمة في موضوع تناظر الزمن ، وقد دعي ذلك الجسيم « **كـــاؤون** - Kaon » . لقد كان لدي فكرة غامضة أثناء دراستي الثانوية عن هذه الكاؤونـــات ، فقد كان كافياً أن نعرف في تلك المرحلة أنها جسيمات ما دون الذرية قلقـــة جداً وحياتها قصيرة ، وكان أول تقرير آخر لفت نظري إليها عام ١٩٦٦ عندما قـــرأت في الصـــحافة الـــبريطانية عن نظرية غريبة ، حيث أفادت الصحيفة آنذاك أن الكاؤونـــات يمكنها بين الفينة والفينة أن تنقلب إلى كون آخر حيث يجري الزمن هناك بشـــكل معكـــوس ، ثم تعود مرة أخرى إلى عالمنا . لقد كان ذلك هو سلاح الخيال العـــلمي ، فقد وقعت حينها فعلاً في براثن مكيدة ومدبرة كان أقلها أن كاتب النظرية (راسل ستانارد) كان أحد المحاضرين في كلية الجامعة التي كنت أَدْرس فيها .

لقد كان تفكير (ستانارد) يعتمد على اكتشاف مروع تم قبل ذلك بسنتين ألمح أن الكاؤونـــات يمكن أن تقوم بأعمال بهلوانية طريفة فيما يخص الزمن ، ولشرح ذلك ســـنحتاج إلى خلفية بسيطة نسردها فيما يلي . عندما اكتشفت الكاؤونات لأول مرة عـــام ١٩٤٧ وصفت بأنها تسلك طرقاً على شكل (V) وتتولـــد في غـــرف ضبابية معرّضـــة للأشعة الكونية ، ومنذ البداية كان الفيزيائيون في شك من وجود شيء شاذ حـــول ماهيتها . يمكن الحصول على الكاؤونات بإجراء تصادم بين الجسيمات النووية

مثل البروتونات والنيترونات ، ولكنها لا تعيش طويلاً بعد تولدها ، فخلال نانوثانية أو أكثر قليلاً يتفكك معظمها إلى بيونات بشكل رئيسي (مفردها بيون pion) . إن البيونات والكاؤونات تنتمي إلى مجموعة من الجسيمات دون النووية يُطلق عليها بمجموعها اسم « الميزونات Meson » وتشترك الميزونات مع البروتونات والنيترونات بخاصية واحدة هي أنها تتفاعل مع بعضها بشدة مما يعني أن التفاعلات التي تتضمن تحولاً من أحد نماذج الجسيمات إلى آخر تسعى إلى الحدوث بشكل لحظي تقريباً . هذه **القوة النووية الشديدة** (Strong Force) سوف تتباين مع قوة أخرى مختلفة عنها تماماً تسمى **القوة النووية الضعيفة** (Weak Force) . هذه القوى الضعيفة التي تكون واهنة للغاية مقارنة بغيرها هي المسؤولة عن العديد من العمليات النووية البطيئة مثل التفكك الإشعاعي لأشعة (بيتا) ولإعطاء مثال على ذلك أذكر بأن تفاعلاً نموذجياً بقوة « شديدة » يستغرق جزءاً من تريليون تريليون جزء من الثانية ، بينما يستغرق تفكك النيترون الذي يتم بقوة « ضعيفة » حوالي خمسة عشر دقيقة .

إن جميع الجسيمات التي تتأثر بالقوى « الشديدة » تتألف من تجمعات من جسيمات أصغر تسمى « **الكواركات** Quarks » فالبروتونات والنيترونات مثلاً في كل منها ثلاث كواركات ، ، أما الميزونات فتتألف من كواركين اثنين (تحديداً ، كوارك مع كوارك مضاد) . هناك ستة أشكال مختلفة من الكواركات (خمسة منها معروفة ومحددة تماماً) وعدد مماثل من الكواركات المضادة ، وبالتالي فإن هناك ست وثلاثون هيئة مختلفة لاجتماع الكوارك مع الكوارك المضاد ، وهذا بدوره يهيئ الفرصة لظهور المزيد من أنواع الميزونات المختلفة . لقد كانت البيونات والكاؤونات من بين الجسيمات المكتشفة مبكراً لأنها الأخف ، وتظهر هذه الكاؤونات في ثلاثة أنواع : متعادلة كهربائية أو مشحونة إيجابياً أو مشحونة سلبياً .

كانت الطريقة التي تتفكك بها الكاؤونات هي التي لفتت أنظار الفيزيائيين إلى خواصها الغريبة . يتم الحصول على الكاؤون النموذجي بالقوة الشديدة خلال لحظة واحدة بعد تصادم جسيمين نوويين متفاعلين بشدة ، ولكن على الرغم من أن الكاؤون يتفكك إلى جسيمات أخرى تتفاعل بشدة (هي البيونات) فهو يستغرق حوالي نانوثانية ليقوم بذلك ، وقد كان هذا الزمن « الطويل » صدمة للعلماء ! لأنه إذا كان

يمكـــن لجســـيم أن يتولد خلال جزء من تريليون تريليون جزء من الثانية بواسطة نوع محدد من العمليات ، فلماذا لا يتفكك هذا الجسيم خلال نفس الزمن بنفس النوع من العمليات ؟ إن ما يتقدم إلى الأمام بزمن ما ، ينبغي أن يتراجع إلى الخلف بنفس الزمن . إن حالتـــنا العجيبة هذه هي أشبه ما تكون بكرة يتم قذفها إلى الأعلى ولكنها تستغرق ملـــيون ســـنة لتعود ثانية . غريب فعلاً !! ما هو الشيء الذي يجعل الكاؤون يستغرق لكي يتفكك تريليون ضعف من الزمن الذي يستغرقه لكي يتولّد ؟!

كانـــت العقـــبة هنا تتمثل في مبدأ فيزيائي شبه مقدس ، تم قبوله دون مناقشة ، ولابد أن كلاً منا يتذكره ، ألا وهو **مبـــدأ العكوسية** (Reversibility) الذي تخضع لـــه جميع العمليات الفيزيائية الأساسية . وهناك طريقة تصويرية لإيضاح هذا المبدأ هي أن نتخـــيل أننا التقطنا فيلماً سينمائياً للعملية الفيزيائية المعنية ثم عرضه بالعكس ، فإن كانـــت العملية عكوسة فإن الفيلم الذي تم عرضه بالعكس يجب أن يمثل عملية فيزيائية ممكـــنة أيضـــاً ، فمـــثلاً إذا تم عرض الفيلم الذي يصور كوكباً يدور حول الشمس بـــالعكس ، فسوف نرى نفس الكوكب يدور حول الشمس ولكن بالاتجاه المعاكس ، ولا يوجد خطأ في ذلك لأن كلاً منا شاهد بالتأكيد أفلاماً يتم عرضها بشكل معكوس وهـــي تصـــور مشاهد مضحكة كالأنهار التي تجري إلى الأعلى أو أشخاصاً يمشون إلى الـــوراء . لكـــن هذه المشاهد تتضمن عمليات معقدة بينما أركز أنا الآن على ظاهرة أساسية تتضمن بضعة أجسام أولية فقط .

إن عكوســـية العمليات الفيزيائية الأساسية تأتي من التناظر الزمني للقوانين التي تؤكـــد علـــيها ، ويشار إلى تناظر انعكاس الزمن عادة بالرمز (T) ، حيث يمكنك أن تتصـــور (T) عـــلى أنـــه عملية تخيلية تعكس اتجاه الزمن ، أي أنها تبادل بين الماضي والمســـتقبل . هذا وتتمتع قوانين تناظر الزمن بخاصية مفادها أنه عندما يتم عكس اتجاه الزمن فإن المعادلات التي تصفها تبقـــى على ما هي دون أي تغيير فهي إذاً غير متبدلة في T «Invariant Under T» وهناك مثال جيد على ذلك هو معادلات (ماكسويل) الكهرطيســـية فهي من النوع غير المتبدل في T «invariant - T» . الآن إذا طبقت T عـــلى موجة متأخرة سوف تحصل على موجة سبَّاقة كما ذكرت آنفاً ، إذاً فالموجات السبَّاقة ممكنة فيزيائياً على الرغم من أنه لسبب ما لا يبدو أنه باستطاعتنا رؤيتها .

تستطيع أن تعكس الزمن رياضياً بواسطة مجموعة من المعادلات دون أي مشاكل إطلاقاً ولكن ليس من السهل أبداً أن تعكس جريان الزمن في المختبر . على أية حال ، فمن الممكن اختبار تناظر (T) تجريبياً بعكس العملية المعنية : حيث يمكنك جعل كل الأشياء المتضمنة بالعملية تسير بشكل معكوس ، وهذا هو فعلاً ما يسمى « انعكاس الحركة » الذي عادة ما يعبر عن نفس الشيء الذي يعبر عنه انعكاس الزمن . عندما تقوم بذلك فإنك تجد أن العملية الأصلية قد انعكست فعلاً ، وستنتهي إلى ما كنت قد بدأت به ، أي باستعادة نفس الحالة الفيزيائية الابتدائية ، والأكثر من ذلك فسوف تجد أن العملية المعكوسة قد أُنجزت بنفس المعدل الذي أُنجزت به عندما تمت بالاتجاه العادي .

ظلت فكرة العكوسية التامة للزمن تعتبر من المسلّمات عند الفيزيائيين لبضعة عقود من السنين دون سبب وجيه ، كما ساد شعور غامض بأن كائناً بسيطاً مثل جسيم أوّلي أو موجة كهرطيسية لا يمكن أن يملك إحساساً متأصلاً بالماضي أو بالمستقبل ، لذلك فقد كان مستغرباً جداً ظهور حقيقة مفادها أن الكاؤون يخرق هذه القاعدة بأن يستغرق لكي يتفكك تريليون ضعف من الزمن الذي يستغرقه كي يتولّد ، وقد وصل استهجان العلماء لهذا الأمر إلى حد جعلهم يستحدثون عند اكتشافهم للكاؤون وخصائصه صفة جديدة أطلقوا عليها اسم « **الغرابة** Strangeness » ، ولم يمضِ وقت طويل حتى تم اكتشاف « **جسيمات غريبة** » أخرى وقد كان مصدر غرابتها يُعزى في النهاية إلى متهم شقي لابد أن يكون موجوداً داخل كل جسيم « غريب » ، وهذا المتهم هو نموذج خاص من الكواركات هو « **كوارك غريب** »(*).

وسرعان ما اتضح سبب السلوك العجيب للجسيم الغريب وإليك خلاصة القضية كما نفهمها اليوم . يتولد الجسيم الغريب عندما يتولد « **كوارك غريب** » (من بين جسيمات أخرى) نتيجة تصادم عنيف يحدث بين جسيمات نووية بطاقة عالية ، وينشأ أيضاً عن هذا التصادم « **كوارك مضاد غريب** » ، ولأن الكوارك المضاد يتميز بصفات « **غرابة مضادة** » فلا يوجد حصيلة ملحوظة للغربة في هذه العملية وبالتالي فيمكن أن تنعكس بإمّحاق الكوارك والكوارك المضاد بواسطة « كوارك

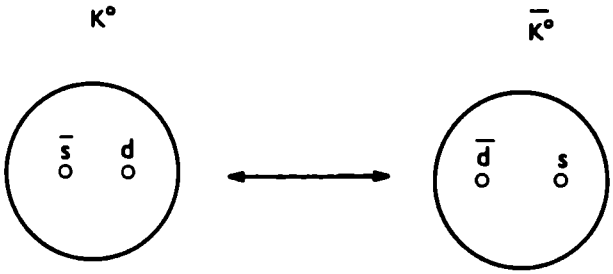
(*) توجد الكواركات على ستة أشكال هي : علوية up ، سفلية down ، غريبة strange ، فاتنة charm ، ذروية top ، قعرية bottom (المترجم) .

غريب » محجوز ضمن كاؤون ، وبالتالي فإن الكاؤون لا يكون قادراً على التفكك إلا إذا قـــابل بالصدفة جسيماً ضالاً محتوياً على كوارك مضاد من نوع « غريب مضاد » وهو غالباً غير موجود لوحده عملياً . قد تبدو العملية غير عكوسة دوماً إلا إذا كانت القوة النووية الضعيفة قادرة على تحويل الكوارك من نموذج لآخر وعلى وجه التحديد تستطيع تحويل الكوارك الغريب إلى أحد أنواع الكواركات الشائعة غير الغريبة وبمجرد أن يحـــدث ذلك فإن مسار التفكك ينفتح أمام الكاؤون ، ولكن القوة الضعيفة تكون بطيـــئة جـــداً وهـــذا هو سبب استغراق اكاؤون ذلك الوقت الطويل (نسبياً) لكي يـــتفكك . إن جوهـــر القضية يكمن في أن عملية توليد الكاؤون وتفككه ليست في الواقـــع عمليتان تعاكس إحداهما الأخرى وبالتالي فإن عكوسية الزمن لم تنتهك بتلك العمليات الغريبة .

طالما أنها تحولت فقد كانت تلك هي بداية القصة ، فما زال هناك شيء سحري آخـــر حـــول الطبـــيعة الكهربائية للكاؤون التي يشار إليها بـــ (K°) . عندما حاول الفيزيائـــيون تقديـــر المدة التي تستغرقها الكاؤونات لكي تتفكك إلى بيونات دُهشوا لاكتشافهم أن تلك الكاؤونات تبدو وكأنها تملك زمني حياة مختلفين (عمرين مختلفين) تماماً ، فهي تتفكك في بعض الأحيان إلى بيونين خلال حوالي عشرة أجزاء من تريليون جزء من الثانية ، حيث يمثل ذلك عمر الكاؤون أو زمن حياته (Life time) ، ونجدها في أحـــيان أخرى تتفكك إلى ثلاثة بيونات خلال مدة أطول من تلك بآلاف المرات ، حيـــث يبدو وكأن هناك هويتين مختلفتين تعودان لنفس الجسيم ، أي أن الجسيم يعاني من ازدواجٍ في الشخصية .

وسرعان ما جاء تفسير هذا اللغز الجديد . إن **الكاؤون** (K°) يتألف من كوارك مضاد من نوع « **غريب مضاد** » يحيط بكوارك من نوع آخر هو « **الكوارك السفلي** down » ، انظر الشكل (٩-٣) .

تستطيع القوة الضعيفة تحويل « **الكوارك السفلي** » إلى « **كوارك غريب** » وفي نفـــس الوقت الكوارك المضاد من النوع « **الغريب المضاد** » إلى كوارك مضاد من النوع « السفلي المضاد » . إن المحصلة النهائية الناتجة عن هذين التحويلين هي تحول (K°) إلى جسيمه المضاد الذي يشار إليه بـــ ($\bar{K}^{\circ}$) . هذا التحويل الفوري في الهوية يمكن أن يتم



الشـــكل (٩-٣) : أزمة الهوية : الكاؤون احيادي $K°$ يتألف من جسيمين أصغر منه هما كوارك مضاد من نوع « غريب مضاد » ($\bar{s}$) وكوارك سفلي (d) . إن الجسيم المضاد ($\bar{K}$) يتألف من كوارك غريب (s) وكوارك مضاد من نوع « سفلي مضاد » ($\bar{K}$) . القوة الضعيفة يمكنها تحويل (d) إلى (s) وتحويل ($\bar{s}$) إلى ($\bar{d}$) وبالعكس مما يؤدي إلى تذبذب هوية الكاؤون بين ($K°$) و ($\bar{K}$)

بالاتجـــاه الآخر المعاكس أيضاً ، أي من ($\bar{K}°$) إلى ($K°$) لذلك فإن الكاؤون الحيادي يحمل نوعاً من أزمة الهوية الدائمة فهو لا يعلم إن كان ($K°$) أو جسيمه المضاد ($\bar{K}°$) فهو دائم التحول بينهما وبشكل لحظي . إن هذا التذبذب السريع في الهويات يعني أن الفيزيائـــيين الذيـــن كانوا يراقبون تفكك الكاؤون كانوا في الواقع أمام كائن هجين : كاؤون - كاؤون مضاد ، ولكن الموضوع في حقيقة الأمر كان أكثر تعقيداً من ذلك ، فهـــناك كائـــنين مـــن مثل ذلك ، لأن الخلط بين ($K°$) و ($\bar{K}°$) . يمكن أن يحدث بطريقـــتين مميزتين حسب ما تكون الجملة متناظرة أم لا في الفضاء (أعني بذلك أنه إذا تم النظر إلى خليطين بالمرآة فإن أحدهما يمكن أن يكون الخيال المقلوب للخليط الأصلي ، والـــثاني قد لا يكون كذلك) ، وباكتشاف وجود هذين الخليطين النموذجين أمكن للفيزيائـــيين أن يفهمـــوا لماذا كان هناك نموذجين مختلفين للتفكك . الخليط الأول (1) الذي يعرف بأنه (K_1) لا يتغير بالمرآة فهو يمتلك تفكك أفضل ضمن عدد مزدوج من البـــيونات ويصـــبح هذا تناظرياً أيضاً عندما يتعلق الأمر بالمرايا . من ناحية أخرى فإن الخلـــيط (2) المسمى (K_2) ينعكس بالمرآة لذلك فيجب أن يتفكك إلى عدد مفرد من البـــيونات . الخلاصـــة أن هناك طريقتان مختلفتان للتفكك إحداهما تؤدي إلى بيونين والأخـــرى إلى ثلاثة بيونات ويعتمد ذلك على أي خليط لـــ ($K°$) أو ($\bar{K}°$) يتواجد ويـــتولد عـــندما يحدث التفكك ، ولأن عملية الثلاث بيونات أبطأ فإن مسار التفكك المرافق لها يستغرق زمن حياة أطول .

لكـــي نـــتفهم مغزى وأهمية الطريقتين المختلفتين للتفكك يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أن هناك رابطة إضافية أساسية بين الانعكاس المرآتي والانعكاس الزمني . فمثلاً أن كـــرة تدور حول نفسها باتجاه ما تبدو في المرآة أنها تدور بالاتجاه المعاكس أي أنها تظهر وكأنها قد عكست اتجاه حركتها تماماً . يمكن أن يبرهَن بشكل عام أن الانعكاس المـــرآتي يكافـــئ فيزيائياً للانعكاس الزمني مع تعديل واحد هو أنك يجب أن تبادل بين هويـــات الجسيمات والجسيمات المضادة المقابلة لها ، لذلك فإن وجود طريقين مختلفين لتفكك البيونات : بيونين / ثلاثة بيونات بواسطة المحافظة على تناظر الانعكاس المرآتي يعبر بشكل أنيق عن التباين في الطبيعة في ظل انعكاس الزمن .

حـــتى الآن يبدو كل شيء على ما يرام ، ولكن العلماء تلقوا صدمة أخرى في عام ١٩٦٤ عندما وجد فريق من الفيزيائيين الذين كانوا يعملون في جامعة (برينستون) بقـــيادة (فـــال فيـــتش) و (جيمس كرونين) أن واحداً من كل بضعة مئات من جســـيمات (K_2) تتفكك إلى بيونين بدلاً من ثلاثة . كنت في ذلك الحين مازلت طالباً في المدرســـة الـــثانوية حينما جرى الإعلان عن ذلك أثناء خطابات الاحتفال السنوي للمدرســـة . إن تداعيات تجربة (فيتش – كرونين) لم تكن تفتقر إلى نبذ المعتقدات التقلـــيدية بـــل كانـــت هذه التداعيات محرضاً أساسياً على مقاومتها (وهذا ما جعل المـــتحدثون في ذلك الاحتفال المدرسي يبدون تلك التصريحات والتعليقات المحكمة في مناسبة رسمية كهذه) وسرعان ما تبين أن سلوك الكاؤون الخارج عن الجماعة اقتضى فعلاً انتهاك المبدأ المقدس حتى ذلك الحين وهو مبدأ تناظر انعكاس الزمن .

إن أحد الطرق الممكنة لتصور كيفية انتهاك الكاؤون لتناظر (T) يمكن تلخيصها وعرضـــها عـــلى الـــنحو التالي . تبرز حالات (K_1) و (K_2) كما أسلفت كنوع من الكـــاؤون الهجين أو الخليط بين الكاؤون والكاؤون المضاد . تصور أن الجسيم يتحول بشكل سريع ودوري مغيراً من هويته وشكله : كاؤون – كاؤون مضاد – كاؤون – كـــاؤون مضاد ... وهكذا ، وقد يتساءل أحدنا فيما لو كانت هذه التقلبات في الحالة تـــتم بشكل متناظر تماماً أم لا ، أي هل يكون معدل الانتقال من كاؤون إلى كاؤون مضـــاد هـــو نفسه في حالة الانتقال من كاؤون مضاد إلى كاؤون . إذا كان الجواب

بالـــنفي فإن الكائن الهجين يمكن أن يقضي مدة أطول (يتأخر) وهو في حالة كاؤون أكثر مما يقضيه وهو في حالة كاؤون مضاد أو العكس . كل واحد منا يتوقع أنه بما أن القوانـــين التي تحكم تحولات الكاؤون إلى الكاؤون المضاد ينبغي أنْ تكون متناظرة تماماً في الـــزمن فـــإن الطبيعة لا ينبغي لها أن تميز بين عملية وعكسها وأن المعدلين يجب أن يـــتطابقا تماماً ، ولكن هناك نزعة وميل لدى الكاؤونً ليقضي مدة أطول وهو بالحالة ($\bar{K}^{o}$) مما يقضيه وهو في الحالة (K^{o}) وهذا هو اللغز .

هـــذا السلوك غير المتوقع يقتضي أن الكاؤون يمتلك إحساساً متأصلاً بما يسمى « الماضـــي – المســـتقبل » . وعـــلى الرغم من أن الآثار ضعيفة ولكنها ذات مغزى وغمـــوض عمـــيقين ، وبالتالي فإن التأمل العنيف الذي مارسه (ستانارد) ليصل إلى تفســـيراته بدلالة الكاؤون ، اندفع بقوة نحو كون مكافئ منعكس الزمان ولكن ذلك كـــان بشكل مؤقت . لقد علّق أحد كتّاب الأعمدة في مجلة : « الأميركي العلمي » وهـــو (مـــارتن جاردنر) بقوله : « إن رؤية (ستانارد) تقسم الكون إلى منطقتين مـــتجاورتين كل منهما يفرش بساطه السحري بشكل لحظي (مهما كانت تعني كلمة بشكل لحظي) ولكن باتجاهين متعاكسين »[٦] .

[لم أتدخل منذ فترة ، ولكنني متحيّر الآن تماماً ، لقد ظننت أن (آينشتاين) قـــد قضـــى على مفاهيم الماضي والمستقبل ، فكيف يستطيع الفيزيائيون أن يزعموا أن الكاؤونات تملك إحساساً داخلياً (متأصلاً) بعدم تناظر الماضي مع المستقبل] .

إنهـــا نقطـــة هامة ، لدينا مشكلة لغوية هنا : لقد استثنى (آينشتاين) التقطيع المطلـــق للزمن في الماضي والمستقبل المفصولين باللحظة الكونية الحاضرة أي (الآن) ، ولكن هذا لا يعيق تمييزنا بطريقة مطلقة بين اتجاهي الماضي والمستقبل في الزمن ، فنحن نستخدم كلمتي الماضي والمستقبل بطريقتين مختلفتين قليلاً هنا . إن اختلافاً مشابهاً يبرز عـــند اســـتخدامنا لكـــلمتي شمال وجنوب ، فنحن نتحدث باستمرار عن الشمال أو الجـــنوب عـــندما نعبر عن أمكنة كما نستخدمها عندما نريد التعبير عن الاتجاهات في المكـــان ، ففي أميركا « الجنوب » تعني بعض الولايات مثل (ألاباما) و (تكساس) وفي بريطانيا « الشمال » مرتبطة بمدن مثل (مانشستر) و (نيوكاسل) ، إذاً فيوجد

حتى عدم تناظر بين الشمال والجنوب ناتج عن حقيقة أن الأرض تدور وقد تم تكريس هذا اللاتناظر بسهم إبرة البوصلة والذي يلعب دور حارس اللاتناظر المكاني مثل سهم الـزمن . إن الكاؤون المتواضع قادر على أن يطلعنا على الزمن ضمن إحساس محدود ، إنه يعرف الفرق بين اتجاهي الزمن الماضي والمستقبل ، ولكن الكاؤون لا يستطيع بأي حال أن يقسم الزمن إلى ماضي وحاضر ومستقبل .

مكتبة
t.me/soramnqraa

(٩-٥) الكون المنكفئ

إن الانكفـاء الدقـيق للـزمن (عـدم التوازن) الذي يتلي باستمرار مملكة الجسـيمات دون الذريـة يحمل في طياته انكفاءً مرافقاً يتعلق بالمادة والمادة المضادة ، وأنـت تذكر بالتأكيد كيف أن **انتهاك** (T) يمكن أن يُعزى إلى حقيقة أن المعدل الذي تـتحول خلاله الكاؤونات إلى كاؤونات مضادة لا يعادل تماماً العملية المعاكسة وهي الـتحول من كاؤونات مضادة إلى كاؤونات . إذا حدث مثل هذا اللاتناظر بين المادة والمادة المضادة وتمت ملاحظته ولو حتى بمستوى طفيف جداً فإنه يقدم لنا تفسيراً طبيعياً عـن سبب نشوء الكون من المادة عن سابق تحكم . نحن نستطيع أن نتخيل أن معظم مـادة الكون قد تم ظهورها أثناء الانفجار العظيم . في البداية كان هناك مزيج متفجر مـن المادة والمادة المضادة وأن النسب لم تكن متعادلة تماماً فقد كان هناك زيادة طفيفة في كمـية المادة بسبب **آثار الانتهاك** لـ : (T) . لا يستطيع المزيج أن يبقى على قيد « الحـياة » أكثر من ثانية قبل أن يتعرض لمحق جماعي يحول كل شيء تقريباً إلى أشعة جامـا ، ويمكن لذلك أن يزيل ويلغي كل المادة المضادة ولكن الزيادة الطفيفة في المادة يمكـن أن تـبقى سـليمة دون أن تصاب بأي أذى ، وتلك هي الزيادة التي استمرت لتتشـكل مـنها المجرات ، أما أشعة جاما التي ضعفت كثيراً بسبب توسع الكون فقد تحولـت إلى الخلفـية الكونية للإشعاع الحراري . إذا كانت هذه النظرية صحيحة فإن تجربتـنا يمكـن أن تسـتند بشكل حاسم على التذبذب الزمني الدقيق الذي تسمح به الطبيعة ، وهو اللاتناظر الطفيف الذي يصبح هو الفكرة التالية والتي بدونها قد لا نكون هناك الآن .

بمجـرد أن تخمد فكرة **انتهاك** (T) في أذهان الفيزيائيين المصعوقين يبدأ البحث

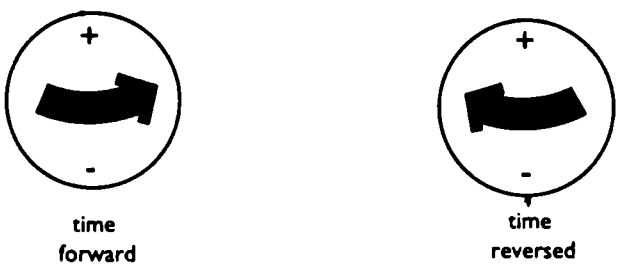
بحد عن الطريقة الأكثر حساسية لقياسها ، ومن أكثر الأماكن التي جرت فيها المواظبة على متابعة هذه الأبحاث مختبر للفيزياء النووية يقع عند وادي نهر خلاّب في جنوب شرق فرنسا ليس بعيداً عن منحدرات التزلج الثلجية في جبال الألب حيث قامت مدينة (غرينوبل) وهي مسقط رأس الموسيقي الشهير (هيكتور بيريليوز) الذي كان أول من أشار ببراعة إلى أن : « الزمن معلم عظيم ، ولكنه لسوء الحظ يقتل جميع تلاميذه »[٧] . لم يحصر العلماء الفرنسيون اهتمامهم في الكاؤونات فحسب ، بل وجّهوها أيضاً إلى ذلك النيترون المسكين المتواضع الذي قد يخفي بين ثنايا خواصه الكهرطيسية تلميحاً حيوياً وهاماً عن الانكفاء الزمني للطبيعة .

لا تثريب عليكم إن افترضتم أن النيترونات ذات الشحنة المتعادلة كهربائياً ليس لها خواص كهرطيسية مرتبطة بها ، لأن معظم الفيزيائيين افترضوا ذلك أيضاً منذ اكتشاف النيترونات للمرة الأولى ، وقد رفع بعضهم حواجبه استهجاناً في عام ١٩٣٣ عندما اكتشف الفيزيائي الألماني (أوتو ستيرن) أن النيترون يتصرف كما لو أنه يحتوي قضيباً مغناطيسياً صغيراً . نحن نعلم أنه على الرغم من أن النيترون متعادل الشحنة في نهاية الأمر فهو ليس جسيماً نقطياً ولكنه جسيم مركب يتألف من ثلاثة كواركات مشحونة كهربائياً ومحصلة شحناتها معدومة ، ولكن الكواركات نفسها تستطيع أن تولّد حقلاً مغناطيسياً حيث تبين أن كافة النيترونات في حالة دوران مستمر حول نفسها (**التفاف** Spining) . يمكنك أن تتصور النيترون مثل كرة صغيرة تدور حول نفسها (وكأنها كوكب صغير) وأن كل نيترون يلتف حول نفسه بنفس المعدل تماماً حيث أن الالتفاف هو مقدار ثابت يتميز به النيترون مثل كتلته . إن التحريات الدقيقة تُظهر صورة أعقد من ذلك ، حيث أن الكواركات المشحونة داخل النيترون هي التي تلتف حيث يؤلف كل منها تياراً كهربائياً دقيقاً جداً يولّد حقلاً مغناطيسياً تؤدي بالمحصلة العامة إلى نشوء حقل مغناطيسي صافي على خط واحد مع محور التفاف النيترون يظهر على تلك الهيئة المسماة « **ثنائي القطب** dipole » ، وقد جاء هذا الاسم من حقيقة أنه في كل قضيب مغناطيسي تجد قطباً شمالياً في أحد طرفيه وقطباً جنوبياً في الطرف الآخر .

إن وجود الجسيمات المشحونة داخل النيترون يفسح المجال أمام احتمال آخر ،

فمحور التفاف النيترون يحدد اتجاهاً ثابتاً في الفضاء ، وعلى الرغم من أن مجمل شحنة النيترون ستتعادل في النهاية ولكن يبدو أن الشحنات الموجبة تفضل أن تتجمع في منطقة واحدة بالنسبة لاتجاه الالتفاف ، وتتجمع الشحنات السالبة في المنطقة الأخرى المقابلة ، مما قد يؤدي إلى نشوء حقل كهربائي ثنائي القطب ، فإن كان النيترون قادراً على تشكيل ثنائي قطب مغناطيسي ، أفلا يكون قادراً أيضاً على تشكيل ثنائي قطب كهربائي أيضاً ؟

هنا يأتي دور سهم الزمن . تصور أننا نشغّل شريطاً سينمائياً بالمقلوب لأحد النيترونات ، في الواقع لن نلاحظ تغييراً كبيراً فيما عدا أن النيترون سوف نراه يلتف بالاتجاه المعاكس . وبالمقابل ، فإذا لم يكن النيترون ثنائي قطب كهربائي فقد لا يتأثر بانعكاس الزمن ، لأنه لا يعتمد على حركة الكواركات بداخله بل على مواضعها فقط ، لذلك فإن انعكاس الزمن يستطيع فقط أن يقلب الاتجاهات النسبية للالتفاف وأن يغير ثنائية القطب الكهربائي ، ويمكن توضيح ذلك باستخدام المخطط المبين على الشكل (٩-٤) ، حيث تم وضع علامة تدل على اتجاه للالتفاف يشابه اتجاه دوران الأرض ، وكما هو مرسوم فإن النيترون يتميز في وضعيته الأولى بوجود نصف كرته «الشمالية» في الأعلى حيث توضعت الشحنة الموجبة (+) ، ولكن في الوضعية المعدلة وبعد انعكاس الزمن تأخذ نصف الكرة الشمالية مكانها في الأسفل حيث الشحنة السالبة (-).



الشكل (٩-٤) : الانتهاك الخاطف لتناظر الزمن النيترون يقلب اتجاه التفافه عندما ينعكس الزمن ولكن ثنائية القطب الكهربائية لا تتأثر .

إن العلاقة التعارضية بين الالتفاف وثنائية القطب الكهربائي في ظل انعكاس الزمن يمكن أن تتجلى بوضوح إذا غُمر النيترون وسط حقل كهربائي خارجي ، فالحقل في هذه الحالة يؤثر على ثنائية القطب الكهربائية ويحاول أن يلف النيترون بحيث

أن النهاية ذات الإشارة الموجبة (+) تتوضع مقابل النهاية ذات الإشارة السالبة (-) للحقل ، والعكس صحيح ، هذا التفاعل يتضمن مقداراً محدداً من الطاقة ، فإذا استطعنا أن نركز على نيترون محدد وأن نعكس اتجاه الزمن فيه فإن النيترون قد يدور بالاتجاه الآخر ولكن قطبيته الثنائية وحقله الكهربائي قد يبقيان على حالهما دون أي تغيير ، إذاً فعلى الرغم أنه لن يكون باستطاعتنا في الواقع أن نعكس الزمن فإنه بمقدورنا أن نعكس الحقل الكهربائي الخارجي ، وهذا سيترك اتجاه الالتفاف دون تغيير ولكنه قد يغير طاقة التفاعل الكهربائي بالقطبية الثنائي (لأن تأثير + و — قد ينقلب بشكل فعال بالنسبة إلى الحقل الخارجي) وهذا مكافئ تماماً لانعكاس الزمن لأن كل تلك المسائل تمثل الاتجاه النسبي للالتفاف وثنائية القطب الكهربائية لذلك فبإمكانك أن تختبر انعكاس الزمن بأن تعكس الحقل الكهربائي وتراقب التغيرات التي تطرأ على طاقة النيترون .

وتجدر الإشارة هنا إلى أنه لا يمكننا تطبيق العملية نفسها على الحقل المغناطيسي للنيترون ، لأنه كما أسلفنا فإن ثنائية القطب المغناطيسية للنيترون تنشأ بسبب التيارات الكهربائية الضعيفة داخل النيترون ، فإذا تم عكس الزمن فإن اتجاهات تلك التيارات سوف تنعكس أيضاً ، وخلافاً لحالة ثنائي القطب الكهربائي الساكن فإن القطبية الثنائية المغناطيسية الناشئة عن التفاف الشحنات تنقلب في ظل انعكاس الزمن جنباً إلى جنب مع انقلاب اتجاه الالتفاف ، ولذلك فإن التوجيه النسبي للقطبية الثنائية المغناطيسية واتجاه الالتفاف يبقيان دون تغيير عندما ينعكس الزمن . إن أي طاقة تفاعل مع حقل مغناطيسي خارجي قد لا تتغير أيضاً .

خلاصة هذه السلسة من المناقشات هي أن وجود لحظة خاطفة من القطبية الثنائية الكهربائية في النيترون قد يكون إشارة إلى أن العالم ليس متناظراً في ظل انعكاس الزمن ، بعبارة أخرى أقول أنه لو امتلك النيترون قطبية ثنائية كهربائية حتى ولو كانت صغيرة فإنه قد يمتلك إحساساً داخلياً خفياً ذاتياً باتجاه الزمن .

لقياس القطبية الثنائية الكهربائية عملياً ، نضع النيترون ضمن حقل كهربائي ذو شدة عالية ثم نعكس اتجاه هذا الحقل ونراقب تغيرات طاقة النيترون . ولمراقبة تغيرات الطاقة في النيترون نخضع الجملة لحقل مغناطيسي أيضاً فيحاول النيترون أن يلتف

ويصطف إلى جانب الحقل المغناطيسي ولمساعدته في ذلك نسلّط عليه موجةً كهرطيسية ذات تـــردد إشـــعاعي وحالما يتوافق تردد الموجة مع فرق الطاقة بين الوضع العمودي والوضـــع المقلوب لحالتي الالتفاف فإن الموجة تحرض الالتفاف على أن يقلب اتجاهه ، وأن أي طاقـــة زائـــدة عن ذلك ناجمة عن تفاعل القطبية الثنائية الكهربائية مع الحقل الكهربائي ينبغي أن تظهر عند التوليف البسيط للموجة الإشعاعية . تعتبر هذه التجربة من التجارب الحساسة جداً في اختبار تناظر انعكاس الزمن .

حتى الآن لم يتم الكشف عن أي انتهاك ، وحسب أبحاث الخبراء الفرنسيين فإذا قامـــت الكواركات المشحونة بتوزيع نفسها داخل النيترون بطريقة منكفئة (منحازة ، غـــير عادلة) داخل النيترون فإن متوسط المسافة الفاصلة بين منطقة الشحنات الموجبة ومنطقة الشحنات السالبة سيبلغ عندئذ 10^{-25} سنتمتر أو عشر أجزاء من تريليون جزء من أبعاد النيترون ، وهذا مقدار قليل جداً وإلى حد مخيف ، ولكن العلماء لم يفطنوا . هناك العديد من النظريات العامة للجسيمات الفيزيائية تدخل انتهاك (T) بعين الاعتبار ولكـــنها تقـــترح أن تناظر الزمن يجب أن ينهار عند مستوى يلي بقليل المستوى الذي تكـــون التجربة الفرنسية قادرة على كشفه ، وعند مستوى أقل نجد أن القوة الضعيفة نفســـها التي تحث الكاؤونات على التفكك يجب أن تؤثر على النيترونات ، لذلك فإن قياساً حساساً بشكل كافي يجب أن يمكّن من الكشف عن القطبية الثنائية الكهربائية .

هـــذا التنبؤ بأن تناظر انعكاس الزمن يجب أن ينهار عند مستوىً ما حَفَز المجربين في كـــل أنحاء العالم على أن يبحثوا عن القطبية الثنائية الطفيفة ليس فقط في النيترونات ولكـــن في الذرات ثم في الجزيئات أيضاً . ومن المفضل حالياً استخدام الزئبق وفلورايد الثالـــيوم ، هـــذا وإن الـــتجارب على الجزيئات تكون واعدةً أكثر من التجارب على الـــنوى ، وينـــبغي أن تمكّـــن الفيزيائيين من انتزاع دليل على انتهاك (T) في المستقبل القريـــب ، وهناك فريق من جامعة (يال) يأملون بأن يتمكنوا من اكشف عن القطبية الثنائـــية الصـــغيرة لغاية : 10^{-28} سنتمتر من خلال استخدام الجزيء الغريب « يثيبيوم فلورايد YBF » .

إن الأهمـــية الإيجابية في تجارب القطبية الثنائية تؤدي إلى أن جسيماً أساسياً مثل النيـــترون (ممـــثلاً عن المادة الطبيعية) قد يملك إحساساً وتوجهاً ذاتياً أصيلاً بالزمن ،

وبتوسيع هذا المفهوم فإن المحتويات المادية للكون قد يكون لديها مقدار ضئيل ولكنه مهم على اية حال من الإحساس باتجاه الزمن أي أن الماضي والمستقبل قد يكونان محفوران بداخل تركيبة المادة وضمن البنية الأساسية لها .

[هذا إدهاش بارع ، الماضي والمستقبل في الكون متعلقان بالبداية والنهاية ، فكيف يمكن لجسيم ضئيل مثل النيترون أو الكاؤون أن يعلم حول الانفجار العظيم أو أصل الكون ؟ ليس هناك أي « علامة مرورية » في الزمن تقول « من هنا الطريق على الانفجار العظيم »] .

في الواقع ، يوجد . إن تمدد الكون يحدد اتجاهاً زمنياً بعيداً عن الانفجار العظيم وباتجاه المستقبل :

[هل تعني أن الكاؤونات مولفة حسب الكون ؟ أي أنها تحس بتوسع الزمن، يبدو في ذلك براعة خارقة لجسيم دون ذري متواضع] .

إنه يفعل ذلك فعلاً ، ولكن لم يكن باستطاعة أي فيزيائي أقل من (يوفال نائيمان) أن يقوم بذلك ، وهو الذي ساعد على إرساء قواعد نظرية الكواركات في المادة التي قدمها عام ١٩٧٠ . لقد زعم أن اتجاه الزمن المترافق مع تفكك الكاؤون مرتبط مباشرةً مع الحركة الكونية ، وبالتالي فإذا كان الكون يتقلص بدلاً من أن يتمدد فإن اللاتناظر في تفكك الكاؤون سوف يظهر من الجانب الآخر على النحو التالي : « إن كوناً ذو مادة متقلصة يكافئ تماماً كوناً ذو مادة مضادة متمددة »[٨] .

[ولكن كيف يستطيع الكاؤون أو جسيم آخر دون ذري أن يعرف ماذا يفعل الكون ؟] .

كل ذلك يُعزى إلى الثقالة ، لقد كانت نظرية (آينشتاين) في الثقالة هي المحرك الأساسي الذي ألمح لنا إمكانية توسع الكون ، ربما هناك فهم سقيم لموضوع الثقالة الذي يتعلق بانتهاك (T) ، ولكن الثقالة في نهاية الأمر تقدم لنا واحداً من أهم وأكثر أسهم الزمن وضوحاً وهو تحديداً الثقوب السوداء . يمكنك أن تسقط داخل الثقوب السوداء ولكن لن يكون بمقدورك إطلاقاً الخروج منه ثانيةً ، وبشكل مماثل فإن تشكيل ثقب أسود من نجم منهار يعتبر عملية غير عكوسة . لسوء الحظ فقد كان هناك رفض

قـــاطع من قبل الخبراء حول هذا الموضوع ، ففي عام ١٩٧٤ وجد (ستيفن هوكنج) نفســـه مدفوعاً لكي يشهر اكتشافه بأن الثقوب السوداء ليست سوداء ولكنها تتوهج بإشـــعاع كمومي . إن الثقوب السوداء الصغيرة ذات حرارة فائقة فعلاً وهي تتبخر في النهاية مبتعدة عن المركز في تحرير تفجيري للطاقة . لقد أوضح التحليل الرياضي الدقيق أن الثقـــب الأسود يعتبر عامل عشوائية مطلق (Randomizer) ، فإذا سقطت المادة المتّســـقة (المرتبة) داخله فإن طاقتها تعود منه ثانيةً على شكل إشعاع غير مرتب أبداً وذو مراحل متسلقة تماماً (تلك المراحل العشوائية ثانيةً) .

لقد أعلنت اكتشافات (هوكنج) سهماً متفرداً للزمن متجهاً : من الترتيب إلى عدم الترتيب ، من الاتساق إلى الفوضى ، وهذا بالضبط هو ما يحدث للثقب الأسود . ولكن (هوكنج) نفسه ينظر إلى الأمور بطريقة أخرى . قبل أن يصبح مصطلح الثقب الأســـود تقلـــيداً لدى الناس ، بدأ البعض يتحدثون عن **الثقوب البيضاء** . ما هي ؟ حســـنا، الأمر سهل ، هي حالة معكوسة للثقوب السوداء ، فبدلاً من أن تبتلع الأشياء بشراهة بالغة فهي تتقيؤها . الثقوب البيضاء ليس لها وجود ومعظم العلماء يقذفونها من أمـــامهم مثلها مثل كل أدوات انعكاس الزمن ، على أن الطريقة التي رآها (هوكنج) مناســـبة تتلخص على أي حال في أنه إذا كان الثقب الأسود يصدر إشعاعاً فإنه سيبدو مـــثل الثقـــب الأبيض تقريباً . إن الثقب الأسود والثقب الأبيض قد يبدوان غير قابلين للتميـــيز إذا كانا موجودين ضمن صندوق في توازن ترموديناميكي عند درجة حرارة ثابـــتة . لقد كان (روجر بينروز) هو أحد الأشخاص الذين اعترضوا على هذا الزعم الخـــادع ، حيث أصر على أن الثقب الأسود والثقب الأبيض هما شيئان مختلفان تماماً . في منتصف السبعينات أخرج كلٌ من (هوكنج) و (بينروز) ما في جعبته من أفكار وحجج في مناظرات عامة ممتعة .

كان (بينروز) يعتقد أن الثقالة تمسك المفتاح إلى سهم الزمن ، مما يعني أن هناك انكفـــاءً (تحيزاً ، انحرافاً) متأصلاً في الزمن عندما يتعلق الأمر بحقول الثقالة ، وهناك شـــيء من ذلك على الأقل عندما تتوضع تلك الحقول في جوار التفردات الزمكانية من ذلـــك الـــنوع الذي يوجد في مراكز الثقوب السوداء (والثقوب البيضاء) والانفجار العظـــيم (والانسحاق العظيم) . لقد أذعن (بينروز) أخيراً إلى أنه لا يعرف أصل هذا

الانكفاء ولكن يظن أنه يمكن بشكل ما أن يرتبط بانتهاك الكاؤونات لـ (T) .

[هل هذا يعني أنه إذا ما بدأ الكون بالتقلص فإن سهم الزمن سوف ينعكس ؟] .

آه ، هذا سؤال مشوق ...

إذاً ... تابع القراءة ...

الفصل العاشر

التوجُّه (التقدم) بعكس الزمن

« الزمن سيجري إلى الوراء ويجلب معه عصر الذهب » .

(جون ميلتون)

« إن انعكاس السهم قد يذيب العالم الخارجي بشكل أحمق » .

(آرثر أينجتون)

(١٠-١) في داخل الانعكاس

« ولكنني لسوء الحظ ولدت عند النهاية الخطأ من الزمن ، وينبغي عليّ أن أعيش بعكسها عبد البداية » .

(ت. هـ. وايت)

قد تبدو فكرة أن الزمن يمكن أن يجري بالعكس (إلى الوراء) مدهشة ولكنها ليست جديدة على أية حال ، كما أنك إذا تخليت عن التفكير بها فستعود إليك عند أي اعتقاد بأن الزمن دوري (دائري) لأن هذا يتضمن أيضاً «الدخول في الانعكاس» في مرحلة ما ، وبالتالي فإن العالم يمكن أن يعود إلى حالته الابتدائية . لقد أعطى (أفلاطون) تصوراً حياً لهذه المرحلة تُشاهد من خلال أعين أحد الغرباء التخيليين :

« تسعى حياة جميع الحيوانات أولاً نحو التوقف التام ، كما تتوقف الطبيعة الإنسانية عن نزعتها إلى الشيخوخة ، ثم تنعكس فتستعيد شبابها ورقتها ، أما خصل الشعر البيضاء فتسودُّ ثانية وتغدو خدود الرجال الملتحين ناعمة دون شعر وتستعيد نضارتها وطفولتها السابقة : تصبح أجسام اليافعين كما كانت عند بداياتها أنعم وأصغر ، وبتعاقب الليل والنهار تعود لتصبح مشابهة لطبيعة الطفل الذي يولد من جديد سواء في العقل أم في الجسد ، وفي المرحلة التالية تضيع في غياهب المجهول ثم تختفي »[1] .

في عام ١٩٦٠ طلع علينا الفيزيائي الفلكي (توماس جولد) بنظرية تشبه هذه، وقد توصل إليها بالتركيز على الحقيقة غير الثابتة وهي أن سهم الزمن المهم فعلاً في هذا الكون هو جريان الحرارة وابتعادها عن الشمس والنجوم الأخرى إلى أصقاع الفضاء الفسيح ، وهذا على حد زعم (جولد) هو العملية الأساسية التي تميز اللاتناظر بين الماضي - المستقبل في العالم . وهنا يكمن سهم الزمن .

لقد كان (جولد) ينشد تعريف وتحديد الأصل المطلق للسهم بالسؤال التالي : لماذا يكون هناك اتجاه واحد لسريان الحرارة من النجوم إلى الفضاء ؟ ماذا يسببه ؟ وقفز جواب ساذج إلى الذهن فوراً : النجوم حارة والفضاء الخارجي بارد ونحن نعلم أن الحرارة تسري من الحار إلى البارد حسب القانون الثاني للترموديناميك . ولكن المرء يمكن أن يتابع تساؤلاته : لماذا الكون كذلك ، بارد ومظلم ؟ الجواب على ذلك يتضمن علاقة ما بتمدد الكون ، فكلما تضخم الكون وزاد حجمه تزداد كمية الحرارة التي يستطيع امتصاصها ، وقد أوضح ذلك (جولد) بقوله : « العملية تشبه صب الماء في برميل لن يمتلئ أبداً ليس بسبب وجود تسرب في أحد جوانبه ولكن بسبب ازدياد حجمه المستمر »[٢] .

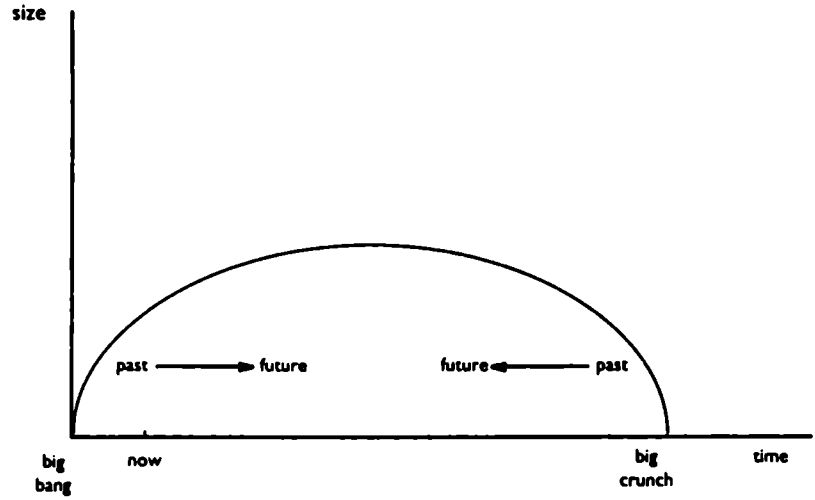
ولكي يدعم (جولد) وجهة نظره ، يدعونا إلى تصور صندوق عاكس تماماً توضع الشمس بداخله بوسيلة سحرية ما بشكل يعزلها تماماً عن الكون الخارجي . إن محتويات الصندوق ستصل في نهاية الأمر إلى توازن ترموديناميكي ، حيث سوف تستقر عند درجة حرارة عالية ثابتة ضمن أرجاء الصندوق ، ولن نجد أي طاقة يمكن أن تتسرب من الصندوق وتُهدر ، فكل الطاقة محجوزة ومحفوظة ضمن الصندوق . في هذه الحالة ستظل الشمس على حالها إلى الأبد وتنطفئ جذوة سهم الزمن . الآن إذا تمكن أحد ما من إحداث ثقب صغير في الصندوق ليسمح لبعض الإشعاع بالإفلات والتسرب فإن التوازن الترموديناميكي سوف يختلّ ، وتبدأ الحرارة بالتدفق ثانية ويعود التحول غير المعكوس لينشأ ثانية ، وقد يتجدد سهم الزمن ليعود مرة أخرى بشكل مؤقت ، وإذا ما أغلقنا الثقب فإن السهم سوف يخبو ويختفي بمنتهى الطاعة ، إذاً فإن سهم الزمن المتعلق بسريان الطاقة من الشمس يعتمد على قدرته في نقل طاقتها بشكل

غير مقيد إلى أرجاء الفضاء الفسيح .

إذا كـــان الكون ثابتاً ، وكانت النجوم تشع بشكل ثابت لمدة طويلة كافية فإن الكـــون برمته قد يمتلئ بالحرارة والإشعاع الضوئي بنفس الطريقة التي تتم في صندوق (جولد) ولكن على مقياس أكبر ، وعند تراكم الإشعاع في الفضاء بين النجوم ترتفع درجات الحرارة أكثر فأكثر حتى يصبح الكون شديد الحرارة في كل مكان ، ولن تجد بعـــد ذلـــك ظلمة ولن تجد مناطق باردة ، وستبدو كل السماء من الأرض متوهجة كالفـــرن ، ثم يســـود الـــتوازن الحـــراري في كل أرجاء الكون وقد يصل الكون في نهايـــة المطـــاف إلى درجة حرارة عالية متساوية هي درجة « **الموت الحراري** » . لن يحصـــل بعـــد ذلك المزيد من التغيير سواء كان للأفضل أم للأسوأ . لن نصل إلى هذه الحالـــة مـــن الشأن الكوني لأن الكون غير ثابت بل أنه في حالة تمدد مستمر ، وكلما أسرعت النجوم محاولة تسخين الكون فإن الفضاء يتمدد أكثر بحيث يُبقي عليه بارداً ، بالإضـــافة إلى أن الـــنجوم لم تكـــن تشع الحرارة منذ وقت طويل كاف لكي بغرق الكون بكميات كبيرة من الحرارة في الفضاء حيث أن الكون نشأ قبل بضعة بلايين من السنين فقط .

حالمـــا استطاع (جولد) أن ينشئ علاقة بين سهم الزمن وتمدد الكون فلم يبقَ لـــه سوى خطوة واحدة ليفترض أنه : إذا قُدِّر للكون أن يبدأ بالتقلص عند مرحلة ما فـــإن السهم قد ينعكس ، وقد أكد ذلك بقوله : « قد يميل الإشعاع إلى التجمع عند الأجـــرام وتسخينها ، وقد تسري الحرارة بشكل عام من الأجرام الباردة إلى الأجرام الحارة »[٣] . بعبارة أخرى فإن الزمن عندئذٍ يجري إلى الوراء .

لقـــد كـــان (جولد) يحمل في ذهنه تصوراً لدورة الكون التي تستمر عشرات الـــبلايين مـــن السنين ، انظر الشكل (١٠-١) ، ولن يحدث انعكاس الزمن قبل عدة دهـــور وأحقاب حيث يعود في ذلك الحين أصدقاء (أفلاطون) الشيوخ والشباب إلى ذكـــرياتهم المتلاشـــية منذ زمن بعيد ، على أية حال فإن المشهد بأن الكون يمكن أن لا يمـــوت ولا يخضع للتفكك بل يجدد نفسه بطريقة ما ، هو خدعة وتضليل عميقين حتى ولو لم نجد أي شخص يمكنه مراقبة ذلك .



الشكل (١٠-١) : الكون ذو الزمن المنعكس : يبين الشكل موناً يتمدد من الانفجار العظيم فيصل إلى حجمه الأقصى ثم يبدأ بالانهيار والتقلص للوصول على الانسحاق العظيم . يجري الزمن إلى الأمام في النصف الأول وإلى الوراء في النصف الثاني وقد أشير إلى اتجاهاته بالأسهم . بسبب التناظر فن الكلمات : "الانفجار" و "الانسحاق" و "الماضي" و "المستقبل" قابلة للتبادل وقد تمت الإشارة إلى حقبتنا باستخدام الزمن التقليدي المتبع .

(١٠-٢) التفكير بالعكس

« إنه نوع مسكين من الذاكرة ذلك الذي يتذكر الماضي فقط » .

(لويس كارول)

يتمتع سهم الزمن بسلطة ونفوذ قويين بحيث أن انعكاسه قد يجعل أي كائن يتقيد بالإدراك الحسي للزمن مرتبكاً وتائهاً بلا معين ، فإن كان ثمة شخصٌ ما حولنا من أولئك فإنه سيكون من الممتع بالطبع متابعة معاناته الناجمة عن ذلك . تخيل أنك تراقب بيضاً مكسوراً يعيد تجميع نفسه !! هذه معجزة ، أو ماءً يجري صاعداً إلى أعلى، أو ثلجاً يتجمع من ماء منصهر ليعود فيشكل تمثال الثلج ، أو ماءً في وعاء يغلي بشكل لحظي . هذه العمليات لا تبدو مدهشة ومثيرة للأعصاب بل أنها تزلزل أركان المنطق وتصيبه في العمق . إن التنبؤ والذاكرة تلعبان دوراً أساسياً في كافة نشاطاتنا ، أما الكائن الذي يجد أن تلك القدرات تعمل بالاتجاه الخاطئ بالنسبة إلى العالم الخارجي فإنه قد يجد نفسه فعلاً دون منجد .

إن اللاتناظر المفروض على العالم بموجب قوانين الترموديناميك يقتضي توجيهاً منطقياً أيضاً ، مثال ذلك : أنا أعلم أنني إذا تركت سائلاً ساخناً لمدة ساعة أو أكثر فإنني أجده بارداً عندما أتفحصه ، ولكنني لا أستطيع أن أجزم أن سائلاً بارداً آخر كان ساخناً قبل ساعة ، فقد يكون ساخناً قبل عشر ساعات أو أنه وُضع بارداً أساساً . إن السائل سواء كان بارداً أو ساخناً فسوف يكون بارداً بعد ساعة ، لذلك فإن محاكمة ساخن - إلى - بارد لا تكون صحيحة في المحاكمة المعاكسة . هناك العديد من الحالات الابتدائية تقود إلى نفس الحالة النهائية لأن الصياغة الارتجاعية ليس لها إجابات وحيدة . وهناك مثال بسيط على ذلك في العمليات الحسابية ، فكل منا يقبل دون جدال أن 12 + 15 = 27 ولكننا سنفاجأ بالسؤال التالي : ممَّ تتكوَّن الـ 27 ؟ إن العودة بطريقة وحيدة من الجواب إلى السؤال هي عملية مستحيلة بشكل عام لأنه يمكن الوصول إلى 27 من (10+17) مثلاً أو (3×3×3) أو العديد من الطرق الأخرى .

إن مفهوم السببية يحتوي على نكهة توجيهية ، ونحن نود من خلالها أن نفترض أن السبب يسبق النتيجة ، وقد نكونُ غير مرتاحين مع الفكرة التي تقول أن كسر زجاج النافذة تَسبَّب في قذف الحجر ، أو أن تشكل ظل القمر على الأرض يُسبب مرور القمر في طريق ضوء الشمس . وهكذا نجد أنه من الصعوبة بمكان تقبل العالم الذي يمكن فيه للسبب والنتيجة أن تتبادلا المواقع . وحتى من الناحية العملية فإن التنبؤ قد يكون أمراً خطيراً للغاية في العالم ذي الزمن المعكوس . تخيّل أن تكون غير متأكد أن الماء سيبقى بارداً بعد أن تشربه وأن يكون احتمال ببدئه بالغليان فور وصوله إلى معدتك !! في الحقيقة ، فإنه كما أشار الرياضي (مارتن جاردنر) وكما أسلفت سابقاً فإن الحياة في ظل زمن معكوس قد تكون مليئة بالحيل والمقالب[٤] ، حيث أن شخصاً انعكست كل وظائفه الحسية والجسمية بشكل كامل قد يجنح بشكل جوهري عما نراه طبيعياً ، مثال ذلك أنه لن يعود قادراً على رؤية أو سماع أي شيء لأن كافة الموجات الضوئية والصوتية ستغادر أعضاءه عائدة إلى المنابع التي أصدرتها .

هذا المشهد الذي هو أقرب إلى الكابوس المرعب غير مرغوب بحدوثه . إن عملياتنا الدماغية تعتمد على نفس الفيزياء مثلها مثل بقية أجزاء الكون لذلك فقد تنعكس هي الأخرى في العالم ذي الزمن المعكوس مع تيار الوعي والذاكرة وعمليات

المحاكمة المرتبطة معها ، بعبارة أخرى ففي مثل هذا العالم سوف ندرك ونفكر بشكل معكوس ، وأن نشاطنا العقلي بما فيه المحاكمة والمفاهيم المنطقية مثل السببية ، والعقلانية يمكن أن تنعكس جميعها ، وبالتالي فإن كائناً معكوس الزمن يمكن أن لا يحس بالزمن المعكوس على الإطلاق ، لأن كل الأشياء سوف تبدو معقولة لديه عندئذ .

قد يبدو كما لو أنني عرَّفت انعكاس الزمن بعيداً في إعادة تسمية لا معنى لها للماضي والمستقبل ، ولكن الأمر ليس كذلك ، فمازال هناك معنى فيزيائي للتحدث عن منطقة واحدة في الكون تملك اتجاهها الزمني المعكوس بالنسبة للمنطقة الأخرى حتى ولو كان سكان كل منطقة يعتبرون منطقتهم « عادية » ومنطقة الآخرين هي « المعكوسة » ، وسيكون بعد ذلك من الحكمة بمكان تقييم تجاربهم النسبية والتأمل فيها . لقد درس (نوربرت وينر) مكتشف علم (**السيبرنتك** Cybernetics)[*] مشاكل الاتصالات التي قد تنشأ في حال وجود مثل هذه الحالات . تخيل محاولة للقيام بمحادثة بيننا وبين أحد المخلوقات الأجنبية الغريبة عن عالمنا (ربما في نظام شمسي مجاور) حيث يجري الزمن بالنسبة له بعكس جريان زمننا ، لقد لاحظ (وينر) أن اتجاهية منطق ذلك الغريب ستكون مقلوبة وهو يحول رسائله المنطقية إلى كلام غير مفهوم .

« أي إشارة سوف ينقلها إلينا يمكن أن تصلنا مع تيار من النتائج المنطقية حسب وجهة نظره ولكنها تعتبر سوابق (مسببات) وجهة نظرنا ، هذه المسببات أو السوابق موجودة أصلاً ضمن تجربتنا ويمكن أن تقدم لنا التفسير المسبق الطبيعي لهذه الإشارة دون الافتراض المسبق بأن مخلوقا ذكياً يمكن أن يكون قد أرسلها لنا »[٥] .

بعبارة أخرى ، فإن المفاهيم العادية للمعاني والتفسيرات يمكن أن تنقلب رأساً على عقب مانعةً أي تبادل واضح ومعقول للمعلومات ، حيث تأتي المفاهيم بالمصادفة ولا يمكن لترتيبها أن يساعد في تفسيرها . وهكذا فإن معلومات المخلوقات الأجنبية قد تصبح هي الأنتروبية التي نملكها والعكس صحيح . يقول (وينر) عن ذلك المخلوق بأنه : « إذا رسم لنا مربعاً ... فقد يبدو لنا في ذلك كارثة - مفاجئة فعلاً ولكنها قابلة للتفسير بموجب قوانين الطبيعة - يتوقف بسببها ذلك المربع عن

---

[*] يحلو للبعض أن يترجم ذلك بـ « علم الضبط » .

الوجود » . وقد استنتج (وينر) أنه ضمن أي عالم تكون فيه الاتصالات ممكنة ، فإن اتجـــاه الزمن ينبغي أن يبقى ثابتاً في كافة أرجائه . إن هذا الاستنتاج محرج جداً لأننا سنجد في نهاية المطاف أن هذا المخلوق الغريب ذو الزمن المعكوس قد يعرف مستقبلنا ونعـــرف مســـتقبله ، ويمكنه أن « **يتذكر** » كل الكوارث التي « **سوف** » تحدث لنا والتي يخبئها لنا المستقبل ولكنه مع الأسف لن يملك القدرة على تحذيرنا منها .

(١٠-٣) العوالم المضادة

« إنهم يمضون وقتهم كله ينظرون إلى الأمام نحو الماضي » .

(جون أوسبورن)

ما هو مدى الجدية الذي نستطيع أن نتقبل به فكرة المناطق المختلفة للزمكانات التي تمتلك أسهم زمن متضادة ؟ من المدهش أن يتكرر حدوث ذلك في الفيزياء وعلم الكونـــيات ، ومـــن أحد البيئات التي تبرز فيها هذه الظاهرة باستمرار منطقة لها صلة بالثقوب السوداء . ذكرت في الفصل الرابع كيف أن (فينكلستين) و (كروزكال) و (ســـيكرز) اكتشـــفوا في أواخر الخمسينات أن سطح الثقب الأسود الذي ميزه (شـــوارتز شيلد) ليس حاجزاً فيزيائياً ولكنه مجرد بوابة تفضي إلى المنطقة الزمكانية العجيـــبة التي تقبع وراءه ، ولكننا نتساءل كيف يصبح السحر مفهوماً وواضحاً عندما يتم فك رموز اللغز الذي يلفّ مثل هذه العملية .

يســـتطيع أحدنا استخدام الرياضيات لكي يتوقع ماذا يمكن لفلكية سيئة الحظ (شـــهد مـــثلاً) أن تشاهد ما بداخل هذا الثقب الأسود إن هي سقطت فيه . نحن نعرف مقدار الحزن والأسى الذي سرعان ما ستعاني منه عند وصولها إلى **نقطة التفرد المركـــزية** (Singularity) ولكنها أثناء طريقها إلى موعدها مع القدر قد تكون قادرة على تدوين بعض الملاحظات عما يجري حولها ، وقد يحتوي ذلك على جزء مما يجري داخل الثقب الأسود أو خارجه بالطبع ، تلك المنطقة التي تعتبر أصل وجودها وموطنها الأصـــلي . كمـــا أوضحت في الفصل الرابع فإنه على الرغم من أن شهد لا يمكن أن تُشـــاهَد من خارج الثقب فإن العكس غير صحيح ، فقد يتمكن بعض الضوء خارج

الثقب من اللحاق بها وإدراكها قبل أن تصل إلى نقطة التفرد وذلك يتيح لها الفرصة لرؤية العالم الخارجي الذي غادرته حديثاً جداً (للتو) بل وأكثر من ذلك ، فقد تتمكن شهد من أن تلمح منطقة زمكانية أخرى مختلفة تماماً تقبع بشكل ما على « الجانب الآخر » من الثقب الأسود ، وهي منطقة لا يمكن الوصول إليها من قبلنا أبداً .

حسب الوصف الرياضي النموذجي فإن « **الكون الآخر** » هو خيال مرآتي لكوننا يمتد بعيداً إلى اللانهاية مع وجود فرق شاسع وحاسم بينهما ، فاتجاه الزمن في الكون الآخر يكون معكوساً بالنسبة لزمننا ويؤدي ذلك إلى معاناة مريرة كلما تقدمت شهد إلى الأمام لأنها قد تشاهد كونين مختلفين لهما سهمين متعاكسين من الزمن . في الحقيقة إن المنطقة الداخلية في الثقب الأسود هي أشبه ما تكون بوعاء تنصهر فيه كل الظواهر المتضادة الاتجاه ، وتختلط فيه الأمور ، حيث يتقاطع ويتصادم فيه الزمن المتقدم مع الزمن المنعكس . وبالرغم من أن شهد تستطيع أن ترى الكون الآخر ولكنها لن تستطيع السفر إليه ثانيةً ، كما أنها لن تتمكن من العودة إلى كوننا أيضاً فقد احتجزت في لجة كثيفة من الثقالة الهائلة وجُذبت بشكل لا يقاوم إلى النقطة المتفردة . من الواضح أن الثقب الأسود الذي رسمه (شوارتز شيلد) لا يقدم طريقة لوضع مشهد (أفلاطون) تحت الاختبار ، ومهما يكن من أمر فإن الفكرة التي تقول بإمكانية وجود كون ما يتسق مع الزمن الذي يجري بالاتجاه المضاد (عالم مضاد ، إن شئت) مازالت تحظى بسحر وإغراء شديدين لدى الكثيرين ، وقد واجهنا مثل هذا التفكير من قبل عند بحثنا في الكاؤون .

عندما تضيّق الخناق على الفيزيائيين والفلكيين فإنهم قد يطرحون جانباً فكرة العالم المضاد التي أثارها (شوارتز شيلد) ويعتبرونه ضرباً من الخيال أو الوهم ويبررون ذلك بأنه إن لم يكن الكون قد وجد أصلاً محتوياً على تلك الثقوب السوداء فإنه لن يكون هناك عالم مضاد ، ويعود ذلك إلى أن حل معادلات (آينشتاين) الذي قامت عليه ينطبق فقط على منطقة " خالية " خارج حدود المادة ، فإذا ما تشكل ثقب أسود من انهيار نجم عادي (وهو السيناريو المعتاد) فإن حل هذه المعادلات لن يبقى ساري المفعول على العالم المضاد لأن وجود المادة سيحول دون ذلك وسيسد الطريق في وجه الحل .

هـــناك مشـــاكل عامة كثيرة حول اجتماع المناطق الكونية ذات أسهم الزمن الموجهة بشكل متضاد ، فمثلاً ، ماذا يحصل عند نقط الوصل ؟ حتى نتمكن من معرفة أهمية نوع التشويه الذي ينشأ دعنا نتخيل شيئاً بسيطاً مثل لعبة (البلياردو) . لنفترض أن عالمـــاً معتوهاً أنشأ مختبراً جعل فيه الزمن يسير بالاتجاه المعاكس (إلى الوراء) وتم تزويد المختبر بطاولة (بلياردو) . تندفع كرة البلياردو الرئيسية بعد ضربها بالعصا نحو مثلـــث الكـــرات المرصوصـــة (الهدف) فتصدمهم وتفرقهم بطريقة عشوائية تماماً ، وبتخيل العملية العكسية نجد أن الكرات المبعثرة بفوضى كاملة تبتدع طريقة ما لتلتئم بـــآن واحد على شكل مثلث بعد تصادمات متبادلة وفي لحظة سكون قصيرة تستجمع كـــل طاقـــتها المســـلوبة وتركزها على كرة البلياردو الرئيسية لتقذفها بعيداً إلى أول الطاولة . يمكن أن يكون ذلك هو المشهد الذي يشاهده العالِم عند اختلاس النظر عبر زجاج نافذة المختبر خلال جزء من اللعبة . إن تجمع الكرات على هذه الطريقة الغريبة أمر حساس للغاية ، حيث أن أي ارتباك أو اضطراب خفيف في حركة كرة واحدة قد يســـبب بلـــبلةً كاملة في إتمام العملية وذلك كفيل بأن يعرض الرقصة الجماعية المتأنقة للشـــبهة ويحطم الأمل في الحصول على التجمع المرتب على شكل مثلث مرة أخرى ، وإذا كنت غير مقتنع بذلك فحاول أن تقوم بالتجربة بنفسك .

إن الحساسية المفرطة **لنظام الزمن المنعكس** (reversed-time system) تجعل من التأثيرات العشوائية البسيطة التي تقتحم منطقة التجربة من الكون الخارجي سبباً في سرعة تحطم التجربة ، وإذا تم عزل المختبر تماماً فيصبح انعكاس الزمن ممكناً نظرياً من حيـــث المبدأ فقط ، ولكن لا يمكن تنفيذه عملياً . إن الاضطرابات الحرارية والثقالية ســـوف تـــتدخل دوماً وضمن مدى محدد ضاربة محتويات المختبر بدفعات وجذبات خفـــيفة ولكنها حاسمة وكافية لتحطيم انسجام الأوركسترا الأنيق ، وتكون الجزيئات حساسة أكثر بالطبع للاضطرابات من كرات البلياردو ، وحتى الفوتون الشارد المتسلل إلى المختبر التخيلي عبر نافذة المراقبة يمكن أن يكون كافياً ليقلب الموازين ويحدث تغييراً دراماتيكـــياً في الـــنظام برمته ، فبمجرد حدوث أدنى اختلال نجد أن الآثار الناتجة عن ذلك تبدأ بالانتشار وتتسع دائرة الاختلال لتصبح شلالاً من الفوضى تصعب السيطرة

علـــيه والتحكم به ، حيث يتضخم هذا الاختلال الأصلي وينتشر ويتضاعف حتى تعم الفوضى والاضطرابات كافة أرجاء المختبر بما فيها كرات البلياردو .

إن الفوضـــى الموجـــودة في واجهة الأمور تبتلع نظرية الاتساق التي تناولتها في الفصـــل التاسع والتي بيّنت فيها إمكانية وجود منظومة نحمية يجري فيها الزمن بالاتجاه المعاكس لزمننا العادي ، وينبغي أن تتذكر أنه لا يمكننا مشاهدة مثل هذه الأجرام لأن الضوء يمكن أن ينطلق من أعيننا إلى تلك النجوم مبرزاً إمكانية أن تكون قد بيّنت أمر عـــدم رؤيـــتها في الفضاء . واحسرتاه ، إن الورطة الموحلة التي سيتم الخلط فيها بين ضـــوئهم السباق وضوئنا المتأخر ستغلق الباب أمام النظام والاتساق غير المستقرين ، وتكـــرس ســـيطرة أحد أسهم الزمن على السهم الآخر (ويعتمد انتصار أحدهما على الآخر على الظروف) .

هـــذا هـــو الاستنتاج الذي توصل إليه النظريون أيضاً الذين يدرسون الثقوب البيضاء . افترض أن ثقباً أبيض تشكل خلال الانفجار العظيم في منطقة ما من الكون حيـــث كـــان الـــزمن فـــيه قد اتخذ اتجاهه الطبيعي ، فستجد أن الفوتونات القادمة والاضـــطرابات الأخرى الناشئة يمكن أن تؤدي بسرعة إلى عدم استقرار وتحول الثقب الأبيض إلى ثقب أسود بواسطة أمرٍ قصيرٍ من أوامرها .

(١٠-٤) ملء الساعة إلى الوراء

« لا يمكنك أبداً التخطيط للمستقبل في الماضي » .

(إدمون بيرك)

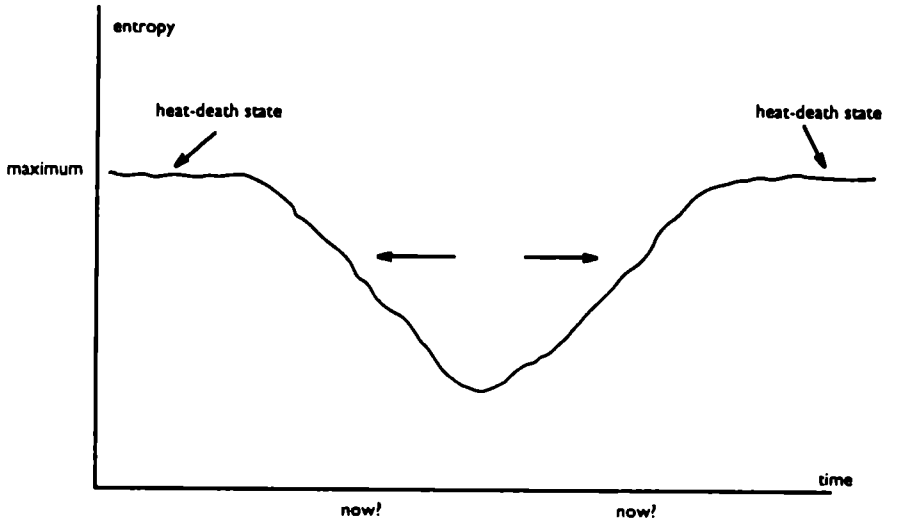
ما من مشكلة تم استعراضها سابقاً تفيد بجزم قاطع أن من المستحيل على المناطق المـــتجاورة في الكـــون أن يكون لديها أسهم منعكسة متبادلة من الزمن . وأن مشهد المختبر المعتوه الذي استعرضناه قبل قليل يتضمن التجاور القسري لمثل هاتين المنطقتين والذي هو أقرب ما يكون إلى التشوش حيث يسوده التباين ويسيطر عليه الاضطراب اللـــذان يقـــودان إلى الفوضـــى ، عـــلى أية حال وكما بيّنت في الفصل الأول فإن (بولـــتزمان) كان قد فكّر أساساً بانعكاس الزمن قبل قرن من السنين بطريقة شملت الصعوبات المذكورة آنفاً .

لقد ثمّن (بولتزمان) الدور الأساسي للمصادفة في نشاط الجسيمات ، فمن بين تجمع لجسيمات تتحرك بعشوائية ستجد أن هناك دوماً احتمال قليل ليقوم بين بعض هذه الجسيمات تعاون أعمى ، حتى أنك قد تراهم يأتلفون مع بعضهم وينتظمون مثل كرات البلياردو ليشكلوا في النهاية ترتيباً أو نسقاً محدداً ، وتُظهر الإحصاءات أن شذوذ الجسيمات عن تلك المصادفات بسبب بعض « المؤامرات » يزداد أكثر فأكثر كلما كان عدد الجسيمات أكبر ، فمثلاً ، إذا كان لديك عشر جزيئات من الأوكسجين تحوم مع بعضها في قارورة ، فسوف تجد من وقت لآخر أنها بالمصادفة ستتجمع في النصف الأيمن من القارورة تاركة النصف الآخر منها فارغاً ، ويتكرر حدوث ذلك بشكل نموذجي مرة كل ثانية ، ولكن يمكنك أن تتوقع أن الأمر يحتاج إلى بضع دقائق من الانتظار كي يحدث الشيء نفسه لمجموعة تتألف من عشرين جزيئاً، ولك أن تتصور ما سيؤول إليه الأمر إذا كان لديك قارورة تحتوي على ١٠٠ ليتر من الأوكسجين مكونة من تريليون تريليون جزيء ، ولن يكون غريباً أو مفاجئاً أن لا نلاحظ وقوع مثل هذه الحوادث بعيدة الاحتمال بمعدل يومي ، ولكن إذا أعطينا الوقت الكافي فإن ذلك قد يحدث . إن العمل الذي بدأن (بولتزمان) وتوسع به (ويلارد جيبس) و (آينشتاين) وآخرون أكد أن هناك انعكاسات على مستوى الجزيئات تحدث بمعدلات قليلة وخلال فترات قصيرة من الزمن . لقد نشر (آينشتاين) بحثاً حول الحركة البراونية في عام ١٩٠٥ وهي نفس السنة التي نشر فيها نظريته النسبية الخاصة ، وقد درس فيه بدقة كيف أن جسيماً دقيقاً معلقاً في سائل يمكن أن يظل متجولاً تائهاً نتيجة ضرب الجزيئات المحيطة المتباين لسطوحه حيث أن الجزيئات قد تتجمع على شكل عصابات عند أحد جانبي الجسيم أكثر من الجانب الآخر وتؤدي ركلاتها المتلاحقة من جانب واحد إلى اختلاج الجسيم ثم اختلاله . إن تلك الحركات الصغيرة تُظهر تقلبات خفيفة تحدث باستمرار في السائل حيث تشير إلى الأثر الصرف لنموذج انعكاس الأنتروبية الذي وصفه (بولتزمان) . الآن إذا كان الكون قديم فعلاً بشكل لانهائي و لم يعاني من تغييرات كبيرة (بولتزمان نفسه لا يعلم عن أي تمدد في الكون) فلن يكون هناك مفر من حدوث انعكاسات جوهرية في الزمن .

كنتُ قد أشرتُ في الفصل الأول إلى امتزاج (بولتزمان) المدهش بأن الكون

قـد وصـل إلى اتساقه وانتظامه الحالي نتيجةً للتقلب والتغير الهائل الذي حصل على المستوى الكوني ، وتتلخص فكرته بأنه من أجل أبدية قريبة فإن الكون يتضعضع ويذبل باتجاه حالة كئيبة قريبة جداً من التوازن الديناميكي (حالة الموت الحراري المعروفة) التي لا يوجد فيها سهم زمني ولا يحدث فيها أي شيء آخر يستحق الاهتمام. إلا أننا سنجدها في مناسبات عديدة وبالمصادفة البحتة تستجمع قواها وتولد انتظاماً واتساقاً تلقائياً ، وبعد مرور وقت طويل تحدث خلاله تغييرات عشوائية لا حصر لها تذهب وتجيء على مستويات صغيرة وكبيرة لابد أن يحدث في نهاية المطاف انقلاب على مستوى فلكي كوني فعال ، التئام لأجزاء من الذهول العقلي ، يتضمن تجمعاً أعمى لتريليونات وتريليونات لا حصر لها من الجزيئات تتجمع فيه وتتخذ أشكال نجوم وكواكب وأشخاص ... وخلال هذه المرحلة من ملء الساعة سيكون هناك سهم للزمن يشير إلى الوراء . وعندما يتم التغيير أو الانقلاب الكامل يستمر العالم بتحرير نابض الساعة مرة أخرى متراجعاً تدريجياً إلى الوراء ليصل إلى حالة التوازن العادية مولداً سهماً متجهاً إلى الأمام هو السهم المعروف لدينا ، هذا النموذج الذي لا يصدق يصف نوعاً من الحلقية الدورية الوهمية الزائفة ، لأن مثل هذه الأحداث المرتبة وغير المرتبة المتزامنة سوف تحدث بشكل غير محدود في الفترة اللانهائية (الأخيرة) من كون لانهاية له .

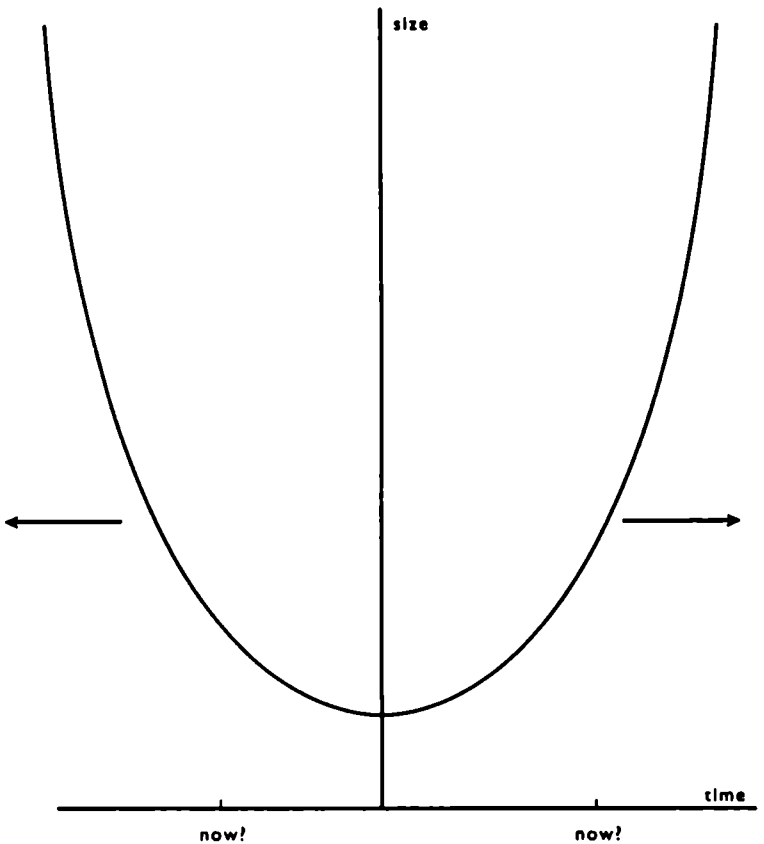
إن المظهر الرئيسي لانعكاسات الزمن عند (بولتزمان) هو تميزها بظاهرة تضاد الأسهم عقب إلى عقب بحيث أن الأسهم تشير بعكس بعضها ، أي أن سهمنا يشير إلى المستقبل ، بينما نجد أن حقبة الأحداث المنعكسة تحدث في ماضينا ، انظر الشكل (١٠-٢) ، وهذا يتناقض مع اقتراح (جولد) الذي قال فيه أن الحقبة الموجهة إلى الخلف تقبع في مستقبلنا ، وهناك فرق كبير بالطبع لأنه في حالة (بولتزمان) نجد أن الآثار السببية تنتقل بعيداً بدلاً من أن تدخل في منطقة الزمن المنعكس متجنبةً بذلك المخاوف المتشابكة المرعبة من النوع الذي تناولته أعلاه .



الشـــكل (١٠-٢) : **الكون الذي يربط نابضه بنفسه** : تبقى انتروبية الكون قريبة من قيمتها العظمى لأحقاب عديدة ، ولكن سيكون هناك فرصة كبيرة لتغيير وانقلاب جذري في قيمتها يظهر في الرسم على شكل (واد كبير). هـــذه هي حالة الزمن التناظري ولكن خلافاً لنموذج (جولد) المبين على الشكل (١٠-١) فإن سهم الزمن يشير بعيداً عن نقطة التناظر .

لـــنفس السبب كان (فريد هويل) و (جايانت ناريكار) قادرين على تقديم نموذج لكونٍ ذو زمن معكوس ، ولكنه نموذج لا ينبغي أن ينتظر (بولتزمان) لفترات عبثـــية مـــن الزمن للوصول إلى فرصة وحيدة لإنجاز الحيلة[٦] . في نموذج (هويل - نارلـــيكار) يتقلص الكون لفترة لانهائية لكي يصل إلى أقصى حد له من الانضغاط ثم يـــنعكس كل ذلك بعدئذ فيعود الكون ليتمدد مرةً أخرى إلى الأبد ، انظـــر الشكل (١٠-٣) . إن أولئك العلماء يقترحون بخيالٍ جامح أن سهم الزمن يشير بشكل دائم بعيداً عن **نقطة الارتداد** (**التراجع**) «bounce point» . نحن نقبع في مرحلة التمدد وســـهم الـــزمن يشير إلى المستقبل ولكن في مرحلة التقلص يشير السهم إلى الماضي ، وبالطـــبع فإن الحالة هنا زمن تناظري تماماً ، لذلك فإن كلمات من مثـــل " **تمـــدد** " و " **مســـتقبل** " يمكن أن تستبدل بكلمات أخرى مثل " **تقلص** " و " **ماضي** " . إن أي كائـــنات واعـــية ستدرك وتفهم الكون الذي يتمدد والزمن الذي يسير إلى الأمام مهمـــا كانـــت الحقبة التي يقطنونها . إن السببية تعوق أي اتصالات بين الكائنات في

مراحل متضادة الاتجاه . ولأن أي مخلوقات أجنبية من عوالم مضادة موجودة في الماضي السحيق فإنهم لا يستطيعون معرفة مستقبلنا ، لذلك فإن المشاكل التي تبرز مع الكائنات المتعاصرة ذات الزمن المعكوس يمكن تجنبها . وبشكل مماثل فإنه لا يمكن لتأثير إتلافي مدمر أن يقتحم عالمنا من العالم المضاد لأن أمثال تلك الآثار تبدأ في ماضينا السحيق وتسافر إلى ما وراء الزمن بالنسبة لنا ، بعيداً عن حقبتنا .



الشكل (١٠-٣) : نموذج (هويل – نارليكار) الكوني : في هذا النموذج يتقلص الكون من حجم لانهائي إلى أن يصل إلى حجمه الأدنى ثم يعود إلى التمدد ثانية إلى الأبد ، يجري الزمن إلى الأمام في مرحلة التمدد وإلى الوراء في مرحلة التقلص تماماً كما عرضنا أعلاه (لاحظ اتجاه الأسهم) ، والحالة بالطبع هي زمن تناظري تام .

لسوء الحظ لا يمكن أن نقول الشيء نفسه في نظرية (جولد) حيث تلتقي الأسهم رأساً لرأس ، انظر الشكل (١٠-١) ، ففي هذه الحالة نجد أن السهم الموجه نحو الماضي يقبع في مستقبلنا ، والآثار تتوالد وتمتد من حقبتنا بشكل سيي متجهةً مع

الزمن إلى الأمام نحو العالم المضاد ، ونفس الشيء يبقى صحيحاً عندما نعكسه فإن آثار العالم المضاد تأتي إلينا من المستقبل بعكس الزمن ، وعندما تصل تلك التأثيرات المهدِّدة تبدأ المشاكل والإزعاجات عندما تلتحم العمليات الفيزيائية المتضادة مع بعضها ، وتختلف الآراء حول ما إذا كان التفاوت الناتج يجعل النظرية بكاملها غير محققة أم أن بنية مختلفة كافية لكي تصلح ما أفسده الدهر في الثوب وتخرجه مرة أخرى بشكل مقبول .

لأخذ فكرة جيدة عما يمكن أن يُصلَح في الثوب نعتبر النقطة الأساسية في نظرية (جولد) وهي أن انسياب الأشعة من النجوم ينعكس عندما ينعكس تمدد الكون . على الرغم من أن الترموديناميك يمنح حدس (جولد) وجاهةً محددة فإنه لا يصمد بشكل جيد أمام البحث والتمحيص ، فالمشكلة تتعلق بالبطء الموجود بين تمدد الكون وجريان الحرارة والضوء خلال الفضاء ، فإذا بدأ الكون بالتقلص غداً فسوف يستغرق بلايين السنين قبل أن نبدأ برؤية المجرات البعيدة تقترب بدلاً من أن تبتعد ، لأن الضوء سيستغرق الكثير من الوقت لكي يقطع المسافات الكونية الهائلة ، وحتى تبدأ الحرارة المتدفقة من الشمس جريانها العكسي ، فإنه ينبغي على الإشعاعات القادمة من كل أرجاء الفضاء أن تبدأ توجهها وتجمعها في الشمس قبل أن يتحول تمدد الكون إلى تقلص ببلايين السنين ، ويتطلب ذلك أن يخضع الكون إلى " **مؤامرة** " جبارة موجودة في ذاته يمكنها بطريقة ما أن تتوقع أحداث المستقبل بتفاصيلها الدقيقة ، وهذا أمر صعب المنال ، ولكن قد يكون غير مستحيلٍ ، على أية حال .

(١٠-٥) غلطة (هوكنج) الكبرى

« من لا يرتكب أخطاءً لا يصنع اكتشافات أبداً » .

(صاموئيل سميلز)

إن العقبات المذكورة آنفاً لم تثني (ستيفن هوكنج) عن العبث بنموذج (جولد) للكون ذو الزمن المنعكس ، وقد وجد نفسه منقاداً لذلك ليس بدراسة ضوء النجوم ولكن بإدخال علم الكون الكمومي . في أكثر النماذج الكونية المفضلة عند (هوكنج) ، يتشكل الكون من الانفجار العظيم ويتمدد إلى حدِّه الأقصى ويبدأ

بعدئـــذٍ بالـــتقلص بشكل متناظر لكي يمحو نفسه بالانسحاق العظيم النهائي . عندما طبق (هوكنج) الميكانيك الكمومي على هذا النموذج من خلال الطراز الذي قدمته في الفصـــل الســـابع اتضح منذ اللحظة الأولى كما لو أن قوانين الميكانيك الكمومي تُدخـــل الكـــون بشـــكل تلقائي وإجباري في تناظر زمني ، ليس في حركته الشاملة فحســـب بل في التفاصيل المجهرية أيضاً . على أية حال ، فقد استنتج (هوكنج) فيما بعد أن هذه النظرية كانت غلطته الكبرى كما اعترف ببسالة في مؤتمر عُقد في أسبانيا عـــام ١٩٩١ تم تخصيصه بالكامل لبحث موضوع سهم الزمن ، وعبّر فيه أمام حضور حاشد كيف أنه انقاد بشكل خاطئ حتى ضلّ الطريق .

عـــلى الـــرغم من التراجع العام فإن العفريت كان خارج اللعبة ، فقد استنتج (جـــيمس هارتل) و (موراي جل مان) الحائز على جائزة نوبل والعامل في معهد كاليفورنيا التكنولوجي ، استنتج أنه إذا تم تعديل قوانين الميكانيك الكمومي قليلاً فإن غلطة (هوكنج) يمكن أن تصحح ويصبح وجود كون ذو تناظر زمني تام ملزماً . لم يقـــترح (جـــل مان - هارتل) أن الكون ينبغي أن يكون كذلك بل فقط يمكن أن يكون كذلك ، وقد ألحقا ذلك ببحث حي ولكنه غير استدلالي حول ما إذا كانا على صواب فإننا قد نلاحظ أشياءً غير عادية .

هل نملك أي تلميح في الحقبة الحاضرة عن وجود عالم مضاد في المستقبل البعيد؟ لقد أشار (جل مان) و (هارتل) إلى أنه من الممكن رصد عمليات واضح تماماً أنها غـــير عكوسة وهي تخفف بشكل تدريجي من توقع قدوم الانعكاس . إن زمن نصف الحـــياة لـــبعض النظائر المشعة ذات الأعمار الطويلة على سبيل المثال ، ربما يمكن أن تستشـــعر بـــــ " **تحول الطوفان** " قبل عشرة ملايين سنة من موعده ، كما أن تدفق الإشعاعات بعيداً في أرجاء الفضاء يمكن حتى أن يكبح الآن قليلاً ، فلربما يصبح عندها الغراب طاعناً في السن وغير قادرٍ على تكرار تجربته .

مكتبة
t.me/soramnqraa

(١٠-٦) زمن لكل شخص

« زمن يولد وزمن يموت ، زمن يزرع وزمن يحصد » .

(سفر التبشير ٢-٣ بالإنجيل)

في تلك الأثناء كان فيلسوف (سيدني) الشهير (هيوبرايس) يهاجم القائمين على الأوساط الفيزيائية لأنهم يكيلون بمكيالين ، أي لأنهم يستخدمون « معايير مزدوجة » مؤكداً على أن الكون الذي يتمدد ويتقلص بشكل متناظر يجب أن يمتلك سهماً للزمن تكون له القدرة على عكس اتجاهه ضمن ذلك الكون ، وقد اعتمد في ذلك على أننا لا نملك الحق في التمييز بين النهاية المتطرفة الزمنية الأولى (البداية أو الانفجار العظيم) والنهاية المتطرفة الزمنية الأخرى (النهاية ، أو الانسحاق العظيم) . وأياً كانت الحجج الفيزيائية أو الفلسفية التي نسوقها أو التي يمكن أن نوظفها لنستنتج أن سهم الزمن يشير من الانفجار العظيم بعيداً باتجاه المستقبل فإنه يمكن استخدام نفس تلك الحجج للتوصل إلى أن سهم الزمن يشير من الانسحاق العظيم بعيداً باتجاه الماضي.

تتلخص فكرة (برايس) في أنه طالما أن القوانين الفيزيائية لا تميز اتجاهاً زمنياً عن الآخر (إذا استثنينا الكاؤونات) وطالما أن الكون بمجمله يتمدد ويتقلص بشكل متناظر فإنه لا يوجد فيزيائياً أو عملياً شيء يمثل « **راية البدء** » أو « **راية النهاية** » .

إن علم الكونيات الكمومي الذي وضعه (هوكنج) و (هارتل) و (جل مان) يحتوي على أية حال ، على نص يستطيع بواسطته أن يتملص من الفخ الذي نصبه (برايس) ، ولبيان ذلك ينبغي أن أستعرض بعض الحقائق ذات الصلة بالموضوع والمتعلقة بالميكانيك الكمومي . لقد ذكرت في الفصل السابع أن كافة النظم (Systems) الكمومية تكون خاضعة لارتياب متأصل ، وكلما تطور النظام النموذجي برزت لدينا منظومات جديدة ، ووقائع وحقائق متنافسة ، فمثلاً في تجارب الليزر العديدة التي عرضتها كان يوجد لدى الفوتون فرصة لاختيار المسار الذي يتخذه عبر منطقة من الجهاز ، وفي تجربة المختبر يشاهد المجرب دوماً واقعاً محدداً وثابتاً تم اختياره من بين الصور المتنافسة ، لذلك فإن مراقبة مسار الفوتون ستقودنا دوماً إلى نتيجة مؤداها وجود مسار ما أو آخر وليس الاثنين معاً بالتأكيد . وعندما يتعلق الأمر

بـــالكون ككـــل فإنـــه لا يوجد مراقب خارجي لأن الكون كله يعني وجود العالم الكمومي الذي يقاوم فكرة الوضوح أساساً . إن المَخرج المفضل من هذا المأزق هو أن نفترض أن كل الحقائق الكمومية المتنافسة تتمتع بأوضاع متكافئة ، إنها ليست « **عوالم شـــبحية** » صـــرفة أو « **حقائق كمونية** » بل هي جميعها « **حقائق فعلية** » ، وكل حقـــيقة واقعـــة تـــتوافق مع كون كامل تام بمكانه وزمانه الخاص به . تلك الأكوان المـــتعددة غير متصلة عبر المكان والزمان ولكنها « متوازية » بطريقة ما ومتواجدة إلى جانب بعضها البعض ، وبشكل عام سيكون هناك عدداً لانهائياً منها .

إن وجـــود مجموعة لانهاية لها من الأكوان والأزمنة يعني أن أي شيء يسمح له بالحدوث ضمن المجال العريض للتشوش الكمومي سيحدث في كون واحد على الأقل مـــن تلك الأكوان . هذا التواجد الغني بالأكوان من مختلف الأشكال والألوان يمكّن الـــنظرية مـــن أن تؤتي أُكلها . إن تطور الميكانيك الكمومي لهذا التجمع الكلي من الأكـــوان متناظر زمنياً فهو لا يميز بين الانفجار العظيم والانسحاق العظيم ، على أن كـــل كون منفصل يمتلك بشكل عام سهمه الزمني الخاص والمعرف تماماً ، لذلك فقد تجـــد كونـــاً يشـــير سهمه نحو الأمام وكوناً آخر يشير سهمه نحو الخلف ، وأي من الســـهمين لـــن يكون مفضلاً على الآخر . سيكون هناك أيضاً نسبة بسيطة جداً تتبع انعكاســـات من الطراز الذي عرضه (جولد) خلال جزء من مساراتها . ولكن مراقباً عشـــوائياً قـــد تستحوذ عليه بجنون فكرة أن يجد نفسه في كون ذو سهم غير متقلب (ثابت) بحيث سيكون الماضي بالنسبة لهذا السهم هو الانفجار العظيم (نقطة البدء) والمســـتقبل هـــو الانســـحاق العظيم (النهاية) وبذلك يكون الانفجار والانسحاق متميزان فيزيائياً في عددٍ كبير من الحالات .

قـــد تستغرب عن سبب رؤيتنا لكون واحد فقط إذا كان حولنا مجموعة كبيرة مـــن الأكوان ، ولكن ذلك يتم إيضاحه ببساطة بافتراض أنه عندما ينشطر الكون إلى عـــالمين مثلاً فإن المراقبين ينشطرون أيضاً مع كل نسخة ، ويدرك كل شطر منه شطر العـــالم الموافـــق له . عمليـــاً نجد أن العمليات الكمومية المستمرة طوال الوقت على المســـتوى الـــذري تشطر الكون والقارئ إلى عدد هائل من النسخ وكل نسخة منك تعـــتقد أنهـــا الوحيدة المتفردة ، وعلى الرغم من أن ذلك يبدو شديد الغموض إلا أنه

متفق تماماً مع الخبرة والتجربة طالما أن الأكوان المتعددة تبقى منفصلة ، ولكن المشاكل تبدأ إذا بدأت تلك الأكوان تتداخل مع بعضها البعض .

يقودنا ذلك إلى سؤال آخر : هل من الممكن مراقبة الأكوان الأخرى ؟ الجواب الطبيعي لا ، ولكن ليس هناك إجماع بالرأي حول هذا الموضوع . يعتقد الفيزيائي (ديفيد دويتش) الذي يعمل في جامعة (أكسفورد) والمعروف بنزعته غير العادية أن التجارب المجهرية يمكن تنفيذها من حيث المبدأ ويظهر فيها اتصال عالمين أو أكثر بشكل مؤقت ، كما أن تلك التجارب تسمح للآثار الفيزيائية بالظهور من خلالها .

ماذا يمكن أن يحدث إذا كان عالمنا واحداً منهما ، أي أن يتصل بشكل مؤقت مع أحد العوالم المضادة الأخرى ؟ هل يكون بمقدورنا أن نلمح المستقبل ولو بأحد الأشكال الضبابية ؟ هل يمكن أن نجد الأجرام في كوننا تنجز أشياء إعجازية (مثل كرات البلياردو التي تصطف لوحدها) لأن اتجاه زمنها انعكس بشكل مؤقت ؟ هل نتوقع تطابقات أو أحداث مدهشة مقابل الأحداث النادرة التي تبدو في الزمن المعكوس أنها عادية تماماً ؟ (مثلاً مجموعة من أوراق اللعب التي خلطناها فظهرت بترتيب معين). واحسرتاه ، هذا هو سلاح الخيال العلمي ، ولكن الخيال العلمي يقدم لنا أحياناً مؤشراً قوياً عن الحقيقة العلمية كما سنرى في الفصل التالي . تحت ظروف عادية قد ينتج الاتصال بين عالمين كموميين آثاراً على المستوى الذري فقط بدلاً من الظاهرة الخارقة للطبيعة التي ذكرتها للتو ، ولكن بعض العلماء يشكّون بوجود مثل تلك الظروف التي يبرز فيها مزيج من الحقائق الكمومية بشكل دراماتيكي على المستوى الإنساني .

الفصل الحادي عشر

سفر الزمن : حقيقة أم خيال

« المشكلة الموجودة هنا أربكتني أصلاً أثناء صياغتي للنظرية النسبية العامة ».

(ألبرت آينشتاين)

« لم آخذ موضوع سفر الزمن على محمل الجد » .

(آرثر كلارك)

(١١-١) إرسال الإشارات إلى الماضي

مثل معظم الناس ، كان من أول قراءاتي في سن المراهقة المبكر قصة «آلة الزمن» للكاتب الكبير (هـ. ج. ويلز) وقد تركت هذه القصة في نفسي أثراً دامَ مدة طويلة، ومن الممكن أن تكون قد ساهمت إلى حد كبير في إصراري كي أصبح عالماً . إن ما يميز العمل الروائي العظيم هو صموده أمام اختبار الزمن ، وقد نجحت رواية « آلة الزمن » في هذا الاختبار فهي تعتبر ضمن هذه المجموعة من الأعمال العظيمة ، حيث يمكنك أن تقرأها وتستمتع بها حتى الآن ، علماً بأنها نُشرت عام ١٨٩٥ ، وعلى الرغم من أن ذلك كان قبل نشر النظرية النسبية بعقد كامل من الزمن فقد توقع (ويلز) بعض المفاهيم عن " زمن " آينشتاين بدقة فائقة .

لقد أشرتُ مرات عديدة إلى نقطة هامة هي أنه قبل (آينشتاين) فكّر العلماء والفلاسفة بشكل عام بالزمن على أنه ببساطة « هناك » . وقد كانت الفيزياء بالنسبة لهم هي سلوك المادة والطاقة ضمن المكان والزمان ، أما فكرة المناورة بالزمن فلم تكن مقبولة بشكل كبير . على أن (ويلز) فطن إلى أن آلة تستخدم القوى الفيزيائية يمكنها أن تغير الزمن ، خاصة وأن الآلة ومن يشغلها يمكن أن يسافرا خلال الزمن بنفس الطريقة التي تسافر فيها بعض آلات الفضاء .

لقـــد أدخلـــت النظرية النسبية الزمن بحزم ضمن مجال الفيزياء وربطت الزمان والمكان بالقوى الفيزيائية والمادة بطريقة رياضية دقيقة ، كما كان واضحاً منذ البداية بـــأن النسبية سمحت بشكل ما بسفر الزمن . إن تأثير تمدد الزمن الذي تناولته بشكل مطول في الفصول الأولى يتضمن السفر إلى المستقبل . هل تذكر مغامرات التوأمين آية وشهد ؟ لقد كانت شهد كأنها تسافر إلى مستقبل آية . من حيث المبدأ تستطيع شهد إذا سافرت بسرعة تقارب سرعة الضوء (بالنسبة إلى الأرض) فإنها ستعود إلى وطنها في المستقبل البعيد جداً ، أي بعد ملايين السنين التي تكون قد مرّت على الأرض حيث يكـــون كل أثر البشرية قد اندثر وانعدم . تستطيع الثقالة أيضاً كبح الزمن بحيث تمكّن شـــهد مـــن السفر إلى مستقبل آية بطريقة أخرى وهي مرور الزمن ضمن حقل ثقالي قوي ، وفي الواقع أننا جميعاً غير بعيدين عن السفر إلى المستقبل - ضمن مجال محدود - بســـبب ثقالـــة الأرض ، وضمن هذا المنطق يكون سفر الزمن حقيقة واقعة ويمكن أن يلاحـــظ بشكل مذهلٍ في أي مختبر فيزيائي بمعدات مناسبة . على أن السؤال الطريف حقـــاً هو : هل يستطيع المسافر عبر الزمن الذي ينطلق إلى المستقبل أن يعود ثانيةً على ما كان عليه ؟ كل شيء قد يكون على ما يرام طالما أننا نملك إمكانية التحرك بسرعة فائقة أو وجود حقول الثقالة الشديدة لكي نصل إلى المستقبل البعيد ، ولكن إذا وقفت عند ذلك الحد فإن سحر سفر الزمن وجاذبيته سوف يخبوان .

إن العودة من المستقبل تعادل السفر إلى الماضي ، وبناءً على هذه النتائج تكون الـــنظرية النســـبية مغرقة في تنبؤاتها الغامضة أكثر فأكثر ، وقبل الخوض في ذلك دعني أؤكـــد الحاجة إلى المحافظة على تمييز واضح بين انعكاس الزمن من النوع الذي تم بحثه في الفصـــل السابق وسفر الزمن . في الحالة السابقة يكون سهم الزمن نفسه معكوساً جـــاعلاً الزمن يجري إلى الوراء ، وبمقابل ذلك فإن السفر إلى الماضي يترك اتجاه الزمن على حاله دون تغيير ولكنه يتضمن بشكل ما زيارةً لحقبة أقدم .

في الفصـــل الثالـــث بحثت في موضوع التاخيونات (وهي جسيمات افتراضية يمكـــنها دوماً السير بسرعة تفوق سرعة الضوء) وقد ذكرت أن عبارة : « **أسرع من الضـــوء** » يمكن أن تعني « **التوجه بعكس الزمن** » ودعني أشرح الآن سبب ذلك . لنفـــترض أن لديـــنا بندقية تستطيع أن تُطلق جسيمات إلى هدف ما ونأخذ في البداية

حالـــة قذائف عادية ، تشير الخبرة والتجربة والحس العام أن القذيفة سوف تصل إلى الهـــدف بعد إطلاقها ، فإذا أشرنا على حادثة الإطلاق بأنها الحدث (E1) وإلى وصول القذيفة إلى الهدف بأنها الحدث (E2) فسوف نكون متأكدين بأن التتابع الزمني لهذين الحدثين هو ($\overrightarrow{E1E2}$) . الآن تتنبأ النظرية النسبية بأن الفترة الزمنية بين (E1) و (E2) يمكـــن أن تخـــتلف تبعاً لحالة الحركة (أو لحالة الثقالة) التي يتمتع بها المراقب . على أن النظرية تقول بوضوح تام بأنه مهما طالت الفترة الزمنية (E1E2) أو قَصُرَت فإن ترتيب التـــتابع الـــزمني لا ينعكس أبداً فهو دائماً وأبداً (E1E2) ، بعبارة أخرى فإن علاقة : قبل - بعد لا تتأثر بالحركة أو بالثقالة حتى ولو كان تأثر الفترة الزمنية ممكناً بهما .

كـــل ذلك يتغير عندما يتعلق الأمر بالتاخيونات ، فإذا كانت القذيفة تاخيونية وانطلقـــت إلى هدفها بسرعة تفوق سرعة الضوء ، فمن الممكن عندئذ لمراقب ما أن يشاهد القذيفة تصل إلى الهدف قبل أن تطلقها البندقية !! كمثال على ذلك نفترض أن القذيفـــة تنطلق بسرعة تساوي ضعف سرعة الضوء فمن الممكن عندئذ لمراقب يسير بســـرعة تعادل 90 بالمائة من سرعة الضوء وينطلق بنفس اتجاه القذيفة أن يرى الهدف يتحطم ثم بعد ذلك يرى النار تنطلق من فوهة البندقية . وإذا كان مراقب آخر ينطلق بنصـــف سرعة الضوء وفي نفس اتجاه القذيفة فإنه سيرى القذيفة تنطلق بسرعة لانهائية قافزةً من فوهة البندقية إلى الهدف بشكل لحظي . وهكذا فبالنسبة للحركة التي تفوق سرعتها سرعة الضوء فإن التتابع الزمني للحدثين ($\overrightarrow{E1E2}$) لن يبقى ثابتاً أبداً ، بل قد يبدو معكوساً على النحو ($\overrightarrow{E2E1}$) ضمن جمل مرجعية معينة ، وتبدو التاخيونات في تلك الجمل أنها تسافر بعكس الزمن بالنسبة إلى العمليات الفيزيائية الاعتيادية .

لقـــد ســـقطت الحركة التاخيونية سريعاً من أحلام (هـــ.ج. ويلز) لأنها لا تسمح للمادة من النوع الذي خلق الإنسان منها أن تسافر إلى الماضي ، على أية حال فإن وجدت التاخيونات وأمكن التعامل معها بحرية فإن ذلك قد يمكننا على الأقل من إرســـال إشـــارات إلى الماضـــي حـــتى ولو لم نتمكن من السفر إليه ، وإليك كيف استطاعت آية وشهد القيام بذلك . شهد في الفضاء الخارجي تنطلق نحو نجمها المفضل بسرعة تعادل 80 بالمائة من سرعة الضوء ، عند الظهيرة بتوقيت الأرض تطلق آية نحو شـــهد حزمة من التاخيونات بسرعة تبلغ أربعة أضعاف سرعة الضوء بالنسبة لمصدرها

عـــلى سطح الأرض . الآن ، عندما يتعلق الأمر بآية فإن هذه الإشارة سوف تصل إلى شـــهد بعـــد زمن ما ، ولكن شهد ترى الأمور بشكل مختلف ، فالإشارة من وجهة نظـــرها تصـــل قـــبل أن تصدرها آية !! (قد يناقش بعض الأشخاص الأمر على نحو مختلف فيقولون أنه بالنسبة لجملة شهد المرجعية فإن شهد هي التي أرسلت الإشارة إلى آية ، ولكنني أعوِّل كثيراً على المفاهيم اللغوية لهذا السيناريو الخادع) . الخطوة الثانية لشـــهد هي أن ترد على إشارة آية مستخدمةً أسلوب التاخيونات أيضاً ، ولنفترض أن تاخيونات شهد تنطلق أيضاً بسرعة تعادل أربع أضعاف سرعة الضوء بالنسبة لمصدرها ولكـــن مُصدرها هذه المرة موجود في صاروخ متحرك . الآن شهد هي التي ستحسَب أن التاخـــيونات ستصل إلى آية بعد أن تصدر عن صاروخها ، بينما نجد آية في الواقع تســـتقبل هـــذه الإشـــارات قبل أن تصدرها شهد ، وهنا نجد أنه فيما يخص آية فإن الإشارات الصادرة عنها تسافر في المستقبل والإشارات القادمة إليها تسافر في الماضي . وبـــتعديل مناســـب لمقادير السرعات فإن الرد يمكن أن يعود ثانية إلى الأرض قبل أن تصـــدر الإشارة الأصلية عنها . هذه الإمكانية المروعة أدركها (آينشتاين) تماماً فاتخذ موقفاً مظلماً منها . وكتب في بحثه المنشور عام ١٩٠٥ أن السرعات التي تفوق سرعة الضـــوء غـــير موجودة ، وقد كان ذلك إحساس تردد صداه عند كافة زملائه فكتب (أيدنجـــتون) : « إن حـــدود سرعة الإشارات هي حصننا الحصين ضد اضطرابات الماضي والمستقبل ، لأن ما ينتج عن إمكانية إصدار إشارات تتعلق بحوادث " هنـــا " و " الآن " وتكون أسرع من الضوء ، هو أمور غريبة وتستحق التأمل والتفكير »[1] .

للقراء الذين يحبون لغة الأرقام أورد فيما يلي مثالاً واضحاً وصريحاً . نفترض أن شـــهد غـــادرت الأرض الساعة 10:00 قبل الظهر (بتوقيت الأرض) وعند الظهيرة أرسلت آية الإشارة الأصلية نحو شهد بسرعة تبلغ أربعة أضعاف سرعة الضوء بالنسبة لـــلأرض ، وبما أن شهد تسافر بسرعة تعادل 80 بالمائة من سرعة الضوء فإنها سوف تستقبل الإشارة عند الساعة 12:30 بعد الظهر بتوقيت الأرض حيث ستكون في ذلك الوقـــت عـــلى بعد ساعتين ضوئيتين كما ترى بالنسبة للجملة المرجعية لآية . ولكن ســـاعة شـــهد سوف تشير إلى شيء مختلف تماماً بالطبع فرحلة الساعتين ونصف من الأرض ســـتبدو بالنسبة لها أنها استغرقت ساعة ونصف فقط لأن عامل تمدد الزمن هو

0.6 وبالـــتالي فإن ساعة صاروخها ستشير إلى 11:30 قبل الظهر وسيكون بُعدها عن الأرض بالنســـبة لجملتها المرجعية مختلف أيضاً . بالنسبة إلى شهد فإن الأرض هي التي تـــتراجع وتبتعد بسرعة تبلغ 0.8 من سرعة الضوء وبالتالي فإن رحلتها التي استغرقت ساعة ونصف ستمثل مسافة تساوي 1.2 = 1.5 × 0.8 ساعة ضوئية هي المسافة التي بيـــنها وبين آية . الآن ، إذا ردَّت شهد دون تأخير على الإشارة التي استقبلتها بإشارة أخـــرى انطلقت بسرعة تعادل أيضاً أربعة أضعاف سرعة الضوء بالنسبة على جملتها المرجعية فإن هذه الإشارة سوف تتم رحلة العـــودة خـــلال 3/8 الساعة أو ما يعادل $22\frac{1}{2}$ دقيقة مـــن زمن شهد ، حيث ستصل الأرض في الساعة $11:52\frac{1}{2}$ قبل الظهر كما تراها شهد من جملتها المرجعية ، أي $1\frac{7}{8}$ الساعة بعد لحظة مغادرتها حيث تكون في ذلـــك الوقـــت على بُعد $1\frac{1}{2}$ ساعة ضوئية من الأرض بالنسبة لجملتها المرجعية ، ولكـــن في جملة شهد نجد أن ساعة آية هي التي يتمدد فيها الزمن بعامل مقداره 0.6 وبالـــتالي فـــإن $1\frac{7}{8}$ ساعة الذي يمثل مدة الرحلة الذي أخبرتنا به ساعة شهد سوف يترجم إلى $0.6\times1\frac{7}{8}=1\frac{1}{8}$ في ساعة آية وبذلك فهي ستشير إلى $11:07\frac{1}{2}$ قبل الظهر، وهذا يعني أن الإشارة العائدة إلى الأرض تصل على الأرض قبل أن تصدر آية الإشارة الأصلية بـــ $52\frac{1}{2}$ دقيقة .

(١١-٢) زيارة الماضي

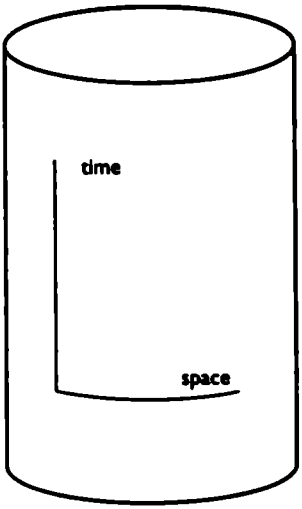
« الزمن هو أسلوب الطبيعة الذي تمنع به حدوث الأشياء دفعة واحدة »

(جون ويلر)

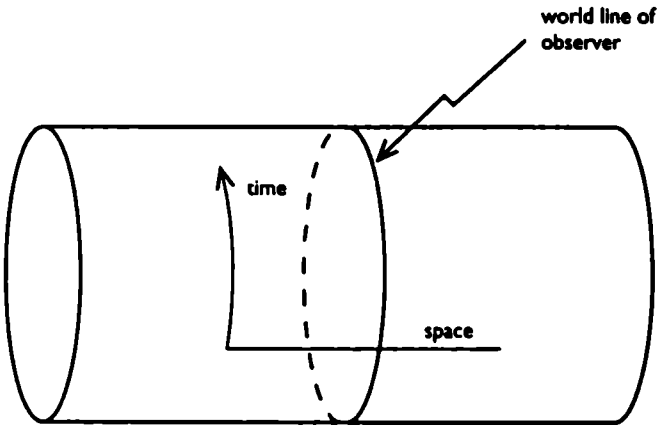
على الرغم من أن النظرية النسبية الخاصة التي وضعها (آينشتاين) تمنع بشكل قـــاطع المـــادة العادية وبالتالي الكائنات الحية من السفر إلى الماضي فإن النظرية النسبية العامة كانت ألطف بالتعامل مع هذا الموضوع ، وقد أشار (هيرمان ويل) بعد وقت

قصير من نشر النظرية إلى أنه في الزمكان وضمن ترتيبات ثقالية معينة يمكن لخط العالم الخاص بشخص ما (خط العالم لجسم هو مساره في الزمكان) أن يلتف عائداً ليتقاطع مع نفسه ، وتتلخص فكرة (ويل) بأنه على الرغم من أن سرعة الجسم لا يمكن أن تتجاوز سرعة الضوء محلياً فإنه من الممكن لمستقبل هذا الجسم أن يتصل مع ماضيه عالمياً ، وتبرز هذه الإمكانية لأن الحقل الثقالي يقتضي أن يكون الزمكان منحنياً وبالتالي فإن تقوسه وتمدده يمكن أن يكونان كبيرين إلى درجة تكفي لتربط الزمكان مع نفسه بطرق مبتكرة لا مثيل لها . لتوضيح ما يدور في خلدي انظر الشكل (١١-١) حيث ينحني الزمكان على هيئة حلقة دائرية بطريقتين مختلفتين . في الأولى (a) ينحني المكان ملتفاً لكي يتصل مع نفسه ، فإذا كان للكون هذه الهندسة فإن مراقباً ما يستطيع أن يسافر حول الكون ويعود إلى النقطة التي بدأ منها ، أما في الطريقة الثانية (b) فنجد أن الزمكان ينحني باتجاه الزمن ثم يتصل مع نفسه ثانيةً في الماضي ، وفي هذا التشكيل نجد أن المراقب الذي يظل في حالة سكون سيعود ثانيةً وبكل بساطة في نهاية المطاف إلى نقطة بداية الزمن .

إن التمييز بين الرجوع إلى الوراء بالزمن عن طريق السير بسرعة تفوق سرعة الضوء أو عن طريق كبح الزمكان نفسه أمر حاسم وأفضل أسلوب لتوضيحه هو استخدام مفهوم **مخروط الضوء** (Light Cone) . لقد شرحتُ في الفصل الثاني المفهوم الذي تعنيه مخططات مينكوفسكي ، عُد إلى الشكل (٢-٢) لتتذكر كيف تم تمثيل الزمان والمكان على نفس المخطط لأنني أرغب الآن بالتوسع في ذلك . الشكل (١١-٢-a) يوضح مخطط (مينكوفسكي) على أساس وجود مكان ذو بعدين وقد رسم الزمان عمودياً والمكان أفقياً ، كما أشير إلى خط العالم لجسم نموذجي بالرمز (A) إن التحسين الذي أجريته على هذا المخطط هو احتواء مسارات الزمكان لنبضتين ضوئيتين (أي خطي العالم لفوتونين) يتم إصدارهما من (A) في لحظة ما (E) حيث تنطلقان بعدها في الفضاء . يمكنك أن تميز ومضة خاطفة من الضوء في E عندما ينطلق أحد الفوتونين إلى اليمين والآخر إلى اليسار ، فيرسم كلاهما مستقيماً مائلاً في الزمكان وأقول مستقيماً وينبغي أن يكون كذلك لأن الضوء يسير بسرعة ثابتة . إذا تم الآن اختيار واحدات القياس على محور المكان لتكون سنوات ضوئية ، وتم اختيار واحدة

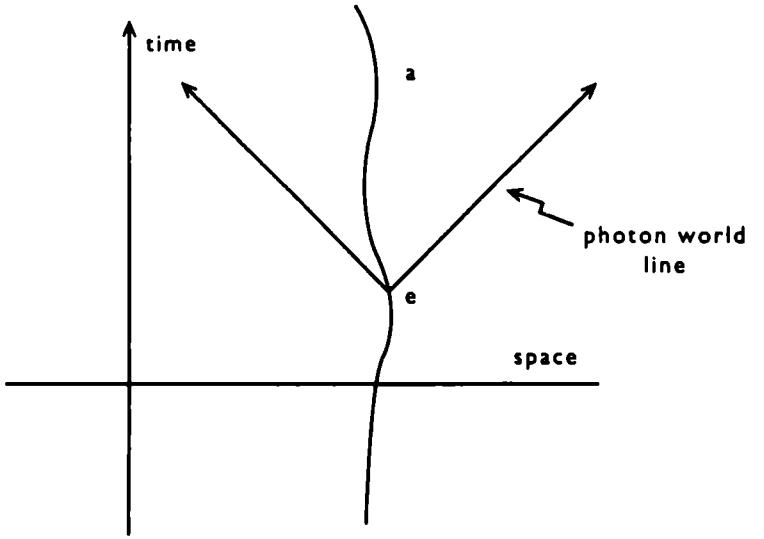


(a)

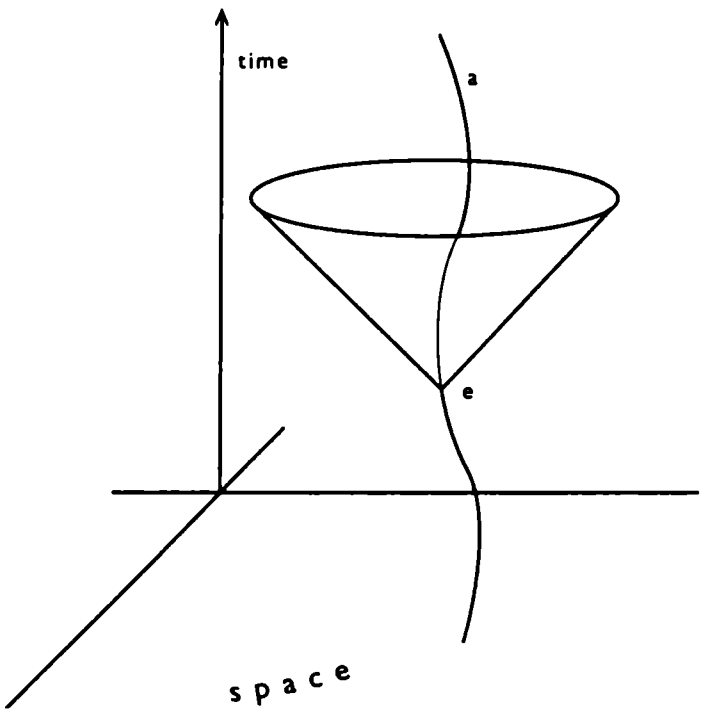


(b)

الشـــكل (١١-١) : انحناء الزمكان بشكل دائري : يوضح الشكل بُعداً واحداً من المكان مضافاً إليه الزمان في (a) ينحني المكان على هيئة حلقة لانهائية في مداها وبالتالي فإنه يطوف حول الكون . في (b) نجد أن الزمن هو الذي ينحني على هيئة حلقة وبالتالي فإن خط العالم لمراقب ساكن يمكن أن يحيط بالزمن ويتصل مع نفسه في نهاية الأمر .



(a)

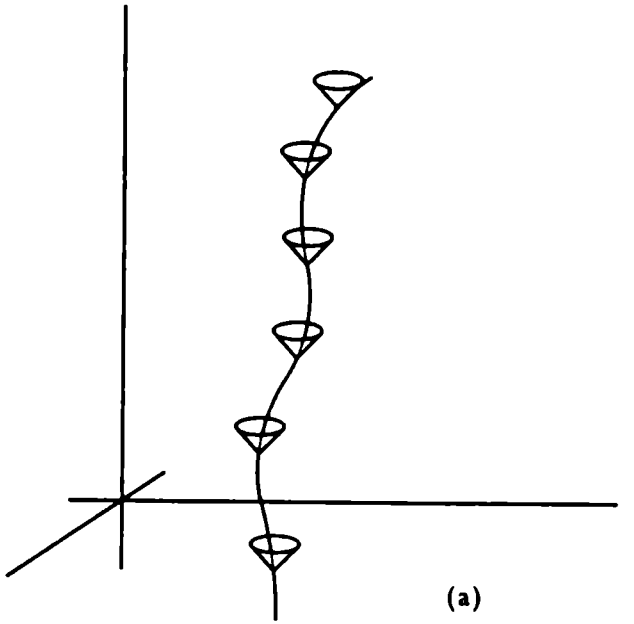


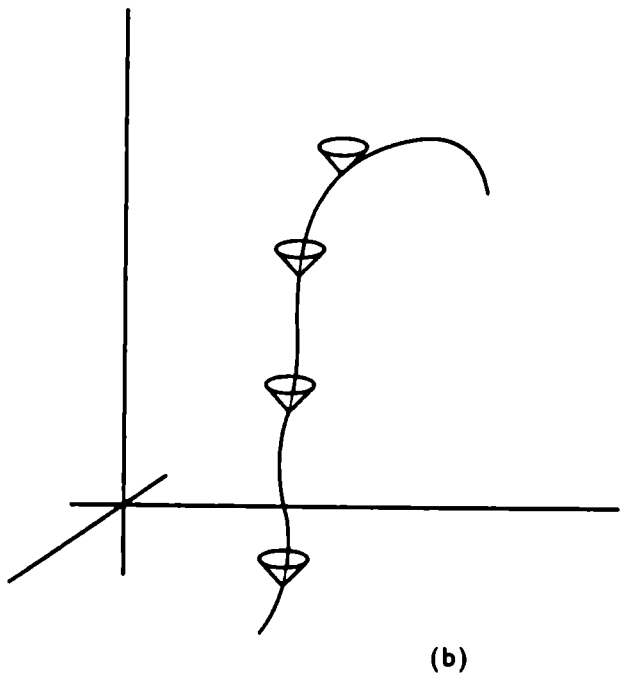
(b)

الشكل (١١-٢) : مخروط الضوء : في لحظة ما E يصدر الجسم A ومضة من الضوء فتنطلق الفوتونات في جميع الاتجاهات بسرعة ثابتة . في الحالة (a) التي تم فيها اعتبار بُعد واحد للمكان تختزل خطوط العالم الخاصة بالفوتونات إلى خطين مائلين ممثلة الفوتونات التي تتحرك إلى اليمين وعلى اليسار على الترتيب . في الحالة (b) تم اعتبار بُعدين للمكان وانتشرت خطوط العالم الخاصة بالفوتونات لتغطي سطح مخروطي مقلوب هو « مخروط الضوء » .

قياس الزمن لتكون سنوات ، فإن خطوط العالم للفوتونين ستتوضع على زاوية مقدارها 45° ومن السهل إضافة بُعد آخر إلى هذه الصورة حسب ما جاء في الشكل (١١-٢-b) ، حيث ترسل ومضة الضوء الخاطفة في (E) الفوتونات إلى الخارج في كافة الاتجاهات في المستوى الأفقي إضافة إلى اليمين واليسار فتتوضع خطوط العالم لجميع هذه الفوتونات على السطح الجانبي لمخروط مقلوب منطلقة جميعها من الرأس (E) ، ويسمى هذا المخروط : « **مخروط الضوء** » ، وينبغي أن نقلق كثيراً حول البُعد الثالث في المكان .

يمكننا الآن رسم مخاريط ضوءٍ تخيلية (ولكل واحد رأسه المميز) عند أي حدث في الزمكان وبشكل خاص عند أي نقطة على طول خط العالم لجسمٍ ما ، ولأن سرعة الضوء تمثل حاجزاً للسبب والنتيجة فإن طريقة تشكل مخروط الضوء تحدد الخواص السببية للزمكان ، وليس هناك من حاجة للافتراض بأن الومضات الحقيقية للضوء يتم إصدارها لتحليل السببية لأن مجموعة أو سلسلة من مخاريط الضوء سوف تفي بالغرض . إن القاعدة التي تقول بأن الأجسام المؤلفة من مادة عادية لا تستطيع تجاوز سرعة الضوء يمكن أن توصف الآن بشكل مناسب وذلك بافتراض أن خط العالم للجسم يبقى دائماً ضمن مخاريط الضوء المتشكلة على طوله . الشكل (١١-٣-a) يُبين خط العالم لجسم متحرك ومجموعات من مخاريط الضوء التي تحيط به وتغلفه . إن خط العالم يتجنب بكل حذر أن يميل بعيداً حتى لا يخترق أياً من تلك المخاريط . بالمقابل فإن الشكل (١١-٣-b) يبين السلوك الشاذ والمتمرد للجسم الذي يتسارع خلال حاجز الضوء ويخترق أحد مخاريطه الضوئية ، ويحدث هذا عندما يكون ميل خط العالم للجسم أكبر من 45° حيث يشير ذلك إلى أنه يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء ، وبناءً عليه فإن هناك قاعدة أساسية في النسبية مفادها أن خطوط العالم للأجسام العادية لا يُسمح لها بأن تخترق أياً من مخاريطها الضوئية .





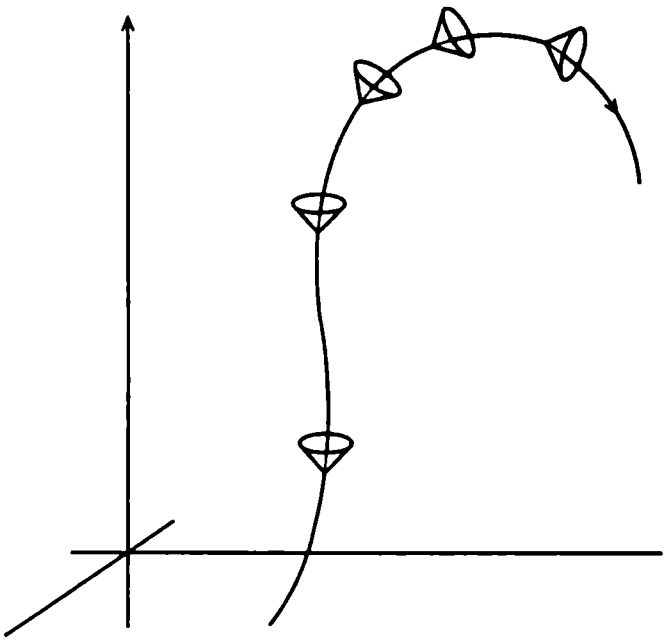
الشـــكل (١١-٣) : خلال حاجز الضوء : (a) يبقى خط العالم الخاص بالجسم ضمن مخاريطه الضوئية بناءً على قواعـــد النظرية النسبية . (b) يبدأ خط العالم بسلوك طبيعي ، لكنه بعد ذلك ينحني بشكل حاد مشيراً إلى تسارع مـــتزايد في سرعات الومضات الفائقة ، ونتيجة لذلك فإن خط العالم يخترق أحد مخاريط الضوء ، وقد يلتف الخط عائداً نحو الماضي (الخط المنكسر) ، ولكن هذا التصرف مستحيل حسب النظرية النسبية .

إن تلك الصور توضح لنا تماماً لماذا يمكن أن يأخذك السير بسرعة تفوق سرعة الضوء إلى ما وراء الزمن ، فإذا كان ينبغي لخط العالم أن يطعن مخروط الضوء ثم ينقلب الخط بعد ذلك فمن الممكن أن يلتف ثانيةً مع الزمن ويتصل بمنطقة أخرى تعتبر من ماضيه الخاص ، وبما أننا لا نعتبر هذه الإمكانية فلنأخذ السيناريو الآخر الأكثر معقولية ووجاهةً . لقد عانيتُ الكثير قبل أن أتمكن من تفسير كيف أن الثقالة هي تشويه لهندسة الزمكان . إذا تم كبح الزمكان فإنه سيتم كبح مخاريط الضوء أيضاً وبالتالي فإن الحقل الثقالي يمكن أن يكون له الفاعلية على قلب هذه المخاريط (وقد يكون قادراً على مطّها أو تقليصها ولكنني سأهمل هذين الأثرين) . إذا انقلبت المخاريط فإن خطوط العالم للأجسام المادية يجب أن تنقلب معها لأنه ليس من المسموح لها أن تخترق مخاريط الضوء تحت أي ظرف كان ، وقد يحدث أن تنقلب المخاريط تماماً على أحد جانبيها وهي الحالة الخاصة التي نصادفها عند سطح الثقب الأسود .

يبين الشكل (١١-٤) سلسلة متعاقبة من مخاريط الضوء التي تنقلب تدريجياً بشكل يسمح لخط العالم للجسم أن ينحني معها أيضاً ، أي أنه سينحني في الحقيقة متجهاً إلى الأسفل باتجاه الماضي . إذا كان الزمكان فعلاً كذلك فيمكن لخط العالم أن يكمل التفافه ويتقاطع مع نفسه ، وهذا يعادل فيزيائياً قولنا أن الجسم يقوم بزيارة ماضيه . والأكثر من ذلك فإن خط العالم يمكن أن يتصل مع نفسه ليشكل حلقةً مغلقة حيث يصبح الجسم في هذه الحالة هو ماضي نفسه مرةً أخرى . يبين الشكل (١١-٥) حالة مشابهة تنقلب فيها مخاريط الضوء حيث يشكل خط العالم في هذه الحالة حلقة مغلقة في المستوي الأفقي .

النقطة الهامة التي يجب ملاحظتها حول نماذج تلك المخاريط الضوئية هي أنها تسمح بالوصول إلى سفر الزمن دونما اعتبار لأي مكان يتجاوز فيه الجسم المادي سرعة الضوء . محلياً ، يظل خط العالم ضمن جوار المخاريط الضوئية وتبقى قوانين النظرية النسبية معلقة ، أما عالمياً فتكون بنية المخروط الضوئي مشوهة تماماً بشكلٍ تسمح فيه لخطوط العالم بالتقاطع مع نفسها ، وفي مثل هذا السيناريو يمتد مسار الماضي ليشكل نموذجاً من حلقةٍ في الزمكان حيث لا يتضمن ذلك أي استقرار

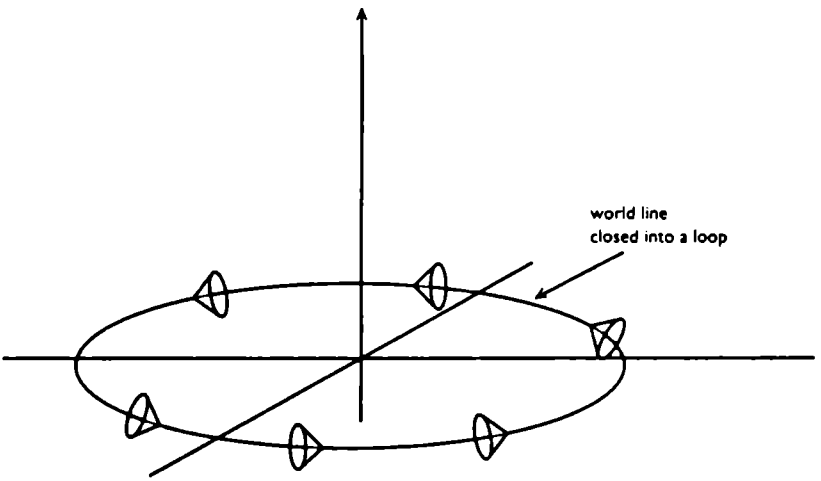
للأحـــداث كما هي أو استمرارها بشكل معاكس كما كان (ويلز) يفضل . يمكننا أن نتخـــيل مسافراً افتراضياً في الزمن شبيهاً لشهد يقوم برحلة في الفضاء ثم يعود إلى الأرض ليجدها في حقبة زمنية أسبق من الحقبة التي كانت تعيشها عند مغادرته لها .



الشكل (١١-٤) : الانقلاب في الماضي : تؤثر الثقالة بالضوء ويمكنها أن تقلب مخاريط الضوء بشكل يؤدي إلى انحـــناء خـــط العالم واتجاهه إلى الوراء نحو الماضي . لاحظ أن الزمن كما يشير إليه الجسم ينقلب هو الآخر ويبدأ بالجـــريان بالاتجـــاه المعاكس (انظر السهم) بالنسبة إلى اتجاه محور الزمن المفروض (والذي يمثل الجملة المرجعية لمراقب بعيد عن حقل الثقالة) .

على الرغم مما يبدو في فكرة قطع خطوط العالم لنفسها من إسراف ومغالاة فإن مثل هذه الإمكانية تقبع مختبئة في ثنايا النظرية النسبية العامة ، وقد تم تقديم المثال الجلي الأول الذي يتضمن حلقات الزمن من قبل الرياضي الأسترالي (كورت جودل) وقد كان شخصاً متنكساً غريب الأطوار ولكنه منطقي ، وقد عمل إلى جانب (آينشتاين) عندما كان الأخير يعمل في معهد الدراسات العالية في (برينستون) . في عام ١٩٤٩ نشر (جودل) حلاً مبتكراً لمعادلات الحقل الثقالي التي صاغها (آينشتاين) ، وصف فيه بنيةً لمخروط الضوء شبيهة جداً لتلك المبينة في الشكل (١١-٥) . إن حل (جودل) لـــيس واقعـــياً تماماً لأنه يفترض أن الكون بأسره يدور ، وذلك شيء مستبعد ضمن

مشاهداتنا ، ومهما يكن من أمر فقد عمل هذا الحل على التوضيح بأنه لا يوجد شيء متأصل في النظرية النسبية يمنع من حيث المبدأ مادة الجسم وبالتالي الكائن الحي من الوصول إلى الماضي والعودة إلى المستقبل ، وقد كتب (جودل) نفسه عن الحل الذي قدمه قائلاً : « خلال رحلة فضائية في صاروخ وضمن مجال عريض ، من الممكن الوصول إلى أي منطقة في الماضي أو الحاضر أو المستقبل ثم العودة مرة أخرى »[٢] .



الشكل (١١-٥) : **حل (جودل)** : اكتشف ـ كورت جودل) أنه إذا تم تدوير الكون فإن المخاريط ستنقلب على جانبها على النحو المبين بالرسم مما يسمح لخط العالم الخاص بالجسم أن يشكل حلقة مغلقة .

بعد نشر حل (جودل) اعترف (آينشتاين) أن احتمال وجود هندسة الزمكان التي تسمح بنشوء حلقات الزمن أزعجه منذ البداية وحتى منذ صياغته المبكرة للنظرية النسبية العامة[٣] ، وقد أشار إلى المشاكل الفيزيائية والتناقضات (المفارقات) السببية التي نجمت عن ذلك الاحتمال ، ولكن المجال تُرك مفتوحاً حول إمكانية استبعاد الحلول التي من مثل حل (جودل) عن الأرضية الفيزيائية .

(١١-٣) آلات الزمن في الثقوب السوداء

في هذه المرحلة من حياته المهنية اخترق (آينشتاين) التيار الفيزيائي التقليدي وأمضى سنوات الحرب منعزلاً يعمل بهدوء مُنكباً على نظرياته ، ولكونه يهودياً وأجنبياً ، وبسبب فكره العقلاني المستقل الذي جعله يؤمن بالسلام وبقضايا سياسية

مختلفة ، كانت السلطات الأمنية تنظر إليه نظرة شك وريبة مما جعله لا يكون الشخص المناسب للعمل في مشروع القنبلة الذرية ، وفي نهاية الحرب تقاعد رسمياً على الرغم من احتفاظه بمكتب لـه في معهد (برينستون) ، وكان يوزع أوقاته بين منـزله وذلك المكتـب . وعلى الرغم من حضوره بعض حلقات البحث من حين لآخر واستمراره بقراءة النشرات المتخصصة ، فقد كانت مساهماته قليلة في التطورات المثيرة التي حدثت في أبحاث فيزياء الجسيمات دون النووية وفي حقل النظرية الكمومية التي كانت تنتشر في الأوسـاط الفيزيائـية إبان سنوات ما بعد الحرب . لقد احتفظ بواحد أو اثنين من معاونـيه ، واستحوذت عليه فكرة محاولة صياغة نظرية حقل موحَّدة يمكنها أن توحِّد بـين نظريـته النسبية وبين الفيزياء الكمومي بشكل لا يتعارض مع فلسفته . لكنه لم يوفق في ذلك أبداً .

لم يتمكن (آينشتاين) من المشاركة الفعالة في التطورات التي قادت إلى الأفكار المذهلـة كالـثقوب السـوداء أو سفر الزمن ، بسبب وفاته قبل الاستثمار الحضاري الكامل لنظريته النسبية العامة ، وقد تأخر الاستثمار الحضاري لتلك النظرية على الرغم من قوتها وسحرها وقبعت في الصفوف الخلفية من الفيزياء لعقود عدة ، ويرجع ذلك بشـكل أساسـي لصعوبة اختبار ما تنبأت به من مفاهيم . كانت نظرية الثقالة هي الأرض المحرمة لقليل من الأخصائيين وبشكل أساسي أولئك المهتمون بالأمور الفلكية والكونـية ، ولكـن تطـورات ما بعد الحرب غيرت كل شيء ، ففتح علم الفلك الإشـعاعي نـافذة جديدة على العالم ، كما قدم عصر الأقمار الصناعية مجالاً واسعاً لمراقـبة الكون ضمن أطوال موجات لا يمكن الوصول إليها من كرتنا الأرضية ، بينما سـاهمت التحسينات في المراقب الأرضية الضخمة والتزايد الهائل باستخدام الحاسبات الإلكترونية في تمكين الفلكيين من رسم خريطة مفصلة أكثر للكون .

لقـد حدث تقدم ملحوظ لدى انبعاث الاهتمام بالأسئلة النظرية ، من ذلك أن إمكانـية وجـود الأمواج الثقالية بدأت تؤخذ على محمل الجد ، كما أن الحاجة إلى توحيد الفيزياء الثقالية مع الميكانيك الكمومي حثّت (ويلر) ومعاونيه على البحث في الحقول الثقالية الشديدة والانهيار الثقالي وفي هندسة التوبولوجيا الزمكانية ، وتم تطوير تقنـيات رياضية عالية وكتابة كتب خاصة بذلك حتى تحول موضوع النظرية النسبية

العامة أخيراً إلى فرعٍ متطور ومستقل تماماً من العلوم بعد وفاة (آينشتاين) بحوالي عقد أو نيفٍ من السنين .

لقد كان من قبيل المصادفة البحتة أن يعطينا ذلك التقدم في النظرية الثقالية فائدةً ثانويـــة لم تكـــن في الحسبان ، فقد تم اكتشاف إمكانية أخرى لسفر الزمن على يد رياضـــي نـــيوزيلاندي اسمه (روي كير)[٤] وقد كان ذلك بدراسة عميقة للثقوب السوداء . لقد بقي الحل الذي وضعه (شوارتز شيلد) صالحاً ومقبولاً لعدة عقود من الســـنين ، ولكـــنه كان غير واقعي من زاوية واحدة ، هي أن النجم الحقيقي سيظل ملـــتفاً دون شـــك حتى بعد انهياره و لم يكن أحد يعرف حل معادلات (آينشتاين) الموافقة للثقب الأسود الدوار (الملتف) حتى جاء (روي كير) فأوجده .

في المـــنطقة الموجـــودة خارج أفق الحدث من الثقب الأسود ، كانت مميزات وخواص الحل الذي وضعه (كير) تشبه إلى حد كبير تلك التي تضمنها حل (شوارتز شيلد) ، أما في المنطقة الداخلية فإن الأمر مختلف تماماً ، فبينما نجد أن الجسيم (وليس التاخيون) في حل (شوارتز شيلد) يسقط داخل الثقب ويصل بالضرورة إلى النقطة المـــتفردة المركزية بعد وقت قصير ، نرى أن الجسيم في حل (كير) يمكن أن يتجنب الـــنقطة المـــتفردة تماماً . إذاً فأين يذهب ؟ لا أحد يعلم ، ولكن حل (كير) أعطى إجابـــة ممكنة . تماماً كما نستطيع تعميم حل (شوارتز شيلد) في العالم المضاد (كون آخر ينعكس فيه جريان الزمن) يمكن تعميم حل (كير) إلى أكوان أخرى لانهائية بما فـــيها العوالم العادية والعوالم المضادة ، إضافة إلى ذلك فإنه يوجد منطقة سحرية ضمن الثقـــب الأســـود تنقلب فيها مخاريط الضوء ويسمح لخطوط العالم أن تشكل حلقات مغلقة حسب رغبة (كير) .

لســـوء الحـــظ وبسبب التسرع ظن معظم الخبراء أن حل (كير) قد لا ينطبق عـــلى المنطقة الداخلية في الثقب الأسود الفعلي ، وبعيداً عن الصيغة الرياضية النظرية لـــلحل الـــتي يمكن أن تمثل أو لا تمثل ثقباً أسوداً ملتفاً فعلاً ، فإن منطقة الدخول إلى الأكـــوان الأخـــرى وإلى منطقة سفر الزمن الموصوفة في هذا الحل تتحول لتصبح غير مستقرة بشكل جوهري ، والأكثر من ذلك أن التفرد داخل الثقب الأسود - حسب حـــل (كير) - يكون " مكشوفاً " ، وهذا يعني أنه يمكن أن يُشاهد من قبل مراقب

موجود في المنطقة الداخلية . بالمقابل فإن التفرد داخل الثقب الأسود - حسب نموذج (شـــوارز شيلد) - يقع في منطقة المستقبل بالنسبة للمراقبين فهم لا يعلمون بوجوده حتى يصطدمون به . برأيي أن التفرد العاري (المكشوف) يكون مرعباً أكثر . تذكر أن الـــتفردات تمـــثل الحواف أو الحدود النهائية حيث يمتنع الزمان والمكان بعدها عن الوجود ، ولأن قوانين الفيزياء تُنتهك تماماً هناك فمن المستحيل أن نعلم ماذا يمكن أن ينشأ عن حالة التفرد ، وطالما أن هذه الحالة بقيت خفية فليس من داعٍ للقلق بشأنها ، أمـــا التفرد المكشوف فقد يكون له بعض التأثير على الأحداث بطريقة مجهولة حيث ســـيجعل محاولات الوصول إلى أي استنتاجات فيزيائية ضرباً من العبث . (إذا كنت ترغـــب في الخوض بشكل عميق في تداعيات التفردات العادية فيمكنك الرجوع إلى **كتابي « حافة اللانهاية »**) .

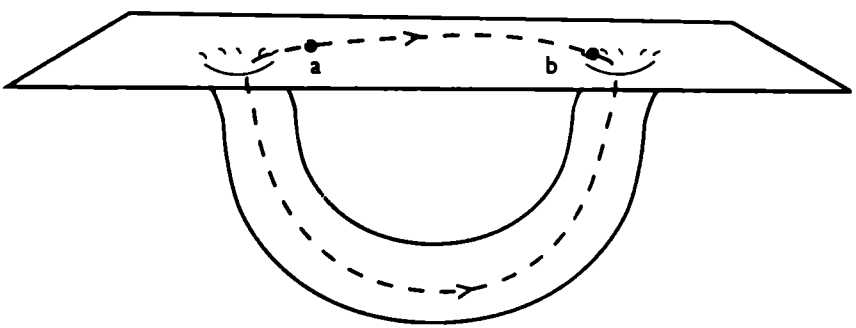
في عـــام ١٩٧٤ اكتشف الفيزيائي (فرانك تيبلر) حلاً آخر أيضاً لسفر الزمن ضـــمن حلول معادلات (آينشتاين) وكان الحل في هذه المرة يتضمن دوران أسطوانة مـــن المادة[٥] ، وتقع منطقة سفر الزمن هنا بالقرب من سطح الأسطوانة . وقد بدا أن نمـــوذج (تيبلر) أكثر فيزيائيةً بقليل من نموذج (كير) لأن الأول لم يحتوي على أي مـــناطق تفرد ، ولكنه لم يَسلَم من مشاكلها . وأهم ما في الحل الجديد هو أنه يصف أســـطوانة ذات طـــول لانهـــائي — وهذا خيال واضح - ، وأكثر من ذلك فإن على الأســـطوانة أن تدور حول محورها بسرعة خيالية لكي تتشكل حلقات الزمن ، فإذا لم تكـــن المـــادة مضغوطة بداخلها بشكل يفوق كثافة المادة النووية فإن هناك تخوفاً من إفلاتهـــا بســـبب القـــوى النابذة الهائلة التي ستتعرض لها . خلاصة الكلام أنه من غير الواضـــح أن حلقات الزمن يمكن أن توجد في حالة الأجسام الملتفة التي تكون أقرب للواقع .

(١١-٤) الثقوب الساخنة والأوتار

لم تـــتمكن كل العقبات المذكورة آنفاً من منع كتاب الخيال العلمي من تناول موضوع سفر الزمن بحماس كبير ، فبعد رواية (ويلر) وذيولها الملتهبة فكّر العديد من الكـــتّاب بابتداع آلات للزمن مستخدمين حالات غير عادية من المادة أو من الحقول

الثقالـــية ، في الواقع كان عملاً خيالياً ذلك الذي أطلق البحث المنهجي الوحيد لسفر الـــزمن في تاريخ العلوم ، وفي رواية انتشرت بسرعة اسمها (العهد) يروي لنا كاتبها (كـــارل ساغان) ملحمةً لمخلوقات أجنبية أرسلوا رسالة راديوية إلى الأرض تحتوي على تفاصيل كيفية إنشاء آلات عجيبة بديعة للزمن ، ويستطيع العلماء الذين ينشئون هـــذه الآلة السفر إلى مركز المجرة بسرعة كبيرة وهم يحققون ذلك ليس لأنهم يسيرون بســـرعة تفوق سرعة الضوء بل لأنهم يسافرون في الفضاء بواسطة ما يسمى « **الثقب الساخن** » .

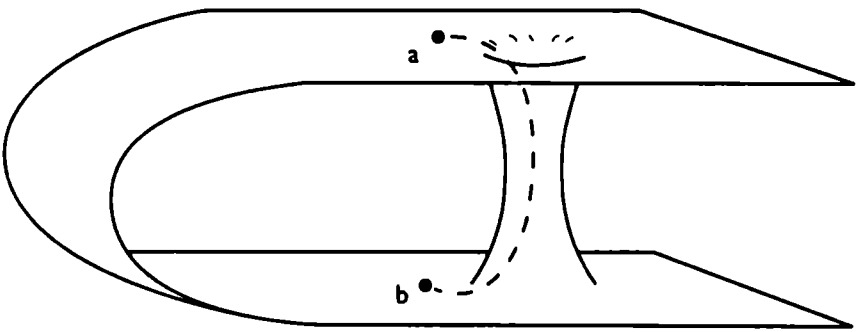
اســـتخدم مصطلح « **الثقب الساخن** » أيضاً من قبل (جون ويلر) وهو أبو الثقوب السوداء ، وقد تخيّل (ويلر) في الخمسينات إمكانية اتصال نقطتين في الفضاء عـــبر أكثر من طريق ، وقد تم توضيح الفكرة على الشكل (١١-٦) الذي يمثل فضاءً على لوحة ذات بعدين ، وهناك نقطتين منه هما B و A ، ولكي تذهب من A إلى B بالوســـائل العادية يمكنك أن تتبع الخط المنقط ، ولكن قد يوجد نفق أو أنبوب (ثقب ساخن) يؤمن لك طريقاً بديلاً (الخط المتقطع) . إن إمكانية وجود مسارين يربطان بين نفس النقطتين في الفضاء يقدم مثالاً آخر كيف يتم في النسبية العامة انحناء الزمكان بعـــيداً لكـــي يعود فيتصل بنفسه ثانيةً ليقدم إمكانية وجود الحلقات المغلقة في الزمان والمكان .



الشـــكل (١١-٦) : الثقب الساخن في الفضاء : يمكن لنقطتين A و B أن ترتبطان بطريق عبر الفضاء العادي (الخـــط المنقط) أو طريق آخر يمر عبر ثقب ساخن (الخط المتقطع) ويختلف المساران في طولهما اختلافاً كلياً ، ويبدو في الرسم أن طريق الثقب اساخن أطول ولكنه قد يكون أقصر بكثير تحت بعض الظروف .

كما هو واضح فإن الطريق عبر الثقب الساخن يبدو أطول ، إلا أن ذلك ناجم فقط عن كون الرسم رمزي إلى حد كبير (تذكر أن مخططات الزمكان يمكن أن تشوه

المسافات كثيراً) . تبين الدراسات الرياضية الدقيقة أن الثقوب الساخنة يمكن في الواقع أن تختصر الطريق من (A) إلى (B) وسيبدو هذا معقولاً إذا تم طوي المخطط كما فعلت في الشكل (١١-٧) حيث يظهر فيه أن مسار الثقب الساخن هو الأقصر . الغريب في الأمر أن (آينشتاين) توقع أو لنَقُل تخيّل مثل هذه النماذج من الهندسة في عمل قام به مع (ناثان روزن) في أواسط الثلاثينات ، لهذا السبب يطلق أحياناً على الثقب الساخن اسم « **جسر آينشتاين – روزن** » . قد يحدث أن يتمكن أحد الفلكيين من السفر من (A) إلى (B) عبر الثقب الساخن بشكلٍ يسبق فيه الضوء فيما لو سلك الضوء الطريق العادي ، وبإحراز السبق على الضوء بهذه الهيئة يكون الفلكي قد سافر بعكس الزمن .



الشكل (١١-٧) : الطريق المختصر عبر الفضاء : إذا تم طوي الفضاء المرسوم في الشكل (٦-١١) فإن معبر الثقب الساخن يستقيم ويصبح هو الطريق الأقصر بين النقطتين A و B .

إذا أردنا تحويل الثقب الساخن إلى آلة زمان فإن فوهتي هذا الثقب ينبغي اعتبارهما بشكل أو بآخر يمثلان التوأمين آية و شهد ، أحد النهايتين (شهد مثلاً) تحتاج إلى تسريع (بطريقة ما !!) لتقترب من سرعة الضوء بالنسبة إلى النهاية الأخرى (التي تمثل آية) والتي توقفت وتم تسريعها ثانيةً . إن الفوهة المتحركة (المتحولة) قد تتحول بعد فترة من الزمن مستقبلاً إلى فوهة ساكنة ، وقد ينشأ بين نهايتي الثقب الساخن فرق دائم في الزمن . ينبغي على الفلكي من أجل السفر في الماضي أن يعبر الثقب الساخن بالاتجاه الصحيح ثم يحوم عائداً إلى نقطة البداية عبر الفضاء العادي بسرعة فائقة مشكلاً حلقات مغلقة في المكان (الفضاء) ، فإذا كانت الظروف مواتية فإن خط العالم الخاص بذلك الفلكي سيشكل أيضاً حلقات مغلقة في الزمن .

للتحقق فيما لو كانت هذه الحالة الخيالية للأحداث ممكنة فيزيائياً أم أنها مجرد توقعات عابثة ، تم تكريس جهود (كيب ثورن) ومعاونيه في (كالتيك) ضمن برنامج بحث موسع[٧] ، وكان دليلهم في مهمتهم ينطلق من أن أحد نماذج الثقوب الساخنة كان معروفاً أصلاً عبر علاقته مع الثقوب السوداء ، وكما ذكرت في الفصل العاشر فإن امتداداً مثالياً للثقب الأسود الذي وصفه (شوارتز شيلد) يمكن أن يربط كوننا بأي كون آخر ، وإن الجسر الذي يصل بين كونين مكانياً يمكن أن يتخذ شكل النفق أو الثقب الساخن على النحو المبين في الشكل (١١-٧) ، على أنك ينبغي أن تتذكر أنه من غير الممكن لجسيم من طبيعة مادية أن يجتاز الثقب الساخن الذي وصفه (شوارتز شيلد) ثم يظهر في الكون الآخر ، فلكي يقوم بذلك لابد له أن يسير بسرعة تفوق سرعة الضوء .

إن سبب هذا التقييد في اجتياز الثقب الساخن الذي وصفه (شوارتز شيلد) هو أنه في هذا النموذج يكون الثقب الساخن غير ساكن كما هو مرسوم بل أنه ينفتح لبرهة من الزمن ولمرة واحدة ثم يُغلق ثانيةً ويقوم بذلك خلال فترة وجيزة جداً بحيث لا تكفي ليتمكن خلالها الجسم (أو الفلكي) من دخول الثقب قبل أن **تنقبض فوهته وتنغلق لتسحق كل شيء بداخلها ليندثر ويغيب في عالم النسيان** . لقد أدرك فريق (ثورن) بمنتهى الذكاء طريقة إبقاء ذلك الفم مفتوحاً لمدة تكفي لدخول الأجسام فيه ، ولكنهم تمكنوا من ذلك ضمن افتراض أن الثقب الساخن يصل بين منطقة من الفضاء ومنطقة أخرى تكون واقعةً ضمن كوننا - حسل (ساجان) وحسب ما هو موضح في الشكل (١١-٧) - وليست واقعة ضمن كون آخر .

لمساعدة الثقب الساخن والوقوف إلى جانبه ضد نزعته الطبيعية نحو الانهيار استنجد (ثورن) بأحد الأساليب المفضلة لدى (هـ. ج. ويلز) وهي « **الثقالة المضادة** antigravity » ، وهي تعني فيزيائياً نوعاً من المادة أو الحقل التي يكون لديها القدرة على الطرد الثقالي بدلاً من الجذب . كل الحالات العادية للمادة تتميز بكونها جاذبة ، لذلك كان الباحثون يلتمسون أحد أنواع الحالات غير المألوفة والغريبة (وتراودني نفسي للقول بأنها دونكيشوتية أو خيالية) ، وقد انجرفوا بالطبع نحو الفيزياء الكمومي ، ذلك المَعين الخصب والمليء بالغرائب والعجائب ، حيث لابد من

أن يجـدوا هـناك ضالتهم في عدد من الأبحاث الرياضية المدفونة في غياهب وظلمات الـتراث الفيزيائي ، والتي لابد أن تبين كيف تستطيع حالات كمومية معينة أن تولّد الثقالة المضادة بطريقة محددة تماماً . يحدث ذلك أحياناً لأن طاقة الحقل الكمومية يمكن أن تكون سالبة هنا أو هناك ، وبما أن طاقة الحقل الكمومية يمكن أن تكون سالبة هنا أو هـناك ، وبمـا أن الطاقـة تقتضي وجود الكتلة ، لذلك فإن وجود الطاقة السالبة يستدعي وجود كتلة سالبة ومن ثم ثقالة مضادة (نظرياً) .

هـناك إمكانـية أخرى أيضاً لوجود ثقالة مضادة كمومية تطرح نفسها ، ففي النسـبية العامـة نجد أن الضغط وكذا الكتلة يعتبران مصدران من مصادر الثقالة . إن معظـم الناس لا يعرفون أن الضغط يمكن أن يولّد ثقالة لسبب بسيط هو أن أثره غالباً مـا يكون ضعيفاً لدرجة تجعله مهملاً ، فمن أجل جرم عادي كالأرض مثلاً نجد أن ضـغطها الداخـلي لا يسـاهم بأكثر من جزء من بليون جزء من ثقالتها السطحية (مضيفاً أقل من ميللغرام إلى ثقلك) ولكن الحالات الكمومية الغريبة يمكن أن تتضمن ضغوطاً هائلة تكفي لتوليد ثقالة تضاهي ما تولده كتلتها ، وتحت بعض الظروف فإن هـذه الضـغوط لا تكون عظيمة وهائلة فقط بل إنها قد تكون سالبة أيضاً مما يقتضي نشـوء ثقالـة مضادة ، وبمتابعة هذه الاحتمالات لتولد الثقالة المضادة قام (ثورن) ومعاونوه بتحليل الحلول المثالية جداً الخاصة بثقب ساخن تم الإبقاء على نفقه (ممرّه) مفـتوحاً بواسـطة الـثقالة المضادة الكمومية ، وقد توافقت تلك الحلول مع الفيزياء المعـروفة . لقد قادت أبحاثهم الأولية إلى طوفان من البحوث حول الموضوع وظلت تشعباته مدار استكشاف مستمر .

في تلـك الأثناء تم اقتراح آلـة زمان من نوع مختلف كلياً من قبل (ريتشارد جـوت) الـذي كان يعمل في جامعة (برينستون) وذلك باستخدام أجسام تُعرف باسـم « **الأوتار الكونية** – Cosmic Strings » . لقد طوَّع علماء الكون الفكرة التي تقول أنه بعد الانفجار العظيم مباشرة وعندما كان الكون عظيم الكثافة والحرارة قامـت الحقول الكمومية المختلفة الموجودة بربط نفسها بعُقد وجدائل بطريقة مكنتها مـن تشـكيل حقـول طاقة مركزة على شكل أنابيب ضيقة للغاية وأشبه ما تكون بالخـيوط ، هذه الأنابيب أو الأوتار الكونية لا تستطيع أن تفك نفسها بسهولة وقد

تبقى هكذا حتى يومنا هذا جامدة **تمثل رفات الماضي أو الأثارة المتبقية منه** . هذا و لم تؤدي الأبحاث الفلكية المتعلقة بالأوتار الكونية إلى نتائج حاسمة حتى الآن .

تعتبر الخصائص الثقالية للأوتار الكونية غريبة جداً . تملك حلقة ما من الوتر ثقالة تشبه إلى حد كبير ثقالة أي جسم آخر ولكن القطعة المستقيمة لا تملك قوة ثقالية مباشرة على الرغم من أن كيلو متراً واحداً منها قد يحتوي بقدر ما تحتويه الأرض من كتلة ، على أن الأوتار المستقيمة ستظل مؤثرةً بالضوء ، لذلك فإنها تتضمن بعض الاستحقاقات من البنية السببية للزمكان ، وقد وجد (جوت) أنه إذا كان لدينا وترين كونيين ممتدين بشكل لانهائي ومتوازيين يحلقان بعيداً بسرعة عالية فإن مخاريطها الضوئية ستنقلب بشكل يكفي للسماح لخطوط العالم للجسيمات بأن تنحني وتلتف عائدة إلى الماضي ، وبالطبع فإن سيناريو (جوت) يمثل اعتقاداً مصطنعاً صرفاً ، وهو يعاني من مشكلة أن الأوتار فيه يجب أن تكون قد تشكلت على نحو إجباري حسب الحركة والتكوين المطلوبين والصعوبات الفيزيائية الأخرى المترافقة مع امتدادها اللانهائي .

كانت حصيلة هذا الاضطراب في أبحاث سفر الزمن هي أنه لا يوجد شيء واضح جداً في قوانين الفيزياء يمنع ذلك السفر من حيث المبدأ على الرغم من أنه في كل الأمثلة المدروسة يمكن الحصول على حلقات الزمن فقط بمعالجة المادة والطاقة بمنتهى التطرف والخيال . على أية حال دعنا نقبل الآن أنه يمكن من حيث المبدأ إنشاء آلة للزمن (أو اكتشاف وجودها في الطبيعة) فماذا ستكون النتائج ؟

(١١-٥) مفارقة

« يتم إلباس الزمن رداءً جديداً لكل دور يلعبه في تفكيرنا » .

(جون ويلر)

أي شخص قرأ رواية « آلة الزمن » بتمعن أو شاهد فيلم « إلى الوراء نحو المستقبل » قد يكتشف أن السفر إلى الماضي أو حتى إمكانية الإشارة إلى الماضي ستفتح الباب على مصراعيه أمام صندوق أسطوري من الألغاز والمفارقات

(التناقضـــات Paradoxes) ، وأكثر تلك المفارقات شهرة هي ما يسمى « مفارقة الجـــدة » أو « **مفارقـــة الجد** » . نفترض أن مسافراً في الزمن يريد العودة إلى الماضي ليقـــتل جدتـــه ، ونتيجة لذلك فإن المسافر المذكور قد لا يولد أبداً ، وعند ذلك فلن يســـتطيع تنفـــيذ جريمته إطلاقاً إلا إذا كان قد ولد ... وفي أي من الطريقين سيكون هناك تناقض عقلي محرج .

تـــبرز المفارقـــة بهذه الحدة لأن الحالة الحاضرة للعالم محددة بالماضي وتغيير ذلك الماضـــي ســـوف يقود إلى بعض الإرباكات لأنه قد يحتوي على بعض الآثار الفاعلة المتصـــاعدة التي لا نستطيع التحكم بها أو التخلص منها لأنها تدخل في الحبكة العميقة للنسيج الكوني للحاضر . فحتى الجسيم دون الذري الوحيد الذي يسافر بعكس الزمن قد يغير الحالة الحاضرة للعالم بشكل أساسي ، ويمكن أن يكون ذلك الجسيم جزءاً من إشارة مشفرة على سبيل المثال يمكنها أن تسبب تأثيراً قوياً في المستقبل «Receiver» أو أنهـــا قـــد تحول مجرى التطور (إن مواجهة واحدة بين جسيم من الأشعة الكونية وجزيء من (DNA) يمكن أن يؤدي إلى تحول حاسم) . ولكن ما هي المعقولية التي نســـتطيع أن نضيفها على الماضي المتغير ناهيك عما نستطيعه على الحاضر المتغير ؟ إن الحالـــة الحاضـــرة للعـــالم هي ما هو عليه الآن ، ولا يمكن أن يكون شيئاً آخر ، وإن المواضـــيع المغـــرقة في هذه التأملات تذهب إلى ما وراء الخيال العلمي ، ويتعين على قوانين الكون (انطلاقاً من تعريفها) أن تصف الحقائق المتجانسة والمتوافقة مع بعضها ، فـــإذا ما قاد سفر الزمن بشكل حتمي إلى تناقض غير قابل للحل فلن يسمح له بذلك ضـــمن إطـــار عمل قوانين الفيزياء ، وفي هذه الحالة نجد أنه حالما نكتشف أن أفضل نظرياتـــنا المعاصرة تسمح بالسفر إلى الماضي حتى تحت ظروف مدبَّرة وغير واقعية فإن تلك النظريات ستكون محل شكٍ وريبة .

عـــادة ما نستطيع تطويق المفارقات (التناقضات) إذا كانت الحلقات السببية مـــتوافقة ذاتياً ، وعند ذلك قد نصل إلى الحالة التي يكون فيها أفعال مسافر الزمن قد دخلـــت في الشـــبكة القدرية التي تربط بين الماضي والحاضر ، فالمسافر الذي يسحق حشرة ويغير مسيرة التطور سيقوم بذلك بطريقة تصف بدقة الظروف البيولوجية للعالم الـــذي أتـــى منه ، ولكن قتل الجدة يكون خارج هذا . قد يبدو ذلك أنه يضع قيوداً

شديدة على حرية التصرف ، ولكن لا يبدو أن هناك أي شيء منطقي قابل للاعتراض على مشهد الحلقات النسبية التي تربط الماضي بالمستقبل مع بعضهما بشكل متوافق .

تعتبر مفارقة الجدة في الواقع واحدة فقط من مجموعة من المشاكل الناجمة عن إمكانية السفر إلى الماضي حيث يمكن لمسافر الزمن على سبيل المثال أن يواجه نسخة سابقة عن نفسه وسيكون في هذه الحالة اثنين منه !! ويمكن الوصول إلى هذه الحالة العجيبة من النَّسخ المزدوج بشكل أساسي نتيجةً للسفر بعكس الزمن لثانية واحدة ، وبتكرار ذلك يمكن الحصول على عدد غير محدود من النسخ لمسافر الزمن وفي أي وقت محدد ، (تذكر فكرة « فينمان » الخاصة بالإلكترون الذي يتخذ مساراً متعرجاً مكرراً نفسه أثناء عبوره الكون) . على الرغم من أنه لا يوجد هناك تناقض منطقي هنا فإن مشهد الاستنساخ غير المقيد للأجسام يجعل عقولنا تدور وتلتف ، ويعمل على تدمير قوانين الفيزياء العزيزة على قلوبنا (مثل قانون مصونية الطاقة) .

لقد قام (ديفيد دويتش) الخبير بنظرية الأكوان المتعددة الذي ذكرته في الفصل السابق بإجراء دراسة دقيقة لأحاجي وألغاز السفر في الزمن وحلولها الممكنة[٩] . وقد قدّم أحجية أكثر إرباكاً من مفارقة قتل الجدة وهي من النوع الذي يطعن المنطق العلمي في الصميم . لنفترض أن مسافراً في الزمن من عام ١٩٩٥ زار العام ٢٠٠٠ ووصل إلى علمه الإعلان عن وجود حل إعجازي جديد لمعادلات (آينشتاين) نشر في طبعة تلك السنة من مجلة « النشرة الفيزيائية » وقد اكتشفته عالمة مغمورة تدعى (أماندا بريني) ، وقد عاد مسافر الزمن إلى سنته التي جاء منها متزوداً بنسخة من الحل قاصداً (أماندا) الشابة التي مازالت في عام ١٩٩٥ ليجدها مازالت طالبة في السنة الأولى من قسم الفيزياء في جامعتها المحلية ، وقد شرع بتدريسها نظرية النسبية ثم قدم لها في النهاية الحل الجديد الذي نشرته هي بشكل رسمي وباسمها في مجلة « النشرة الفيزيائية » عام ٢٠٠٠ . المفارقة في هذه القصة القصيرة تتلخص فيما يلي : من أين أتت معلومة وجود حل جديد ؟ من الذي أنجز الاكتشاف ؟ ليست أماندا فقد عرفت بوجود الحل من مسافر الزمن ، وليس مسافر الزمن أيضاً لأنه نسخ الحل فحسب من بحثها المنشور في المجلة !! على الرغم من أن القصة متجانسة ذاتياً ولكنها تتركنا في حيرة من أمرنا وشعور بعدم الاقتناع والرضا . إن المعلومات الجديدة الهامة عن الكون

لا تستطيع أن تخلق نفسها بنفسها بذلك الشكل البسيط ، هل تستطيع يا ترى ؟

هـــذه المعضلات المرعبة الناجمة عن تداخل المسائل الفيزيائية والفلسفية مع سفر الزمن جعلت (ستيفن هوكنج) يقترح سلّم حماية زمني تستطيع الطبيعة بموجبه دوماً أن تجـد طـريقة لمـنع الثقوب الساخنة والوسائل الأخرى من أن تسمح بالسفر إلى الماضي[١٠] . ويعلّق (هوكنج) أنه بفضل هذه الطريقة يتم حماية الكون والمحافظة على مصـداقيته بين أيدي المؤرخين . ليس هناك اتفاقية عامة تضمن وجود وصلاحية هذه الحمايـة الزمنية فإن وجدت فما من أحد يعلم فيما لو كانت صالحة للبقاء مع الفيزياء الحالـية أم أنها تتطلب شيئاً جديداً . كلّ الأمثلة المعروفة عن سفر الزمن تنطوي على مظاهـر مَرَضية تحولها إلى نماذج غير فيزيائية وغير مستقرة عملياً . ولكن بدون نظرية عامة تستبعد كافة الزمكانات الخَلَقية ستكون الفرصة مهيأة دوماً لظهور أحد البحاثة اللامعين ليطلع علينا بمثال واقعي فيزيائياً يبين فيه كيف يمكننا أن نهزم الساعة ونستمر بالحياة .

هـــناك حجة واهية غالباً ما تستخدم ضد سَفر الزمن وهي أنه إذا لم يكتشف أحفادنا أبداً كيف يفعلونها فإنهم سيعودون إلينا ويزورونا ، وحيث أننا لم نشاهد تلك الأشـــباح على الإطلاق فنستطيع أن نستنتج أنها لن ترقى إلى حيز الوجود أبداً . وقد اســـتخدم (ستيفن هوكنج) هذه المناقشة ليعزز فرضية الحماية الزمنية مشيراً إلى أنه : « لم نتعرض لغزو من قبل مجموعة من السياح القادمين من المستقبل » . على أية حال فـــإن معظم آلات الزمن التي تم استعراضها حتى الآن لا تسمح بالسفر إلى زمنٍ ما قبل بناء تلك الآلة لذلك فإذا أردنا أن نبني آلةً اليوم فلن نستطيع العودة بها إلى الوراء كي نشـــاهد معركة (هاستنج) على سبيل المثال ، كما لا يمكن لأحفادنا استخدام مثل تلـــك الآلة لكي يزورونا . ولكننا قد نتمكن من ذلك فقط إذا قدم لنا أحد أجدادنا مـــن الحضـــارات الغابرة آلة زمن قديمة ، أو إذا أنشأت الطبيعة تلقائياً الثقب الساخن الـــلازم في الماضـــي البعيد حتى يمكن بواسطته أن نزور حقباً وعصوراً تسبق عصرنا ، لذلك فإن غياب المسافرين من المستقبل لا ينفي وجود سفر الزمن نهائياً .

إن الحجة الصارخة ضد السفر إلى الماضي (زيارة الماضي) هي بلا شك مفارقة الجدة ، وقد بذل الكثير من التفكير والتأمل لإيجاد طرق لتجنبها ، وأحد المخارج من

ذلك المأزق هو اللجوء إلى فكرة الأكوان المتعددة التي تطرقتُ إليها في الفصل العاشر . فـإذا كـان هناك عوالم متعددة متشابهة ومتحاكية فإن زيارتك إلى الماضي يمكن أن تـأخذك إلى حقبة منصرمة لا تنتمي إلى عالمك بل تنتمي إلى نسخة كمومية شبيهة ، وسيكتشف عندها السفاح الشبح أنه قتل نسخة كربونية من أحد جدَّاته المتشابهات ، تاركاً عالم المستقبل الخاص به سليما لم يصب بأذى . هذا المخرج البارع يفترض أننا نسـتطيع مزج وملائمة العوالم الكمومية على مقاييس ضخمة ، ونسمح بذلك للشبح أن يَعْـبُر إلى الحقـيقة الموازية (الشبيهة) ثم يعود ثانية بعد أن يقوم بتغييرها بشكل جوهـري ، يبدو ذلك لي وكأنه استقراء خارجي وهمي لنظرية الأكوان المتعددة . في كل الأحوال فإن السؤال الشامل عن سلوك الجسيمات الكمومية في العالم الذي تكون فيه حلقات الزمن ممكنة مازال مجال بحث عميق .

إن وقع مفارقات سفر الزمن علينا يظهر في آثارها النفسية المضللة أكثر مما يظهر على شكل خصائص منطقية ، وإن تفكير الكائنات البشرية منحصر باعتبار الزمن على أنـه شيء يجري كالنهر ، وبالتالي فسيكون محيراً تماماً أن يستطيع مسافر الزمن الإبحار باتجـاه الماضـي ، إذ كيف له أن يكون منـزلقاً بسهولة وبشكل طبيعي دائم باتجاه التـيار، ثم يجد نفسه فجأة في أعلى النهر مرة أخرى دون أن يتسلق التيار أو أن يعود بوسـيلة مـا مستخدماً ضفاف النهر ؟ إن مشهد ركوب تيار الزمن في حلقة مغلقة يؤدي إلى نفس الصدمة العنيفة . في نهاية رواية (ويلز) يفكر المؤلف في مصير مسافر الـزمن الذي فشل بالعودة من رحلته الأخيرة : « إنه حتى في هذه اللحظة - إذا صح اسـتعمال هـذه العـبارة - سيكون مشدوهاً ببعض الشُعب المرجانية المرافقة لبعض السلاحف العملاقة أو بجانب بعض البحار المعزولة المالحة من العصر الترياسي »[11] . إن كـلمة (الآن) هـنا تخذل التفكير بالزمن المزدوج أساساً ، فهي كما لو أن زمننا ذهب بطريقة ما مع المسافر في الآلة وكأنه أحد روافد نهر زمن القرن العشرين ثم التفَّ عائداً عبر الأحقاب المختلفة ليختلط بالنهر الترياسي للزمن . لكن كل ذلك ضرب من العبث . إن العصر الترياسي ليس (الآن) ، إنه بعد ذلك . هل هو كذلك ؟

الفصل الثاني عشر

ولكن كم هو الوقت (الآن) ؟

« الزمن كالجدول الذي يجري إلى الأبد ويحمل أبناءه معه بعيداً » .

(اسحاق وات)

« في الحقيقة أن الزمن ، ذلك الجدول الجاري إلى الأبد لا يستطيع عمل شيء تجاه الساعات الموجودة لدينا » .

(هربرت دنجل)

(١٢-١) هل الزمن يجري حقاً ؟

« لا يوجد مكان سخيف لا يتواجد فيه فيلسوف يستطيع الدفاع عنه » .

(ميشيل لوكوود)

هناك مشهد تمثيلي معروف من أحد حلقات مسلسل تلفزيوني فكاهي يعرض في التلفزيون البريطاني تقوم به مجموعة سيرك (مونتي) يقدم وخزات طريفة ينتقد من خلالها الفلاسفة الأستراليين . الفلاسفة بشكل عام يكونون هدفاً سهلاً للظرفاء ربما لأنهم يظهرون دائماً على أنهم يفندون المشاكل التي تصيب الناس بشكل جلي ومضحك . حسناً قد يكون هناك الكثير الذي كتبه الفلاسفة حول موضوع الزمن فقد تناولوا هذا الموضوع أكثر من أي موضوع آخر وذلك بدءاً من (أفلاطون) ومن جاء بعده من فلاسفة ، إلا أن هناك إجماعاً عاماً على أن (جاك سمارت) يعتبر واحداً من الفلاسفة القلائل الذين قدموا بعض العقلانية لما يخص طبيعة الزمن من توقعات ، وقد عاش حياته من أجل المحافظة على سمعته كفيلسوف أسترالي مرموق ، وحيث أنه قضى معظم حياته المهنية يعمل في جامعة (أديلايد) فإنني أشعر بنوع خاصٍ من الألفة نحوه .

قابلت (جاك سمارت) للمرة الأولى عندما زار بريطانيا في أوائل الثمانينات وألقى محاضرة فكرية مثيرة حول الفيزياء الكمومي والزمن في جامعة (نيوكاسل) وقد قوطعت محاضرته مرات عديدة من قِبَل عالم خبيث كان عنده معرفة راسخة بالخلاف القائم حول ما إذا كانت الأجسام المادية موجودة " **هناك** " فعلاً أم لا (اعتماداً على الميكانيك الكمومي) ، وكان (جاك) شخصية مؤدبة وسيد محترم ولكنه فقد أعصابه في نهاية الأمر فانفجر به قائلاً : « كنت أتمنى أن لم تكن "**هناك**" » فتوقفت المقاطعات بعد ذلك .

كتب (سمارت) مرةً : « التحدث عن جريان الزمن أو عن تقدم الوعي يعتبر ظاهرة خطيرة لا ينبغي أن تُؤخذ بشكل حرفي »[1] . بعبارة أخرى فإن نهر الزمن ليس في الواقع " هناك " وذلك يبدو عبثياً ، تماماً كالادعاء بأن الأجسام المادية ليست " هناك " ولكن يبدو أن (سمارت) كان يقف على أرض ثابتة بهذا الخصوص . لقد سبق وأن شرحتُ كيف أن النظرية النسبية تقود إلى مفهوم « **الزمن الجامد** block time » وأن صورة الزمن كبُعد رابع قد دمرت دفعة وواحدة وبكل بساطة ، ومنذ (آينشتاين) رفض الفيزيائيون فكرة أن الأحداث تقع على أنها تباين لوجودها المجرد في المتصل الزمكاني رباعي الأبعاد .

ليس الفيزيائيون وحدهم الذين ينزعجون من مرور الزمن فقد حاول الفلاسفة عبثاً عبر عقود عدة أن يرسخوا هذا التدفق المراوغ للزمن ولكنه كان يفلت من قبضتهم في كل مرة بسبب التعبيرات اللغوية . بحار من المداد (أم أنهار ؟) صرفت حول هذا الموضوع ، ومازال جريان الزمن غامضاً كما هو منذ الأزل ، وهذا الغموض في الحقيقة هو الذي جعل الفلاسفة من أمثال (سمارت) مجبرين أن يستنتجوا أنه ليس هناك نهر من الزمن كما جعلنا نحن كذلك نخزن هذه القناعة في أذهاننا . ويعترف (سمارت) بأن : « نحن نشعر بالتأكيد أن الزمن يجري » ولكنه يرى : « إن هذا الشعور يعتبر خارج الفوضى الميتافيزيقية » . في الحقيقة إنه يعتبر جريان الزمن مجرد وهم .

أي نوع من الوهم يمكن أن يكون ؟ هناك مثال مشابه بسيط يمكن أن يساعدنا . إذا درت حول نفسك بسرعة ثم توقفت فستجد أن العالم حولك مازال يدور ، هذا

الإحساس بالدوار يخلق عندك شعوراً بأن الكون متحرك من حولك بل إنه في الحقيقة في حالة دوران . بالطبع أنت تعلم أنه ليس كذلك ، حيث ينبغي عليك أن تثبت ناظريك فقط على الجدار المقابل لك وبقليل من التصميم سوف تكتشف أن لا شيء يدور ، وهكذا فأنت تستبعد إمكانية حركة الكون بمحاكمة عقلية على الرغم من استمرار الإحساس أيضاً !! وعندما نوجه نظرية ثاقبة عقلية نحو أحداث الكون فإن ذلك الإحساس بجريان الزمن ينتهي ويتبخر بكل بساطة .

إن عدم التصاق الحقيقة بجريان الزمن كان على رأس المواضيع الفلسفية منذ البداية . ظن (بارمينديس) أنه اهتدى إلى مفهوم جريان الزمن عندما أفاد بأن التغيير الكامل مستحيل ، وقد اعتمدت مناقشته ببساطة على ما يلي : بما أن كل شيء هو ما يكون ولا يمكن أن يكون الشيء مختلفاً عما هو عليه ، فإنه لا شيء يمكن أن يتغير عمَّا هو عليه إلى أي شيء آخر مختلف ، ولا شيء يمكن أن يُخلق من العدم ، كما أن الكائن متكامل بحد ذاته فلا توجد أنصاف أحكام حسب رأي (بارمينديس) ، أي لا يوجد شيء على شكل كائن جزئي أو لا كائن جزئي ينزلق بعدها على طريق ما ليصبح كائناً . لقد استخدم (زينو) أيضاً مناقشة شبيهة بما ورد أعلاه حيث ادعى أن الحركة الكلية مستحيلة حيث أن أي جسم متحرك بشكل منفصل يكون في الحقيقة ساكناً عند أي لحظة اختيارية من الزمن ، وقد درس (زينو) مراحل انطلاق سهم مثلاً وأشار إلى أنه في كل لحظة من لحظات رحلته ، يحتل ذلك السهم جزءاً واحداً من المكان ، وبما أنه لا يستطيع أن يشغل أكثر من حيز واحد في لحظة واحدة معينة فإنه لابد أن يكون ثابتاً في تلك اللحظة ، وبما أن هذا شأن السهم وحالته الحقيقية في كل لحظة وفي أي لحظة فيمكن أن لا يكون هناك حركة من أي نوع وبالتالي فإن العالم جامد .

هذا الشكل التقليدي في مناقشة موضوع الزمن أو فكرة التغير المستند على أرضية فلسفية والذي يفضي إلى استنتاج عدم وجودهما استمر حتى خلال العصر الحديث ، ففي بداية هذا القرن زعم أحد الميتافيزيقيين الملحدين في (كامبردج) ويدعى (جون ماكتاجارت)أن موضوع الزمن يشكل معضلة معقدة للغاية تنطوي على تناقض يجعل من الأفضل اعتباره (أي الزمن) غير موجود أصلاً [٢] !! وأضاف

(ماكـــتاجارت) أن انطباعات الزمن هي مجرد بدع واختلاقات بشرية ، ثم وصل إلى الافتراض المرعب بأن الزمن غير حقيقي وذلك حين درس كيف أن جزءاً متحركاً من الزمن في الماضي والحاضر والمستقبل يتضارب ويتنافر بشكل صارخ مع التواريخ الثابتة الـــتي يمكـــن أن تُنســـب إلى تلـــك الأحداث . إن التضارب بين حركة ما " **الآن** " وإحداثـــيات الـــزمن الثابـــت حُفظت بشكل بارع في سؤال (جاك سمارت) الآسر والمحرج : « ما هي السرعة التي يسير بها الزمن » ؟ كلنا يعرف الجواب : ثانية واحدة في الثانية ، هذا التعبير المحيِّر يعرض مجازيته أمامنا بشكل جلي وواضح حيث أن تعريف السرعة معروف فهو المسافة المقطوعة في وحدة الزمن ، فكيف يمكن للزمن أن يتحرك في الزمن ؟

نشر كاتب ظريف يدعى (ج. و. دوني) كتاباً شعبياً عـــام ١٩٢٧ عنوانـــه (تجربة في الزمن) ادعى فيه أنه قام بحل مشكلة كيفية جعل الزمن يجري[٣] . وقد لجأ بـــبراعة إلى استجلاب بُعد ثان للزمن يعمل كمقياس أو سلّم يقيس من خلاله سرعة الـــبُعد الأول ، ولكن لسوء الحظ فإنه لا يوجد أي دليل علمي على وجود أكثر من زمـــن ، فظهرت مناقشة (دوني) وكأنها حديث مع نفسه إضافة إلى تعرضه لمشكلة كيفـــية تقدير زمن البُعد الثاني ، ويبدو أنه كان مستعداً تماماً لمثل هذا النقد فقدم بُعداً ثالثاً ثم رابعاً ... وهكذا حتى وصل إلى الفك المفترس وهو النكوص اللانهائي .

ولكن بدون وجود زمن لقياس الزمن ، كيف يمكن للزمن أن يتحرك ؟ يعـــود (سمـــارت) ويذكـــرنا بتشبيه النهر الذي : « يحملنا بعناد إلى المستقبل نحو الشلال الساقط العظيم وهو الموت » وبدلاً من أن يتم حمل وجودنا بشكل وحشي وقاسي إلى أعـــلى هـــذا التيار الزمني فإننا نجلس على ضفة النهر لنفكر بأنفسنا وكأننا متفرجون يشـــهدون أحـــداث المســـتقبل تجري أمامهم في الحاضر وأحداث الحاضر تتراجع إلى الماضـــي . ولكن (سمارت) يستبعد مثل هذا الكلام الغامض : « ما هو معنى (لنا) و (لي) ؟ إنـــه ليس الشخص الكامل منذ الولادة وحتى الموت ذلك الكائن الزمكاني الكـــلي ، ولا يمـــثل أي مرحلة زمنية خاصة من الشخص » حيث يكون لدينا نفس الإحساس في كل مرحلة زمنية على الرغم من أن الأحداث المعتبرة أنها «**في المستقبل**» ضمن أحد مراحل حياتنا الزمنية تعتبر وكأنها « **في الماضي** » في مرحلة زمنية أخرى .

إن الحـــدث كحدث هو ببساطة ما هو ، ولا يمكن أن يكون في الماضي والمستقبل بآن واحد معاً ، وعليه فإن تلك المجموعات الزمنية تبدو وكأنها عديمة المعنى .

حيـــث أن (سمـــارت) ادعى بأن جريان الزمن وهم فقد اعترف كذلك أنه : « شيء غريب ومقلق ومحيِّر عقلياً » . ما هو سبب جريان الزمن ؟ هل هو ناجم عن دوَّار زمـــني متصل بالذاكرة ؟ أم أنه جريان معلومات داخل الدماغ ؟ إن المشكلة في تفســـير هذا الوهم الخاص تكمن في أنه يبدو وهم سخف وعبثية . ليست أحاسيسنا هـــي التي تضللنا فحسب كما في حالة العصا التي تبدو منحنيةً في الماء ، بل يبدو أننا نملك انطباعاً قوياً عن شيء ما ولكن هذا الشيء يخلو من أي معقولية ومنطقية عندما نمعن النظر فيه .

(١٢-٢) أسطورة المعبر

« قـــالوا بأن الأشخاص الذين يرتعون من الخوف من اضطراب الزمن أكثر من الأشخاص الذين يرتعون من الزمن نفسه ، ولكن الزمن فقط هو المهلك الفتاك » .

(مارتين آميس)

يعمـــل الفيزيائي الفيلسوف (ديفيد بارك) في كليـــة (ويليامـــز) بجامعـــة (ماساشوستس) وقد كان مهتماً طيلة حياته بموضوع الزمن ، كما ظن هو أيضاً أن الزمن لا يجري ، على أن جريان الزمن بالنسبة له لم يكن وهماً كبيراً كالأسطورة فقد كـــان يقول : « لأن الزمن لا يتضمن أي خداع للحواس ... فإن أحدنا لا يستطيع القـــيام بـــأي تجربة يخبرنا بها بشكل لا لبس فيه فيما لو كان الزمن يجري أم لا »[٤] . ولكـــن في نهاية الأمر ما هو مقدار الحقيقة التي يمكن أن تُسند إلى ظاهرة لا يمكن بيانها تجريبـــياً ؟ بل أكثر من ذلك في الواقع ، حيث أننا لا نعرف أيضاً كيف نقوم بإثبات ذلك تجريبياً ، فإذا كان الجهاز والمختبر والمجرب والفنيون والإنسانية بشكل عام وأخيراً الكون برمته مقيدون بشكل واضح بالجريان الذي لا يمكن الإفلات منه ، فكيف يمكن لأي جـــزء مـــن الكـــون أن « يُوقف أثناء جريان الزمن » لكي يتم رصد وتسجيل الجريان الذي يحدث في أجزائه الأخرى ؟ إن ذلك شبيه بالادعاء أن كل الكون يتحرك

في الفضـــاء بســـرعة واحدة ، أو لجعل التشبيه أقرب فإن ذلك يشبه الزعم بأن المكان يتحرك ضمن المكان !! كيف يمكن اختبار هذا الادعاء ؟ وبأي طريقة ؟

افـــترض أنـــك قابلت مخلوقاً أجنبياً وقد زعم أنه ليس لديه أي فكرة عمَّا تعني بقولك « جريان الزمن » فكيف يمكنك أن تشرح له ذلك ؟ ماذا يمكنك أن تقول له كـــي تقنعه بحقيقة ذلك ؟ حسناً ، يمكن أن تصد الهجوم بقولك أن تجربة عبور الزمن هـــي مركـــبة ضرورية للوعي ، أي أن كائناً لا يملك أي مفهوم حول عبور الزمن لن يكـــون كائناً حقيقياً واعياً مثلنا على الإطلاق ولا يمكن لذلك الكائن أن يتحاور معنا بمنطق معقول .

حقـــاً إن معظـــم اهتمامات الإنسان تتحول إلى عبور للزمن : آمالنا ومخاوفنا وحنينـــنا وأشواقنا وإحساسنا بالمصير النهائي . إن إنجازات البشرية بدءاً من الأعمال العظـــيم في الدين والأدب ونزولاً إلى التفاصيل اليومية لحياتنا هي مقاومة استحدثت وكرســـت لـــنهر الزمن ، ومازالت تلك هي المفاهيم الذاتية والعاطفية لزوايا الحياة ، وعـــندما يتعلق الأمر بالخصائص الموضوعية الحقيقية للعالم سيصبح الرجوع إلى جريان الزمن غير ضروري . في الحقيقة يمكننا أن نعكس الأدوار مع ذلك المخلوق الأجنبي ، صـــحيح أننا نجد من المناسب استخدام مصطلح التدفق (Flux) للزمن عندما نبحث الأحداث في العالم الموضوعي ، ولكنه ليس من الضروري أن نقوم بذلك .

دعـــني أعطي مثالاً عن كيفية قيامنا بتطهير لغتنا من الحديث عن تدفق الزمن . يُعتـــبر مراقـــبو الأرصـــاد الجويـــة من أكثر الأشخاص الذين اعتادوا على استخدام المصـــطلحات التي تتعلق بجريان الزمن ، ومن الأمثلة النموذجية على ذلك قولهم : « سيكون الصيف القادم أكثر حرارة » أو « سيتوقف هطول الأمطار بحلول يوم الثلاثاء القـــادم » . يمكن أن تكون هذه الممارسات قد نجمت عن حقيقة أن الأنظمة المناخية تجـــري عـــبر العـــالم كما أنها تتغير مع الزمن في مواقع ثابتة ، لذلك يكون هناك ميل للانزلاق دون وعي بين المرجعين لكي نصل إى الحركة في المكان والحركة في الزمان ، أو حتى لترك الأشياء غامضة ليتم دراستها . إن عبارة : « هناك طقس عاصف شيئاً ما قـــادم إلينا » قد تعني أي شيء من هذا القبيل : « الطقس العاصف يتحرك قادماً إلينا من الجنوب » أو « الطقس العاصف غالباً ما سيصل إلى المدينة غداً » .

لننظر إلى إحدى عبارات التدفق مثل : « فقط يوم الخميس الماضي تنبأ مكتب الأرصاد الجوية بأن الطقس يوم السبت قد يكون لطيفاً ، ولكن عندما جاء يوم السبت تزايد هطول الأمطار و لم تنقشع الغيوم قبل صباح يوم الأحد حيث أصبح الجو عندها لطيفاً وسطعت الشمس وانتهى الطقس السيء » . على الرغم من أن ذلك الوصف الرسمي لتتابع الأحداث ينقل إلينا المعلومات الضرورية بشكل جميل ، فإن نفس هذه المعلومات الضرورية أُعطيت في النشرة الرسمية التالية للأحداث : « الخميس : أصدر مكتب الأرصاد الجوية تنبؤاته عن الطقس متوقّعاً أن يكون الطقس لطيفاً يوم السبت . الجمعة : يكون الطقس ماطراً ، السبت : تزداد غزارة الأمطار ، الأحد : يكون الطقس مشمساً » . لاحظ أنني استخدمتُ الزمن الحاضر خلال ذلك كطريقة مناسبة لربط التواريخ بالأحوال الجوية . في الحقيقة ليس هناك فعل ضروري تماماً للتعبير عن ذلك الارتباط ، فيمكننا ببساطة عن طريق تفحص الأيام في الروزنامة أن لب القضية في هذه الرسالة يكمن أننا نحصل من هذا التقرير المهذب على نفس ما نحصله من التقرير الأول ، ولكن في الطريقة الثانية لاشيء يحدث ويتغير ؛ ليس هناك أيام " تظهر " و " تحضر " معها طقساً جيداً .

(١٢-٣) هل يطير سهم الزمن ؟

العديد من الناس يخلطون بين جريان الزمن وسهم الزمن ، وهذا متوقع حسب التشبيه المعطى ، فالأسهم في النهاية تطير كما يُفترض أن يفعل ذلك الزمن ، ولكن الأسهم تستخدم أحياناً كمؤشرات ساكنة مثل سهم إبرة البوصلة الذي يشير نحو الشمال ، أو سهم مروحة قياس سرعة الريح الذي يشير إلى اتجاهها ، وتستخدم الأسهم كمنطق معقول فيما يخص الزمن . في الفصل التاسع استعرضتُ المحاولات المتخبطة التي قام بها الفيزيائيون ليثبتوا سهم الزمن ، حيث أن النوعية التي يحددها ذلك السهم ليست **تدفق الزمن** (Flux of time) بل هي عدم تناظر أو انكفاء (عدم توازن) العالم في الزمن ، أو التمييز بين اتجاهات الماضي والمستقبل ضمن الزمن .

لا ينبغي للزمن أن يجري من الماضي إلى المستقبل لكي يتجلّى أمامنا اللاتناظر في الزمن ، ولمعرفة السبب تخيل شريطاً سينمائياً لعملية غير عكوسة نموذجية مثل بيضة

تسقط على الأرض وتنكسر . لنفترض أنه تم قص الصور الثابتة والمتتابعة من شريط الفيلم وخلطها مع بعضها . سيواجه معظم الأشخاص صعوبة في إعادة ترتيبها الأصلي وتكون هذه المهمة مصحوبة بشيء من الضجر أيضاً ولكن في النهاية سيتم لنا ذلك . أثناء عملية الترتيب سنتوهم بالطبع أن صور البيض السليم ستكون في المقدمة وصور القشور المكسورة ستكون قريبة من المؤخرة . إن عدم التناظر في التعاقب واضح جليّ، فعندما نتأمل في الأمر نجد أنه ليس من الضروري في الواقع أن نعرض الفيلم ثانيةً حتى نشاهد ترتيب الأحداث ثم نتبيّن سهم الزمن لكي نستطيع القيام بعملية ترتيب الصور، فهذا السهم معروف الاتجاه من الخاصة البنيوية لصور العملية . وهكذا فإن السهم أو عدم التناظر يصبح لهما معنى إذا تم وضع الصور وراء بعضها البعض وكأنها وضعت بالتتابع الواحدة تلوَ الأخرى ثانيةً وتم عرضها مرة أخرى على جهاز العرض .

أبدو مخطئاً قبل أي شخص إن حاولت تكريس دمج جريان الزمن مع سهم الزمن . في الفصول السابقة تحدثت دون حرج عن الزمن الذي يجري بسرعة في الفضاء أو عن الزمن الذي « يجري بالعكس » في جزء آخر من العالم ، وقد كان ذلك من أجل الانسجام الشكلي فقط . إن عبارة « الزمن يجري أسرع في الفضاء » تعني بالفعل أن المدة الفاصلة بين حدثين إذا ما قيست بواسطة ساعة في الفضاء تكون أكبر بقليل من المدة الفاصلة بين هذين الحدثين إذا ما قيست بواسطة ساعة على الأرض ، وعلى هذا فإن الموضوع الجوهري هو فترة الزمن الفاصلة بين الحدثين ، وليس هناك شيء من قبيل حركة زمنية خرافية يتسارع من خلالها العالم بين حدث وآخر . وعلى نفس هذا المنوال فإن عبارة « **الزمن يجري بالعكس** » تعني ببساطة أن **سهم الزمن قد انعكس** .

بالطبع إن وجود سهم الزمن لا يستثني جريان الزمن ، ولكن منطقياً إذا جرى الزمن فلا يتطلب أن يكون جريانه بالاتجاه الذي يشير إليه السهم ، فالزمن يمكن أن يجري من المستقبل إلى الماضي وقد يُشاهد المراقب عندئذ الأحداث تسير بالعكس بالنسبة لرؤيتنا المعتادة للعالم . من ناحية أخرى فإذا كانَ جريان الزمن واضحاً في عقولنا تماماً فمن المرجح أن يتطابق اتجاهه مع سهم الزمن لأن السهم يحدد وجهة العملية الترموديناميكية في الدماغ ، وإذا كان الأمر كذلك فالقول بأن « الزمن يجري

بـــالعكس » عندما ينعكس السهم هو في الحقيقة صحيح إذا كنا نعني بهذه العبارة أن الزمن " يبدو " أنه يجري بالعكس .

إن الورطـــة اللغوية تفاقمت باستخدام كلمات مثل " الماضي " و " المستقبل " والـــتي هـــي أيضاً ثنائية المعنى كما ذكرت في الفصل التاسع . لقد هدم (آينشتاين) المجموعـــات المطلقـــة للماضـــي والحاضر والمستقبل ، ولكن الماضي والمستقبل مازالا يحـــتفظان ببعض المعاني الفيزيائية في النسبية العامة ، فمثلاً مازال من الممكن القول بأن حدثـــاً ما وقع متأخراً عن الآخر وبالتالي فإن الحدث (A) يمكن أن يكون في مستقبل (B) ، وهذه العبارة لا تعني شيئاً في الواقع بالنسبة للحدثين (A) و (B) عندما يحدثان . إن العلاقـــة الزمنـــية بين (A) و (B) هي خاصية عديمة الزمن وغير متصلة بالحاضر " الآن " أو باللحظة الزمنية التي يقرر فيها كائن بشري معين أن " الآن " لها علاقة بـــ : (A) و (B) . كمـــا ركزتُ في الفصل التاسع فإنه يمكننا القول بأن سهم الزمن يشير (اصـــطلاحاً) إلى اتجاه المستقبل دون أن يستدعي ذلك وجود منطقة من الزمن تدل عـــلى المستقبل ، ولا ينبغي أن يعني ذلك أكثر مما يعنيه سهم البوصلة الذي يشير إلى الشـــمال محدداً بذلك اتجاه وجود منطقة معينة هي الشمال . وبعبارة أخرى فإن سهم الزمن وسهم البوصلة يشيران إلى اتجاه في الزمن واتجاه في الفضاء على الترتيب .

(١٢-٤) لماذا الآن ؟

مكتبة
t.me/soramnqraa

« **لماذا لا نعيش في حقبة جورج الثالث ؟** » .

(ج. ماكتاجارت)

لـــيس التدفق الزمني هو الذي يحيّرنا فحسب ، بل إن عبور الزمن غالباً ما يُنظر إلـــيه على أنه مدى تقدم " **الآن** " خلال الزمن ، ويمكننا أن نتصور أن البُعد الزمني قد امتط وكأنه خط القدر وأن هناك لحظة معينة " **الآن** " تفردت على شكل نقطة مضيئة ، وبمـــرور الزمن فإن الضوء يتحرك بثبات على خط الزمن نحو المستقبل . ولا حاجة للقـــول أن الفيزيائـــيون لن يجدوا شيئاً من هذا القبيل في العالم الموضوعي ، لا نقطة مضيئة ولا حاضر متميز ولا سفر عبر خط الزمن .

ولكن أين ذهبت " **الآن** " ؟ لقد صُدِمْتُ بشدة في طفولتي عندما أخبرتني أمي

أنني لم أكن لأبصر النور في هذه الدنيا لو أنها لم تقابل والدي ، بالطبع كان يمكنها أن تلـد طفلاً في عام ١٩٤٦ ولكنه لن يكون أنا ، بل سيكون شخصاً آخر . ماذا بعد ؟ إحساسي الطفولي بأنها صادقة قادني إلى الافتراض بأنه كان من الممكن أن أولد في حقبة أخرى لوالدين آخرين ، ولكن متى ؟ استلقيت يقظاً تلك الليلة وأنا أتأمل ذلك ، لماذا أعيش أنا " **الآن** " بدلاً من أن أكون في أي حقبة أخرى من التاريخ ، حيث قد أجد نفسي بسهولة أعيش في العصر الروماني أو في القرن الخامس عشر . إذا افترضنا أنني يجب أن أُخلق ، فما استغرب له بذهول هو : ما الذي يحدد متى أخلق ؟ بالنسبة لي فإن " الآن " تعني : أن أكون حياً أعيش تجربة هذا العالم . حسناً فلماذا القرن العشرين هو الآن ؟ بعبارة أخرى لماذا " **الآن** " هي " **الآن** " ؟ هل هناك شيء محدد حول هذه " **الآن** " - التي تخصني - إذا ما قورنت بـ « **الآنات** » الأخريات مثل " **الآنات** " العائدة للقرن الخامس عشر ، وهل ستكون هموم القرن الخامس والعشرون مقلقة ومحيِّرة فيما يخص (**آناتهم**) أيضاً .

[إلا إذا لم يكن هناك أحد عندئذ]

حسناً ، هل يمكن لهذا أن يفسر لماذا أنا أعيش الآن ... لأنني لن استطيع العيش عندئذ ؟ أو إذا شئت أن نقلب المناقشة رأساً على عقب : هل تستدعي حقيقة أنني أعيش الآن شيئاً غير سار فيما يخص الجنس البشري في القرن الخامس والعشرين ؟

الفيزيائي والفلكي البريطاني (براندون كارتر) الذي يعيش في فرنسا لديه رأي يريد أن يقوله في هذا الصدد ، علماً بأن (كارتر) اشتهر بين زملائه باهتمامه الخاص بالثقوب السوداء ، وكثيرون آخرون يعرفون اسمه من خلال ما يسمى : « **المبدأ البشري** Anthropic principle » ، ويتلخص هذا المبدأ ببساطة بأن العالم الذي نراه حولنا لا يمكن أن يظهر وكأنه يحظر الكائنات الواعية ، وبالنظر إلى أننا هنا بكامل الوعي فليس من المفاجئ أن نراقب العالم الذي يتجانس مع وجودنا حيث أنه من الصعب أن يكون غير ذلك . ضمن هذا الإطار المحدود فإن المبدأ البشري يعتبر تافهاً ولكنه يكون أكثر أهمية عندما نلاحظ بوضوح أن بعض الأمثلة التي ندرسها لن تكون نموذجية تمثل الكل ، فمثلاً من الصعب اعتبار موقعنا في الفضاء **نموذجياً**(*) فمعظم

(*) المقصود بكلمة « نموذجي » هنا (Typical) هي أن تكون الحالة نموذجاً لحالات أخرى أي مكررة وموجودة كثيراً ، فوجودنا في الكون ليس نموذجياً تماماً ، بل إنه حالة خاصة نادرة (المترجم) .

الكـــون إما خلاء أو غاز مخلخل ، إلا أننا نعيش على سطح كوكب صلب ، وكذلك فإن معظم الكواكب تكون باردة جداً أو حارة جداً ولكن كوكبنا متوازن ومعتدل ، وليس هناك شيء غامض بهذا الخصوص فوجود المتعضيات الحية الواعية يتطلب ظروفاً خاصـــة مثل كوكب صلب في درجة حرارة مناسبة ، إذ أنه لا يمكن أن نتطور بعنف في مختلف لاتجاهات . قد تكون شمسنا أو مجرة درب التبانة ذات وضع خاص (مع أنه لا يوجـــد دلـــيل حسّي على ذلك) وإن كان الأمر كذلك فإنه سيعطي تفسيراً عن سبب وجودنا في هذا الجزء من الكون بدلاً من أي عالم آخر .

بقـــي خطوة صغيرة للاقتناع بأن **موقعنا** في الكون **غير نموذجي** (غير مكرر) نصـــل إلى نفس الاستنتاج حول موقعنا في الزمن . هل نحن نعيش في هذه الحقبة بدلاً مـــن العـــيش في حقبة أخرى لأن الحياة قد تكون مستحيلة في حقب أخرى ؟ العالم الفيزيائي والفلكي الأميركي (روبرت ديك) أشار قبل عدة سنوات أن الحياة (على الأقل في شكلها الذي نعرفه) تتطلب عناصر أساسية تعتبر مفاتيح الحياة مثل الكربون، ومن غير المرجح أن تكون تلك العناصر قد وُجدت بعد الانفجار العظيم مباشرة[٥] ، فالكـــربون لم يكن موجوداً منذ البداية ولكن تم تشكيله داخل النجوم حيث تستطيع تلـــك النجوم أن تفرغ محتوياتها من الكربون ثانيةً في الفضاء بطرق متعددة أوضحُها وأشهرُها إنفجارات **المستعرات الفائقة** (Super nova) وبالتالي فإن الكربون يتجدد باستمرار في الأجيال المتعاقبة من النجوم والكواكب ، وقد توقع (ديك) أن يمر على الأقل الزمن اللازم لجيل من النجوم لكي يعيش ويموت قبل أن تبدأ الحياة البيولوجية . من ناحية أخرى وبعد مرور عدة أجيال نجمية فإنه سوف يندر وجود النجوم ويصبح بالتالي وجود المنظومات الكواكبية المستقرة مثل منظومتنا الشمسية شيئاً من الماضي ، وســـيتبع ذلـــك أن **وجودنـــا** في هذه الحقبة (حوالي جيلين أو ثلاثة أجيال نجمية في المسرحية الكونية الهائلة) هو نموذجي تقريباً ، وذلك ليس مفاجئاً أو مستغرباً .

في الاجتماع المشهور للجمعية الملكية في (لندن) عام ١٩٨٣ طرح (براندون كارتـــر) السؤال الهام : « **لماذا الآن** » ؟ فقدم بهذه الأطروحة الدراماتيكية (ولكنها برأي العديد سخيفة) خطوة أخرى نحو الأمام . قال (كارتر) : تخيّل جميع الكائنات البشرية التي عاشت وسوف تعيش ، فإذا بقيت البشرية على متاعبها وازدهرت ونمت لآلاف أو حـــتى ملايين السنين فإن جميع الناس تقريباً الذين عاشوا ويعيشون ، سوف

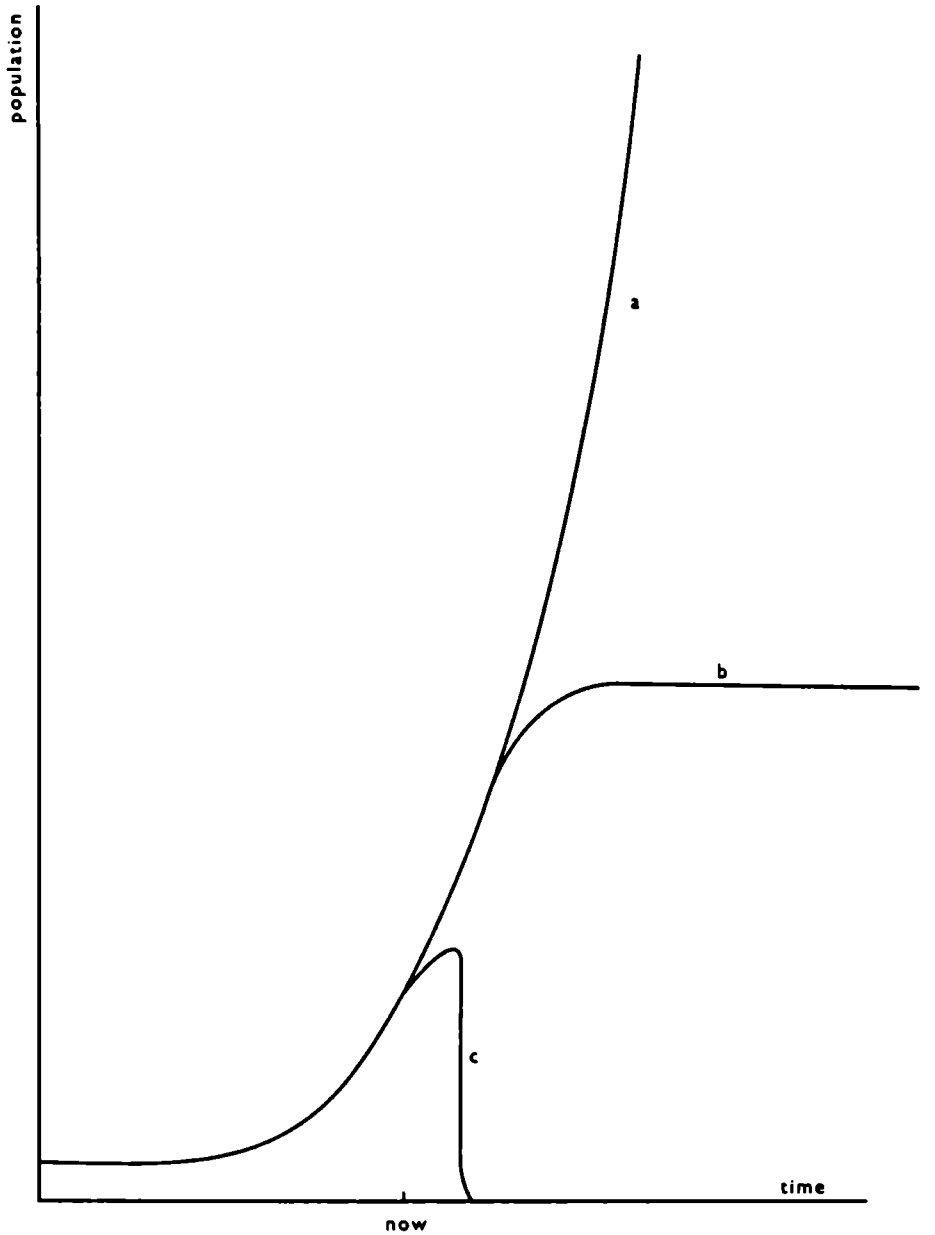
يعيشـــون لمـــدة طويلة في مستقبلنا ، لذلك فقد نكون " **نحن** " أناساً **غير نموذجيين**(*) بالمـــرَّة على النحو الذي نعيشه في أواخر القرن العشرين . ولكن ما هو السبب الذي بحوزتـــنا بحيث يجعلنا نفترض نحن معشر أواخر اقرن العشرين (ونحن لسنا سوى عينة بشرية عشوائية تماماً من هذا المتسع الهائل من البشر عبر التاريخ) بأننا في وضع خاص ممـــيز ؟ لا يوجد في الواقع أي سبب لذلك الافتراض ، إذاً : فإن الافتراض الذي يقول بأن البشرية ستزدهر وتنمو لفترة طويلة مشكوك به ، وإن كنا لابد أن نكون نموذجيين فإن مصير البشرية المقدَّر والمحتوم هو الهلاك والاندثار الوشيك .

ربما لأن هذه الرؤيا التنبؤية انطلقت بلهجة خافتة وعابثة كما أذكر وبمنـــزلقات غـــير ظاهـــرة للعيان ، فهي لم تلاقي آذاناً صاغيةً في حينه . (كارتر) نفسه لم يدعم هذه المناقشة بل إنه شعر أن المفكرين الآخرين قد يفعلون خيراً إذا هم انقلبوا عليها .

إن التحدي الجريء الذي وضعه (كارتر) بسؤاله : « **لماذا أنا أعيش الآن** » حمل لي الضيق أيضاً في طفولتي الحائرة . انظر إلى المنحنيات الثلاثة المبينة على الشكل (١٢-١) حيث تعطي ثلاثة سيناريوهات محتملة لمستقبل الجنس البشري اعتماداً على توقعـــات محـــتملة لـــنمو السكان . في المنحني (a) يبدأ عدد البشر بالتزايد الكبير في المستقبل البعيد ، ومن الصعب أن يتم ذلك دون استعمار سريع لكواكب أخرى . في المـــنحني (b) يتزايد سكان الأرض بسرعة ثم يستقرون ربما عند عشرين بليون . أما في المنحني (c) فيبلغ المنحني ذروته عند قيمة ليست أعلى بكثير من القيمة الحالية ثم يتجه نحـــو الأسفل بحدة . يظهر موضعنا التقريبي " **الآن** " عند كل منحني في منطقة تتطابق مع التزايد الحاد في السكان المميز في القرن العشرين ، ومن المهم الإشارة إلى أنه بسبب هذا التسارع في النمو السكاني فإن حوالي ١٠% من كل الناس الذي خُلقوا حتى الآن هم الذين يعيشون في عصرنا هذا .

من الواضح من نظرة واحدة أن احتمال التوافق بشكل صحيح مع هذا الانحدار الحـــاد مستبعد وشاذ في كلا المنحنيين (a) و (b) ولكنه عادي ومقبول في المنحني (c) وهـــذا ما يؤيد أن (c) قد يكون هو التوزع السكاني الأقرب للحقيقة وهو يتنبأ أن لا تكـــون الذروة بعيدة عن " الآن " فهي قريبة وليست في المستقبل البعيد جداً ، حيث

(*) حيث أن كلمة « نموذجي » تعني « مكرر » فإن كلمة « غير نموذجي » تعني « خاص » . (المترجم)



الشـــكل (١٢-١) : هـــل النهاية قريبة ؟ تبين المنحنيات ثلاثة احتمالات مستقبلية لنمو السكان البشري . إن المظهـــر المشترك هو التزايد الحاد للسكان في القرن العشرين . إن وجودنا في هذا الوقت شاذ ومتزامن ما عدا حالة المنحني (c) حيث سرعان ما ينهزم التصاعد السكاني ربما بكارثة طبيعية مفاجئة !!

يتبعها بعد ذلك الهلاك والاندثار الفجائي القاسي للسكان الذي يمكن أن يتم بعدة طرق مثل حرب نووية ، أمراض فتاكة ، كوارث بيئية ، أو اصطدامات نجمية وإلى ما هنالك .

معظم الناس يستهجنون مناقشة (كارتر) ويرمونها جانباً بازدراء ، كيف يكون باستطاعتنا التنبؤ بمستقبل الكائنات البشرية الحرة من المنحنيات التخيلية والمناقشات حول الاحتمالية ؟ إن تلك الكائنات المستقبلية لا تكون حتى قد وُجدت بعد . كيف يمكن أن نرصد مشاهداتهم (أي " **آنات** " القرن الخامس والعشرين) – أو لربما عدم مشاهداتهم – على نفس أرضية مشاهداتنا الآن ، أي " **آننا** " نحن ؟ في النهاية نحن موجودون فعلاً الآن ولكنهم لم يوجدوا بعد ، أليس كذلك ؟

أي واحد قرأ الفصل الثاني بتمعن سيعلم أن هذا اعتراض واهي فقد لهث (آينشتاين) وراء فكرة الكون " **الآن** " وفتح الطريق نحو « **الزمن الجامد** » الذي تتساوى فيه كل أحداث الماضي والحاضر والمستقبل . إن الكائنات البشرية في القرن الخامس والعشرون بالنسبة للفيزيائيين هي " **هناك** " ، (أوليست " **هناك** " إذا كان المنحني (c) في الشكل (١٢-١) هو التنبؤ الصحيح) ، إنهم " **هناك** " في المستقبل .

بينما كان (كارتر) خجولاً في طرحه لموضوع نهاية الكون إلى درجة أنه حذفه من الطبعة المراجَعة لمحاضرته[٦] ، فقد كان الفيلسوف الكندي (جون ليسلي) أكثر جرأةً ، حيث أنه تناول هذا الموضوع بتركيز أكبر[٧] . لقد شبَّه (ليسلي) الجمع الهائل لكافة البشر الذين عاشوا وسيعيشون في هذا العالم بمجموعة هائلة من الفيش (مفردها فيشة) تقبع في وعاء تخيلي هائل يجمع هذا الكم الهائل المتراكم من رموز البشر ، حيث ستجد فيه (فيشة) لكل واحد منا مهورة باسمه . تمتد يد القدر الطويلة إلى داخل الوعاء لتسحب فيشة بعد أخرى ، وهكذا يتم استدعاء الشخص الموافق لها إلى الحياة . نحن نعلم أن خمسين بليون فيشة قد سُحبت حتى الآن (هناك حوالي خمسة بلايين شخص على قيد الحياة الآن) . بناءً على الأدلة المتوفرة لدينا هل نستطيع أن نستنتج شيئاً ما حول عدد الفيش الباقية في الوعاء ؟ (كارتر) و (ليسلي) أجابا بنعم ، وزعما بأنه من غير المرجح أن يكون العدد المتبقي أكبر بكثير من العدد الإجمالي المسحوب حتى الآن .

لمعرفة الحجة في ذلك دعنا نراقب ونحصي الحجم اليومي لمحتويات الوعاء ونقوم بتجربة بسيطة وعملية . نفترض أنك أعطيت الوعاء وتم إبلاغك بأن هناك احتمالين : (آ) الوعاء يحتوي على عشر فيش (وجهة نظر كارتر في نهاية الكون) و (ب) الوعاء يحتوي على ألف فيشة ، وأنت لا تعلم أي الحالتين هي الفعلية ولكنك أُخبرت بأنه في أي من الحالتين سيكون اسمك موجوداً في واحدة منها ومهوراً على فيشة واحدة وفقط واحدة ، ثم طُلب منك أن تراهن على أحد الحالتين (آ) أم (ب) . في غياب أي معلومات إضافية سيكون الموضوع تخمينياً بحتاً لدى أي شخص ، ولنفترض أنك ارتبت في (آ) واخترت (ب) ثم بدأت سحب الفيش الواحدة تلو الأخرى . وبعد ثلاثة فيش ظهرت فيشة تحمل اسمك . هنا سُئلت فيما لو كنت تريد مراجعة تخميناتك ، فوافقت ولم تتردد طبعاً ، لقد راهنت في السابق على أن الوعاء يحوي ألف فيشة ولديك الآن معلومة إضافية هي أن فيشتك كانت بعد ثلاثة فقط ، وهذا يحدث غالباً إذا كان في الوعاء عشرة فيش فقط بدلاً من ألف ، وعلى ضوء هذا الدليل تنطبق القاعدة الرياضية المعروفة التي تسمى : « **قاعدة بايز** » لحساب الاحتمالات المرجحة في الرهان ، في الأرقام المذكورة أعلاه تقودنا القاعدة إلى أن الاحتمال (آ) هو الأرجح وتبلغ نسبته $\frac{2}{3}$ أي أنه يزيد بمرتين عن الاحتمال (ب) .

قاعدة (بايز) هي تكنيك معروف لتقدير نسب الاحتمالات المختلفة عندما تكون المعطيات المتوفرة لدينا محدودة ، ويعتقد (ليسلي) أنه يمكن تطبيقها على حالة وعاء فيش البشر العظيم باستخدام الدليل على أن أسماءنا سُحبت بشكل مبكر نسبياً ، وبالتالي فإنه يمكننا أن نستنتج منطقياً بأن (كارتر) على حق وأن النهاية قريبة .

لقد تم تدعيم هذه المناقشة عن نهاية الكون من محور آخر غير عادي ، فقد تساءل (كارتر) : أليس شاذاً أن " **الآن** " تحدث في منتصف عمر الشمس ؟ ولو أن تطور الكون كان أبطأ قليلاً لما حدث ذلك أبداً . نحن نعلم أن الشمس تحترق بمعدل ثابت منذ عدة بلايين من السنين ، وقد تكون الحياة قد ظهرت على وجه الأرض وتقدمت قليلاً ثم انطفأت بعد ذلك جذوتها بسبب مرض الموت الذي عانى منه نجمنا وقبل أن يعي ذلك أي من الكائنات الواعية . لا يبدو أن هناك أي رابطة فيزيائية بين عمر الشمس والسلم الزمني للتطور لأن عمليات التطور البيولوجية تميل إلى المصادفة

بشكل كبير وليس لديها ارتباط واضح بالعمليات التي تحدد مدى سرعة احتراق الشمس وعمرها ، وهكذا فالحقيقة التي تقول أن تلك الحقب الطوية تتحول وتتغير ضمن عامل يبلغ (اثنين) تقريباً ، يتخللها شك كبير .

لقد فسّر (كارتر) « التطابق » الذي يتآزر فيه هذين السلّمين من الزمن (اللذين يبدوان مستقلين) مستخدماً مناقشة غريبة ، فقد قال أنه يجب أن يكون احتمال وجود كائنات ذكية مثلنا قليل جداً ، بل إنه بعيد الاحتمال حيث من المتوقع أن يلزم وقت طويل جداً لكي تتطور ، وهذا لا يعني أنها لا تستطيع الظهور سريعاً (وذلك واضح لأنها ظهرت) لأن عملية نادرة عشوائية يمكن دوماً أن تحدث بشكل سريع بالمصادفة حسب الأفضليات ، ولكن غالباً ما ستتأثر تلك الأفضليات عاجلاً أم آجلاً لتسمح لأقصى فترة من الزمن بالمرور من أجل تحقيق التعاقب النادر للحوادث مهما كانت .

ولتوضيح هذه النقطة دعني أعطي مثالاً رهانياً آخر : افترض أنه طُلب منك أن تُلقي ثلاثة أحجار نرد حتى تحصل على الوجه (واحد) في الأحجار الثلاثة ، وفي مرحلة لاحقة أن تحصل على الوجه (اثنين) للأحجار الثلاثة ، وفي مرحلة أخيرة أن تحصل على الوجه (ثلاثة) في الأحجار الثلاثة أيضاً . هذه الثلاثيات البعيدة الاحتمال تتوافق إلى حد ما مع تطور الجنس البشري (أي مع انبعاث الوعي) . لنفترض أن عدد الرميات الإجمالي المسموح لك هو خمسين رمية ، بالتأكيد إن الرياح لن تجري بما تشتهي السفن ، فأنت لن تحصل على ما تبتغي بسهولة بل من المرجح أن مرحلة الثلاثة (ثلاثات) ستحدث في نهاية التجربة وليس في بدايتها لكي يُسمح لعدد أكبر من الرميات للحصول على المرحلتين الأوليتين أولاً مقابل كل الأفضليات ، ولمعرفة السبب لاحظ أن فرص الحصول على ثلاثة أوجه (واحد) وثلاثة أوجه (اثنين) وثلاثة أوجه (ثلاثة) في أول ثلاث رميات مستبعدة تماماً ، واحتمال حدوث ذلك أقل بكثير فيما لو استعملنا الخمسين رمية فقط في محاولاتنا .

باستخدام أفكار أحجار النرد هذه في سياق التطور والنمو الإنساني ، نجد أنه إذا كان هناك (n) خطوة غير مرجحة وحاصلة في تطورنا ، فكلما كان (n) كبيراً(*)

(*) أي كلما ازداد حدوث الاحتمالات المستبعدة باعتبار (n) ترمز إلى عدد الاحتمالات المستبعدة الحاصلة (المترجم) .

فسيكون من المحتمل أن نكون أقرب إلى « نهاية التجربة » أي إلى نهاية الكون . الآن ، قد يزعم بعض البيولوجيون أن (n) هي واحد أو اثنين ، فإذا كان ذلك صحيحاً فإنه سيكون هناك مبرِّر مقنع لوجهة النظر الغريبة التي تقول بأن الحقبة التي وُجد فيها الجنس البشري ستتحول (كي تتجانس مع العامل : 2) ليكون لها نفس عمر الشمس الكلي . من ناحية أخرى يمكنك أن تتجاهل تطابق الشمس مع سلَّم الزمن وتعكس المناقشة رأساً على عقب حيث سيؤدي ذلك إلى جعل (n) كبيرة جداً . في الواقع إن معظم البيولوجيون يعتقدون أن (n) كبيرة جداً أي أن هناك عدد كبير جداً من الحوادث العظيمة البعيدة الاحتمال التي يمكن أن تتجمع لتؤلف حكمة إنسانية ، فإذا كانوا على حق فقد نكون فعلاً قريبون جداً من نهاية الكون . لقد كان (كارتر) قادراً على تقديم صيغة بارعة معتمداً على نظرية احتمالات بسيطة لإعطاء تقدير للمدة التي يمكن أن يعيشها هذا الكون ، ولحساب الزمن المتبقي لذلك ، نُقسم عمر الشمس المتبقي (ولنقل أنه حوالي ثمانية بلايين سنة) على (n+1) ، فإن كانت (n) مليون فلن يكون بمقدورنا أن نتوقع أكثر من حوالي ثمانية آلاف سنة لكي يمَّحي الكون بعدها بوسيلة أو بأخرى . من أجل قائمة أخرى من الاحتمالات المرعبة يمكنك الرجوع إلى **كتابي : « الدقائق الثلاث الأخيرة »** .

إذا اقتنعت بوجهة نظر (كارتر) فلا داعي لأن تقلق بسبب أنك إنسان تعيش الآن بدلاً من أن تكون كائناً أخضر يعيش في مجرة المرأة المسلسلة بعد مائة بليون سنة من الآن ، حيث من المصادفات أنه لن يوجد هناك مثل هؤلاء الكائنات الخضراء أو أي كائنات أخرى . وعلى الرغم من إن إمكانية وجود حياة دنيا في مكان آخر تبقى مفتوحة ، ولكن المرجح أن الحياة الذكية محصورة تماماً في الأرض وفي هذه الحقبة بالذات التي تقدم فرصة متفردة وبعيدة الاحتمال في الزمان والمكان ، والتي كان من الصعوبة بمكان أن نشغلها برمية من غير رامٍ .

والآن ... إلى موضوع آخر مختلف تماماً .

الفصل الثالث عشر

تجـارب عـلـى الزمـن

« يسـافر الـزمن في أماكن كثيرة ومع أشخاص كثيرين ، سأخبرك كذلك أيضـاً مع من يمشي الزمن ، ومع من يهرول ، وكذلك مع من يعدو ، ومع من يتوقف !! » .

(وليم شكسبير)

١٣-١ كم يستمر الحاضر ؟

« لـيس هناك سبب يدعونا للتفكير بأن الزمن حتى في هذه اللحظة مستمر ومنتظم تماماً في جريانه » .

(س. بيرس) ١٨٩٠

حـتى الآن مازلت أكتب عن " **الآن** " وكأنها حرفياً لحظة من الزمن ، ولكن القـدرات البشـرية ليست بالطبع دقيقة بشكل مطلق . وبهدف التبسيط يُفترض أن الأحـداث الفيزيائـية والأحـداث العقلـية تحدثـان بتدرج وتوافق تام ضمن تيار « اللحظات الواقعية » في العالم الخارجي كما أن تيار المعرفة الواعية لها يكون متزامناً معهـا بشكل دقيق . تعتمد صناعة السينما على ظاهرة أن ما يبدو لنا أنه متحرك هو في الواقـع تتابع لصورٍ ثابتـة تمر أمام أعيننا بسرعة (25) صورة في الثانية فلا نلاحظ الفواصـل بينها . ومن الواضح أن " **الآن** " العائدة لمعرفتنا الواعية تمتد إلى : $\frac{1}{25}$ من الثانية على الأقل .

في الحقـيقة أن علماء النفس متفقون أن هذه الفترة يمكن أن تطول إلى أكثر من ذلـك ، انظـر إلى تلك (تك - تاك) المألوفة للساعة ، حسناً إن الساعة لا تـدق (تك - تاك) أبداً بل إنها تدق (تك - تك) لأن كل (تك) تصدر نفس الصوت،

إن وعينا فحسب هو الذي يعبر عن تكتين متشابهتين متتابعتين بـ (تك - تاك) ولكن فقط إذا كانت الفترة بين التكات أقل من حوالي ثلاثة ثواني . إن ساعة بندولية كبيرة تدق بشكل (توك - توك - توك) بينما تدق ساعة صغيرة مجاورة (تيك تاك - تيك تاك ...) . إن ثانيتين إلى ثلاث ثواني تبدو أنها هي الحد الأدنى للفترة اللازمة لعقولنا لكي تستوعب البيانات المنطقية القادمة وتحولها إلى تجربة متحدة مفهومة وذات منعكس حقيقي كما هو ملموس في الشعر أو الموسيقى . الشاعر (ميروسلاف هولب) أفاد في مقالته « بُعد اللحظة الحاضرة »أن ٧٣% من إجمالي القصائد الألمانية تُقرأ بصوت عالي حيث تنتهي الأبيات خلال ثانيتين أو ثلاثة ويتم ضبط الثنائيات الصوتية بشكل محكم مع سرعة وظائفنا العقلية ، أما القصائد ذات الأبيات الطويلة فإنها تقرأ مع توقفات غير واعية في وسط كل بيت ، ولا أشك في أن الشيء نفسه موجود في الشعر البريطاني ، وقد كتب (هولب) : « ضمن هذا المنطق فإن مدة (الأنا) تنتهي خلال ثلاث ثواني وكل ما عدا ذلك إما أمل أو حادثة عارضة »[1] .

من ناحية أخرى فإن الكائنات البشرية يمكنها بالتأكيد أن تنجز بعض المهمات الواعية مثل الضغط على فرامل السيارة خلال فترة زمنية أقل من هذا بكثير ، وفي نشاطات أخرى كالعزف على البيانو يتم القيام بحركات الأصابع بسرعة بالنظر إلى الإحساس العام باللحن حيث أن عازف البيانو لا يكون واعياً في إعطاء أمر منفصل لكل ضربة . ربما يكون هناك عدة " **آنات** " ذات مدد مختلفة ويعتمد ذلك على ما نفعله فحسب ، ويجب أن نواجه حقيقة أنه على الأقل في حالة البشر فإن الموضوع المتعلق بمعاناتنا في الزمن هو موضوع غير كامل ، وليس له بنية ، كما أنه معقد ومتعدد المحاور بالإضافة إلى أنه نفسي متعدد الوجوه . قد يتم اختبار الزمن بمستويات عديدة من وعينا وذلك من خلال طرق مختلفة تماماً ، وواضح أن هذه حالة استجابة الزمن ، وربما مررت بتجربة غير عميقة للقفز قبل سماعك صوت رنين الهاتف بلحظة أو لحظتين ، إن صوت الصرخة يحرض تجاوباً منعكساً من خلال النظام العصبي يكون أسرع بكثير من الزمن الذي تأخذه لخلق تجربة وعي الصوت .

من المقبول أن ننسب قدرات معينة مثل القدرة على الكلام إلى الجانب الأيسر من الدماغ ، بينما يُعزى الإحساس بالموسيقى على عمليات تحدث في الجانب الأيمن

مـــنه ، ولكن لماذا ينبغي لكلا النصفين أن يجرب أو أن يعاني من زمن شامل ؟ ثم لماذا ينـــبغي لما دون الوعي أن يستخدم نفس الساعة الفعلية التي يستخدمها الوعي ؟ يبرز أحياناً زعم بأن الأحلام تسير بسرعة عالية بالنسبة لتجارب اليقظة على الرغم من أنني أعلم أنه ليس هناك دليل تجريبي على ذلك ، على أن هناك حالات عقلية محددة تكون مرتبطة حتماً بمعدلات عبور مختلفة . (أوليفر ساك) طبيب نفسي وَصَف لي في أحد المـــرات تجربة سبح خلالها لعدة ساعات وهو مشغول الذهن ، فاعتقد أنه استغرق في الســـباحة ساعة أو ما يقاربها ولكن الذب أكد قضاءه تلك الفترة الطويلة في السباحة خـــروجه مـــنهكاً من الماء . وهكذا نجد أن العوز الحسي قد يغيِّر أيضاً بشكل صارم الانطـــباع عن الفترات الزمنية ، ويزعم بعض ممارسي رياضة اليوغا أنهم يستطيعون أن يعلقـــوا إحساســـهم بجريان الزمن برمَّته بواسطة انتزاع أنفسهم من الأحداث اليومية الدنيوية .

لقد ابتكر علماء النفس بعض الطرق العبقرية للمساعدة على فك رموز **"الآن"** البشرية . لنتأمل في كيفية عرض تلك الصور المتحركة المرتجفة مع بعضها لتتحول إلى تـــيار واعـــي مستمر وسلس حيث يُعرف ذلك بظاهرة « **الفاي phi** » . إن جوهر « **الفـــاي** » يبرز في تجارب داخل غرفة مظلمة حيث يتم إضاءة بقعتين لفترة وجيزة بشـــكل متـــتابع وسريع وتكون البقعتان في موقعين منفصلين إلى حد ما[٢] . ما يراه الشخص الخاضع للتجربة هذا المثال ليس بقعاً متتابعة بل إنه يرى بقعةً واحدة تتحرك باستمرار جيئةً وذهاباً . بالشكل النموذجي يتم إضاءة كل بقعة لمدة 150 ميللي ثانية وبفال تصل مدته إلى 50 ميللي ثانية فقط ، ومن الثابت أن الدماغ يتمكن بطريقة ما من ملء هذه الثغرة (الـــ 50 ميللي ثانية من الانقطاع) ولكن من المسلَّم به أيضاً أن هـــذا الـــتعديل الدماغي أو إن شئت « **الهلوسة** » تحدث بعد وقوع الحدث لأنه إلى الـــلحظة الـــتي يتمكن فيها الضوء الثاني من إضاءة البقعة لا يستطيع الشخص الخاضع للتجربة أن يعرف أن الضوء مبرمج له أن يتحرك ، وهذا يشير إلى أن " **الآن** " البشرية ليســـت متزامنة وفورية مع المنبه المرئي بل إنها تتأخر قليلاً عنه لكي تسمح للدماغ بأن يعيد بناء الإدراك المعقول لما كان قد حدث قبل فترة الميلليات من الثانية المنقضية .

في تعديـــل جذاب للتجربة تم تلوين البقعة الأولى باللون الأحمر والثانية باللون

الأخضـــر ، ويضع هذا التعديل الدماغ في مأزق ، فكيف سيربط بين هذين المشهدين المنفصلين - البقعة الحمراء والبقعة الخضراء - بشكل سلس ؟ بواسطة مزج اللونين مع بعضـــهما دون أي مظهـــر للانفصـــال ؟ أم بواسطة الانتظار حتى يصل المنبه المرئي الأخضـــر قبل الانقلاب الدماغي ؟ أم بوسيلة أخرى ؟ إن الشخص الذي تجرى عليه التجربة يرى أن البقعة تغير لونها فجأة في منتصف المسار التخيلي ، كما أنه يستطيع أن يشـــير بالضـــبط إلى مكان هذا التحول . هذه النتيجة تتركنا مدهوشين كيف يمكن للـــذات أن تعطي الإحساس الصحيح باللون قبل أن تضيء البقعة الخضراء ، هل هو نوع من الاستبصار ؟ كتب الفيلسوف (نيلسون جودمان) تعقيباً على هذه الظاهرة العجيبة قائلاً : « تظهر الحركة الطارئة بشكل استعراضي فقط بعد أن تحدث الومضة الثانـــية وتخـــتفي فيما وراء الزمن »[٣] . أما الفيلسوف (دانييل دانت) فقد أشار في كـــتابه « تفسير الوعي » إلى أن مفتاح تحويل اللون لا يمكن أن يتشكل في الدماغ إلا إلى مـــا بعد ظهور البقعة الخضراء . ولكن إذا كانت البقعة الخضراء أصلاً في التجربة الواعـــية ، أفلـــيس مـــتأخراً تماماً أن يتخلل المحتوى الوهمي بين التجربة الواعية للبقعة الحمراء والتجربة الواعية للبقعة الخضراء ؟.

(١٣-٢) الآن تراها ، الآن لا تراها

« لم تأتِ كلمة الزمن من السماء بل من فم الإنسان » .

(جون ويلر)

يوحي المنطق العام أنه في تجربة البقعتين ينتظر الدماغ حتى يرى البقعة الخضراء ثم يعـــود ثانـــية ويملأ المقطع الانتقالي مُرسلاً الإشارة المنقحة إلى « **الذات الواعية** » ككـــل مـــتجانس ومختصر بعد أن يكون الحدث قد تكامل و « **وقع فعلاً** » . يشير (دانيـــت) إلى هـــذا التفسير باسم « نموذج ستالينسكي) حيث يشبِّهه بنظام الرقابة الفوريـــة على المحادثات الإذاعية ، حيث يجلس الرقيب في غرفة للتحكم ويربط شبكة فرعـــية عـــلى شـــريط المتحدث ليؤخر الإرسال بضعة ثواني حتى يتمكن من حذف الألفـــاظ البذيـــئة . المشكلة هي أن الفترة الزمنية منذ بدء التجربة وحتى ظهور اللون الأخضـــر تســـتغرق حوالي 200 ميللي ثانية ، وهي فترة طويلة نسبياً وكافية لملاحظة

«الانقطاع في الفيلم» (هذا يقابل حوالي خمس صور في الشريط السينمائي الفعلي) ، ويستطيع الشخص الخاضع للتجربة أن يتجاوب بسرعة أكبر من هذه السرعة في حالة المنبهات المرئية إذا تم إعدادهم لذلك ، فمن الممكن مثلاً أن يزود الشخص الخاضع للتجربة بزر للإشارة يضغط عليه عندما يدرك أنه علم بظهور البقعة الحمراء قبل أن تظهر البقعة الخضراء ، ولذلك يصبح من الصعب تحديد كم من **الوعي** ينبغي أن يبذل « **لتحديد زمن** » تلك المدة .

يدرس (دانيت) تفسيراً آخر يطلق عليه اسم تفسير « أورفليان » . هنا يحمل الشخص الذي تجرى عليه التجربة الإدراك الواعي للبقعة الحمراء منذ البداية ثم البقعة الخضراء ، ولكن نوعاً من الرقابة الخفية تضع واحداً مع الآخر دون أن تنجح في الحصول على الاثنين معاً ، ثم تستمر في تنقيح التتابع الأصلي للأحداث مستبدلة إياه بتتابع يتضمن مساراً سلساً ، مما يستوجب مسح الذاكرة المزعجة التي تآلفت مع قطع الإضاءة ، واستبدالها بقراءة جديدة منقحة لمسار مستمر .

إذا كنت تشعر أن تفسير (أورفليان) حالمٌ جداً وخيالي ، فيمكنك الاطلاع على تجارب أخرى استعرضها (دانيت) ، ففي أحد التجارب يتم إضاءة جسم (قرص مثلاً) أمام الشخص الخاضع للتجربة لبرهة خاطفة ولكنها كافية ليتم إدراكه والإعلام عنه ، فإذا تم بعد ذلك بقليل وضع جسمٍ آخر (حلقة) بشكل يحيط تماماً بالمكان الذي كان يحتله القرص ثم تمت إضاءته ، فسيكون لذلك مفعول مسح الإدراك (أو على الأقل ذاكرة الإدراك) للجسم الأول ، وكأن الدماغ قد قرَّر عند استقباله لصورة الجسم الثاني أن يمحو صورة الجسم الأول .

يعتمد تفسير (ستالينسكي) وتفسير (أورفليان) على المفهوم العام الذي يتضمن فكرة وجود « **موقع للوعي** » أو مراقبٍ للوعي (يقبع في مكانٍ ما من دماغنا وكأنه متفرج في مسرح) يتم تغذيته بتيار منقح من الانطباعات الأحاسيسية المتكاملة مع ربط زمني بارع ، وفي إطار هذه الفكرة التي تعيد إلى الأذهان نظرية (رينيه ديكارت) **في المثنوية** «dualistic theory» في **ثنائية : دماغ/عقل** يمكنك أن ترى شيئاً ما « **يحدث** » عندما يقدم الدماغ « **لك ، أنت** » كمتفرج حصيلة جاهزة من الحدث (بعد أن يقوم بمعالجة مناسبة للبيانات) ، بهذه النظرة يمكن رسم خط محدد

في الـــزمن : هو اللحظة التي تدخل فيها بيانات الإحساس وعيك ، ويُفضل (دانيت) على سبيل المثال أن يفكر بالوعي في إطـــار ما يسمِّيه : « **نموذج المعدّلات المضاعفة** Multiple drafts Model » الذي يتضمن مجموعات من العمليات والوظائف المنقّحة التي تعمل باستمرار على مراجعة وتحديث البيانات الواردة على نحو متوازي ماسحةً أو مغطـــيةً العلاقات الزمنية نتيجة لذلك . لن تجد في هذه النظرية مسرحاً ولا عرضاً ولا مـــتفرجً ، كما لن تجد مراقباً للوعي تستطيع من خلاله أن تعرف في لحظة محددة من الـــزمن عـــن وقـــوع حادث حقيقي حدث للتو في العالم الخارجي ، وبدلاً من ذلك ستصـــبح «أنـــت» و « إدراكك لسلسلة الأحداث في تتابع زمني محدد » متشكلان ضمن هذا التجمع الحاشد لتلك التيارات العديدة المتوازية من البيانات المعالَجة .

يأخذ (دانيت) على نموذج (ستالينسكي) أن بعض أجزاء البيانات التي تحوم حـــول الدماغ فيما وراء مدى إبصارنا يمكن أن تتغير أثناء طريقها (تنقَّ وتعالَج) ثم تدخـــل في الـــنهاية ضمن نوع من دائرة مسحورة حيث نصبح واعين لها ، كما أنه يشكو بمرارة من نموذج (أورفليان) حيث تدخل البيانات إلى وعينا فقط ليتم انتزاعها ثانـــية فيما بعد مما يسبب تلاشياً للمعلومات بسرعة لا تقل عن سرعة وصولها إلينا . يـــزعم (دانيـــت) أن المعـــرفة الواعية ليست تمثيلاً للبيانات التي جرى تنقيحها إلى « **الـــذات الأســـطورية** » (**العقل**) ، بل هي المجموع الكلي لتيار البيانات المأخوذ بمجمله ، فهو يقول أنه : « لا داعي في الواقع أن يتجشَّم الدماغ عناء ملء الفراغات (وصل الخطوط المنقطة) طالما أنه ليس هناك من يراقب »[٥] .

إذا كـــان الدمـــاغ بعد كل ذلك ليس نموذجاً لجهاز إسقاط صور موضوع في حالـــة العـــرض لمتفرج (هو أنت ، الذات الواعية) ؛ عندئذ تختفي مشكلة الإسقاط بعكـــس الزمن كما عبر عنها (جودمان) وتتلاشى بمنتهى البساطة . ليس هناك شيء واضـــح بشكل قاطع في « **نظرية القوى المضاعفة** » يربط بالضرورة بين كل حدث فـــيزيائي وتصور ذهني للحدث حيث أن الشخص الذي تجرى عليه التجربة يبني روايةً عـــن العـــالم مـــن مجموعة من تيارات المعلومات (**المعدّلات**) (drafts) التي تخضع باستمرار إلى التنقيح والمراجعة أو حتى الإلغاء والسحب كلياً . كل تيار يمكن أن يقدم خطه الزمني الخاص ليتم وضعه جنباً إلى جنب مع الخط الزمني للأحداث الموضوعية ،

وغالباً ما يحدث أن أحد خطوط الزمن المعلوماتية ينعطف إلى الوراء لبضعة ميلليات من الثانية بالنسبة إلى خطوط زمن المعلوماتية الأخرى ، أو بالنسبة لـ « **الزمن الموضوعي** » الذي يتم من خلاله تنقية أكثر لعملية التنقيح الأولى وتكون النتيجة تقديم خداع إجباري لما وراء الرواية المتسلسلة والمتجانسة لمتفرج مستقل .

(١٣-٣) ملء الزمن

« لذلك يوجد لكل فرد زمن ذاتي ، زمن (الأنا) وهو زمن بحد ذاته غير قابل للقياس » .

(ألبرت آينشتاين)

يبحث (دانيت) أيضاً في تجربة يبدو الدماغ من خلالها أنه يلعب حيلاً زمنية بمعلومات ملموسة محسوسة . يلبس الشخص الذي تجرى عليه التجربة أداة ترسل طَرقات خفيفة إلى الذراع في تعاقب محدد : قليل منها إلى الرسغ ، يتبعها زوج من الطَرقات على الكوع ثم إلى الكتف بتتابع سريع . عندما يتم القيام بذلك يعطي كل شخص تقريره عن إحساسه قائلاً بأنه أحس بطَرقات متساوية مكانياً تمشي عبر الذراع مثل حيوان صغير يقفز على ذراعه ، بعبارة أخرى يحدث شعور بأن بعض الطَرقات تحدث فيما بين نقط وجودها الفعلي أي عند الساعد مثلاً . ومرة أخرى نواجه اللغز ، كيف عرف الدماغ أنه سيستقبل طَرقة كوع بعد طَرقة رسغ لكي يمكن نشوء شعور مزيف (وهمي) لطَرقة ساعد بينهما ؟ هل هذه حالة سببية عكسية ؟ يجيب (دانيت) بالنفي ، إذ أن الأمر ليس كذلك ، بل هو مثال بحث آخر عن عملية متوازية حيث يتم تنقيح الروايات المختلفة لتيار الحدث المتتابعة في الدماغ ومقارنتها ومراجعتها ثم رفضها وفي النهاية مزجها بعضها البعض لتوليد الخداع .

القول بأن هناك شيء من التكامل في تيارات البيانات المتوازية يحدث في الدماغ دوماً ؛ هو قول واضح ويتجلى من الحقيقة التي مفادها أن **الدفقات العصبية** الواردة من الأجزاء المختلفة من الجسم تصل إلى الدماغ في لحظات مختلفة ، وهذه الدفقات تنطلق ببطءٍ نسبياً ولكن بقاءها يعتمد على قدرتنا على الاستجابة بسرعة ، وفي مثل

تلـــك المهمـــات التي تتطلب التنسيق بين اليد والعين لا يملك الدماغ أن يقدم الوقت الكـــافي لكـــي تتوقف بعض الدفقات وتُحتجز في مكان ما انتظاراً لوصول الدفقات الأخـــرى لضمان تزامنها ، وتحت هذا الضغط الزمني ينبغي **على الدماغ أن « يسبق الأحـــداث »** باستمرار بحيث يبني صورة لعالم مدهش أحياناً اعتماداً على المعلومات المتقطعة الخاضعة لمراجعات مستمرة ، وقد تبرز أحياناً حاجة بيولوجية لعكس الترتيب الذي تصل من خلاله البيانات الحساسة والترتيب الزمني الذي يستدل عليه الشخص .

يمكـــن في هذا الصدد الإشارة إلى تجارب الجراحة العصبية التي قام بها (بنيامين ليبيت) من جامعة كاليفورنيا[٦] . يُترك المريض عادة واعياً خلال تلك العمليات[*] ، وقـــد مُنحَـــتْ إلى (ليبيـــت) فرصـــة زرع بعض الأقطاب الكهربائية على الأدمغة المكشوفة ، وبواسطة **حث القشرة الدماغية كهربائياً (إثارتها)** استطاع (ليبيت) أن يولّد الإحساس بوخزة على جلد اليد أيضاً ، وبذلك كان قادراً على مقارنة الفرق بين كيفية المعاناة من الوخزات الصادرة عن المريض عندما يتم حث القشرة واليدين بنفس اللحظة .

في الجزء الأول من التجربة وجد (ليبيت) أن الإحساس الفعلي للوخزة يستمر لمدة نصف ثانية بعد تطبيق المنبه سواء على اليد أم على القشرة على الرغم من أن زمن رحلة الإشارة إلى الدماغ كان لا يتجاوز (10) ميللي ثانية . أما نتائج الجزء الثاني من الـــتجربة فقـــد كانت أكثر إدهاشاً ، فقد جرّب (ليبيت) أن يستثير اليد اليسرى في نفـــس لحظة إثارة القشرة اليسرى ، وقد ولّدت الأخيرة وخزة في اليد اليمنى ، وبذلك أحـــسّ المريض بالوخزة في يديه الاثنتين وكان قادراً على الإفادة في أي منهما حصل ذلـــك أولاً . الآن يمكنك أن تفترض أن القشرة كانت أقرب على نحو ما من **« مقعد الوعـــي »** منها إلى اليد ، لذلك فإن الوخزة التي ولّدها الدماغ في اليد اليمنى يمكن أن يحس بها المريض قبل الوخزة المحثوثة على الجلد في اليد اليسرى ، ولكن الترتيب الزمني قد انعكس تماماً لقد شعر كافة المرضى بوخزة اليد اليسرى على وجه التحديد أولاً ، وحتى لو تم حث اليد بعد حث الدماغ لوقت قليل فإن الترتيب الزمني ينعكس أيضاً .

لقـــد فسّر (ليبيت) نتائج تجاربه غير المتوقعة بالادعاء أنه عندما يتم إثارة الجلد

---

[*] في مثل هذه العمليات تنـــزع قمة الجمجمة ومن ثم يكون الدماغ مكشوفاً أمام الجراح . (المترجم)

فإن الإحساس يتطلب نصف ثانية أو نحوها لاحقاً « يتم الرجوع إليها بالزمن » لمعرفة متى حدثت فعلاً ، بينما لا يوجد هناك مثل هذا الرجوع عند إثارة القشرة وهذا ما يجعل المريض يظن وكأن الجلد أثير أولاً بينما ما يحدث في الواقع هو العكس تماماً . هناك تفسير ساذج للتجربة يتلخص في أننا نصبح واعين لبعض الأحداث (على الأقل) في العالم بعد حدوثها فعلاً بحوالي نصف ثانية ، أي أن " **الآن** " الذاتية متأخرة نصف ثانية وأن العالم المدرك هو فعلاً فيلم يعاد تشغيله .

يستخلص من أعمال (ليبيت) أن تأخيراً جوهرياً يحدث عندما يتصرف الشخص الذي تجرى عليه التجربة **كمراقب سلبي**[*] ، ويبدو أن تأخيراً مشابهاً يدخل في الحسبان عندما يحدث نشاط دماغي في الاتجاه الآخر ، أي عندما يقدِّم شخص ما عملاً اختيارياً طوعياً (دون إثارة) . تستطيع الأقطاب الكهربائية المربوطة إلى فروة الرأس مراقبة الأمواج الدماغية والتحري عن الإشارات الدالة على الحدث كما في الحركات الاختيارية مثل ثني الأصبع طوعاً . وجد فريق بحث ألماني يقوده (هـ. كورنهوبر) بأن خلايا الدماغ تبدأ بإطلاق الأمر قبل حوالي ثانية أو أكثر من حدوث الحركة فيزيائياً أي وقوعها فعلاً[٧] ، وكأن الدماغ يعلم بشكل ما ماذا تريد أن تفعل قبل بضع لحظات من إقدامك على فعل ذلك !! أو على الأقل فإن الدماغ يبدأ بإنجاز المهمة قبل أن تظن أنك قد قررت القيام بها ، هذه الإشارات الدماغية التحذيرية أُطلق عليها اسم : « **كمون الجاهزية** Readiness Potential » وأول من أطلق عليها هذا الاسم هو الفيلسوف (كارل بوبر) والطبيب النفسي والعصبي (جون إكسلز) اللذان أوضحا في عودة إلى مثنوية (ديكارت) أن هذه الجاهزية تحدث من العقل غير المادي الذي يتقدم على الدماغ بطريقة ما لكي يقوم بتحضير الأمر وتجهيزه[٨] .

عند دراسة تجارب (ليبيت) و (كورنهوبر) أشار (روجر بيزوز) إلى أنه عند أخذها كما هي ودون أي تغييرات ، فإن ذلك سيفضي إلى نتيجة مروعة وصاعقة تماماً ، نحن نعلم أن الوعي ينطلق بتأخير مقداره نصف ثانية وأن الأفعال تتطلب من الدماغ أن يكون جاهزاً خلال ثانية أو أكثر ، وسيبدو وكأن الكائن البشري لا يمكن

---

[*] مراقب سلبي (Passive Observer) أي : مراقب لا يتدخل في سير الأحداث . (المترجم) .

أن يستجيب بشكل واعي لأي حدث قبل حوالي ثانيتين ، وهذا يتناقض تماماً وبالتأكيد مع تجربتنا وخبرتنا التي تقول أن الناس تستطيع أن تستجيب لأي منبه خلال بضعة أجزاء من الثانية إذا ما خضعت لذلك ، وهذا قد يعني أنك تتصرف مثل إنسان آلي تماماً عندما تقوم بتنفيذ هذه الاستجابات السريعة ، وتتخيل أنك تقوم فقط باستخدام رغبة الوعي . أم أن مفاهيمنا عن الزمن والرغبة البشرية التي أصبحت بهذا التشابك الواضح ستكون أصعب بكثير من الشكل الذي تقدمه الصورة البسيطة المذكورة آنفاً .

إن وعي الزمن يختلف عن وعي الكيفيات الفيزيائية الأخرى مثل الحجوم المكانية أو الأشكال من زوايا مهمة عديدة ، فعندما نرى شكلاً كالمربع فإن النشاط الكهربائي في دماغنا لا يتخذ شكل مربع ، فليس هناك مربع صغير داخل رؤوسنا يسقط على شاشة سينمائية موجودة في الذات لكي تراه ، بل أن هناك بدلاً من ذلك نموذج معقد جداً من النشاط الكهربائي يولّد بطريقة ما الإحساس بالمربع . بعبارة أخرى فإنه يتم تمثيل المربع بنموذج كهربائي ويجب أن لا نخلط بين نموذج التمثيل والشكل نفسه الذي تم إدراكه ، فالتمثيل ليس نفس نموذج الجسم ، على أية حال وعندما يتعلق الأمر بالزمن فإن الموضوع يصبح أكثر تعقيداً . إن فكرتنا الأولى هي أن التتابع الزمني للنبضات الكهربائية في العالم الخارجي ممثل في أدمغتنا بتطبيق التتابع الزمني للنبضات الكهربائية ويمكن أن يكون ذلك هو المكافئ الزمني للمربع الصغير في نموذج النشاط الكهربائي الذي يلاحق تتابع الأحداث " **هناك** " . لكن حقيقة أن الدماغ الذي يستقبل خليطاً من الإشارات غير المتزامنة والتي ينبغي عليه أن يبني فيها انطباعاً متسقاً من الزمن ، هذه الحقيقة توحي بشيء آخر ، حيث يمكن أن تكون النماذج الكهربائية في الدماغ التي تمثل تتابع الزمن مختلفةً تماماً عن تتابع الزمن الفعلي للأحداث التي تمثلها .

على أن هناك شيئاً خاصاً عن الزمن من هذه الزاوية ، أولاً هناك حالات قد يبدو فيها التتابع الكهربائي في الدماغ وكأنه يحجب التتابع الزمني للأحداث في العالم الخارجي ، لننظر مثلاً إلى حركة جسم من اليسار إلى اليمين خلال المجال البصري ، فمهما كانت الفترة الزمنية قصيرة فإننا نستطيع تمييزها عن الحركة المعاكسة . ثانياً ،

إن الـــذات الواعية ليست مراقباً سلبياً فحسب ، بل إنها وسيط أيضاً . إن الإشارات الـــواردة لا تعمل على إعلامنا فحسب ، بل إنها تدفعنا نحو الفعل ، فهي تنطوي على مفاعيل سببية ، كما أن الإشارات العصبية تشكل عناصر فيزيائية وهي خاضعة لقوانين الفـــيزياء مثلها في ذلك مثل الأشياء الأخرى . إن الترتيب الزمني للأحداث الفيزيائية مهـــم وأساســـي فنحن : لا نستطيع أن نتصرف على أساس معلومات حساسة حتى تصـــبح بين أيدينا ، لذلك فإن من الأفضل أن لا يأخذ " **تصنيف** " التتابع الزمني قوتاً طويلاً ، وإلا فسوف نكون كمن يسقط عليه جسم ويصيبه أثناء تفكيره الملي والطويل في تجنبه . ما يتبع ذلك هو أن « **اللحظة الحاضرة** » للبشرية التي تكشفت الآن بكل تعقيداتها الفيزيولوجية والنفسية لا تستطيع أن تستمر لأكثر من أجزاء من الثانية .

(١٣-٤) الزمن الذاتي

« عـــاملات النحل ليست مشغولةً بالقدر الذي نظن ولكنها لا تستطيع أن تخفف من صوت أزيزها » .

(كين هابارد)

مهمـــا يكن تفسير التجارب الساحرة التي استعرضتها آنفاً (والذي لا أشك في صعوبته وتعقيده) فإن معظم علماء النفس متفقون على أن وضع مفهوم واضح للزمن هـــو مهمـــة عقلية تتطلب مستوى عالياً من المهارة والإبداع ، وقد تكون الإنسانية وحدهـــا هي المعنية فقط بالتوصل إلى مثل هذا المفهوم السامي والمتطور للزمنية . ومن الطبـــيعي أن تشمل بعض المفاهيم الأساسية للتجربة الزمنية بعض الحيوانات الأخرى ويتم استنباط هذه المفاهيم من الساعات البيولوجية الداخلية المختلفة التي تنظم الأفعال العضوية لتلك الحيوانات . لقد لفت عالم الأحياء (ستيفن جولد) الأنظار إلى الحقيقة الهامـــة التي مفادها أن تلك الساعات وبالتالي مسيرة الحياة تعتمد بشكل حساس على الحجم الجسدي للكائن :

« لقـــد تعلمنا ورسخ في أذهاننا في مرحلة مبكرة أن نعتبر أن زمن نيوتن المطلق هو العصا الوحيدة الصالحة لقياس الزمن في العالم المنطقي والموضوعي ، وبناءً عليه فإننا نفرض ساعتنا الجدارية التي تدق بانتظامٍ على كل الكائنات وعلى كل الأشياء . تذهلنا

سـرعة الفأرة ، ونعبر عن ضجرنا من حمول فرس النهر ، ولكن كلاً منهما يعيش في مسـيرته الملائمـة لساعته البيولوجية . ساعات الثدييات الصغيرة الحجم تدق بوتيرة سـريعة وهـي تثب وتتوقد نشاطاً وحيوية ولكنها تعيش لفترة قصيرة ، أما الثدييات الضـخمة فهـي تعيش لمدة أطول ولكن في مسيرة مهيبة وبطيئة ، وقياساً إلى ساعتها الداخلـية فإن الثدييات كلها ذات الأحجام المختلفة تنـزع للعيش بنفس المقدار من الزمن »[١١] .

إن مسيرة الحيوية والنشاط التي أشرنا إليها هنا تتضمن معدلات التنفس ودقات القلـب والـتفاعلات الحـيوية للتغذية ، وهذه الوظائف تعمل حسب قوانين قياسية رياضـية ودقيقة تتعلق بوزن الجسم ، كما هو الحال بالنسبة لمدة الحياة المتوقعة أيضاً ، وبالـتالي فإن قلب فأرتك المدللة يدق أسرع مما يدق قلبك بعدة أضعاف ولكنها غالباً مـا تمـوت خلال مدة لا تتجاوز السنتين . السؤال المهم هو : هل تبدو هذه السنتين وهي الحصة المخصصة للفأرة بالنسبة لها كما تبدو السبعين عاماً المخصصة لنا ؟ بعبارة أخرى ، هل يجري الزمن الذاتي النفسي بسرعات مختلفة بالنسبة للفئران وبالنسبة لنا ؟

لقـد أوضحت في الفصل الثامن أن الإجابة تعتمد على سرعة التفكير أكثر مما تعـتمد على الانعكاسات الفيزيائية أو الوظائف العضلية ، وحسب ما أعلم فإن كافة الثدييات تمتلك نفس «**سرعة التفكير**» (كما هو مثبت من خلال النشاط العصبي)، وهكذا يبدو أن الفأرة العجوز المسكينة تملك حياة قصيرة إن كانت مسعورة . وليس مـن الضروري أن ينطبق الشيء نفسه على كومبيوتر ذكي مثل الدماغ العبقري الذي ابتكره (تيبلر) والذي يمكنه أن يعمل أسرع بكثير من دماغ الإنسان ، أو على كائن أجـنبي (قادم من الفضاء الخارجي) تكون عملياته العصبية والحيوية على نحو مختلف تمامـاً . إذا كانت خبرة هذا الكائن الذاتية حول مرور الزمن تعتمد على المعدل الذي تعالج به المعلومات كما افترض (تيبلر) و (دايسون) (انظر الفصل الثامن) فسنجد عندئذ أنه كلما زادت سرعة المعالجة فإن ذلك الكائن سيمرر أفكاراً وإدراكات أكثر خـلال واحـدة الزمن ، وسيبدو أن الزمن يمر بشكل أسرع . لقد تم استخدام هذا الافتراض على نحو ممتع في رواية من روايات الخيال العلمي كتبها (روبرت فورواردز) وعـنوانها « بيضة التنين » ، وهي تحكي قصة أحد المجتمعات الواعية التي تعيش على

سطح نجم نيوتروني[١٢] ، وتستخدم تلك الكائنات الصغيرة العمليات النووية بدلاً من الكيميائية للحفاظ على وجودها وبقائها ، ولأن التفاعلات النووية تحدث وتتم بشكل أسرع بكثير من التفاعلات الكيميائية فإن هذه الكائنات النيوترونية تعالج المعلومات بشكل سريع جداً وخاطف ، فدقيقة واحدة على السلم الزمني للإنسان تمثل ما يعادل عدة سنوات على السلم الزمني لتلك الكائنات ، وبحسب ما جاء في القصة فإن مجتمع النجم النيوتروني يكون بدائياً تقريباً عندما يلتقي بالإنسان للمرة الأولى ولكنه يتطور في طرفة عين وسرعان ما يتفوق على البشرية برمتها .

على الرغم من هذه النظرة الجذابة البسيطة للزمن النفسي ، لكنها بلا شك بساطة تنطوي على كثير من العظمة . فالانطباعات الذاتية للزمن تحمل بالتأكيد معاني أكثر من كونها قياساً لمعدل النشاط الدماغي وذلك كما دلت تجارب (ستوارت ألبرت) من (فيلادلفيا) . احتجز (ستوارت) مجموعتين من المتطوعين في غرفتين مغلقتين ووضع في كل غرفة ساعة جدارية ضبطتا بطريقة بارعة جداً ، بحيث تسير الأولى بضعف السرعة الطبيعية والثانية بنصف السرعة الطبيعية ، ولم يكن أي من الأشخاص الذين يخضعون للتجربة يعلم بالطبع عن الخدعة المدبرة لهم . وأفادت النتائج المذهلة لهذه التجربة بأن الوظائف العقلية لهؤلاء الأشخاص قد تأقلمت بشكل بديع وتلقائي مع المسيرة السريعة أو البطيئة للزمن ، وقد تم اختبار الذاكرة على سبيل المثال فوجدت أنها تضعف بسرعة أكبر عند الأشخاص الذين كانوا ضمن المجموعة التي كان زمنها أسرع من زمن المجموعة الأخرى ، كما تم تصحيح تقديرات المدد الزمنية بشكل مشابه ، أي أنها خفضت عند الأشخاص «السريعين» وزيدت للأشخاص «البطيئين». وعلى الرغم من أن وظائفنا العقلية والنفسية الأساسية قد نظمت بساعات عصبية وكيميائية مضبوطة منطقياً وموجودة ضمن بنيتنا وتركيبتنا فإن تلك الساعات لا ترتبط كثيراً وبشكل لصيق بالمعرفة الزمنية الواعية .

إنني اعتقد أن تجربتنا الواعية للزمن ، غلباً ما كانت أكثر ارتباطاً بمنطق الإحساس بالهوية الشخصية وهو المفهوم الذي أتى تطوره متأخراً جداً عن أكثر الدورات المعرفية والحيوية بدائية حيث كان ذلك مع اللغة والفن والآداب . وإن ما سيثير الدهشة في نفوسنا أكثر وأكثر كون ذلك المفهوم المعقد والمميز – الزمن –

سيجد نفسه يلعب دوراً بهذا القدر من العمق والأهمية في الوصف الموضوعي للكون الفيزيائي . يمكن اعتبار الرياضيات والزمن أنهما العنصران المجردان العظيمان اللذان أطلقا إشارة البدء للعلوم كما نعرفها الآن ، فكلاهما من نتاج الفكر الإنساني المتفوق والمبدع ، فكم سيكون مذهلاً ورائعاً أن تجد أن تلك المفاهيم المستنبطة بمنتهى العبقرية تعطي ثمارها بشكل تطبيقي على العمليات الأساسية في الطبيعة . لقد اختار (غاليليو) و (نيوتن) و (آينشتاين) الزمن على أنه المحور المركزي لكل المفاهيم الذي تبنى حوله الصورة العلمية للحقيقة الفيزيائية ، ليس ذلك فحسب ، **فعندما نجيل النظر في عقولنا الشخصية بحثاً عن أي أساس للتجربة الزمنية نجده يتفتت ويفلت من بين أيدينا ليتركنا نَهْباً للأوهام والغموض والتناقضات .**

لقد كان الفيلسوف الياباني (ماساناو تودا) أصدق من عبَّر بفصاحة وبلاغة عن لغز الزمن الساحر ، ذلك المرفق العلمي المذهل :

« من الجلي أن لا أحد يستطيع الادعاء أنه يعلم ماهية الزمن ، ولكن على أية حال فإن زمرة جريئةً من الأشخاص تُدعى الفيزيائيين استخدموا هذا المفهوم المميز كواحد من أحجار الأساس لنظريتهم وقد نجحت نظريتهم بمنتهى الإعجاز . عندما يأتي أحد الرموز القيادية من هذه الزمرة باسم (ألبرت آينشتاين) ويهمهم بهدوء بتعويذته السرية التي تبدو وكأنها (توحيد الزمان مع المكان بطريقة يحظر من خلالها على أي شيء الانطلاق بسرعة تفوق سرعة الضوء ، كما أن الكتلة تكافئ الطاقة) انظر وتأمل كيف أن الذرات تفجرت بشكل مدوٍّي ومجلجل .

واضح أن زمن (آينشتاين) يعتبر جزءاً من الحقيقة ، ولكن هل هو كل الحقيقة؟ (تودا) لا يظن ذلك :

« ما من شك أن الفيزيائيين قد نجحوا بالإمساك بمكوِّنات الزمن الهامة ووضعوها داخل البوتقة التي كتبوا عليها (t) ، ولكن من المؤكد أيضاً وبشكل مساوي أنهم لن يستطيعوا الإمساك بكافة مكونات الزمن ووضعها داخل البوتقة . ومازالت بديهتنا وإحساسنا تصرخ لتخبرنا عن أن الزمن شيء ما يجري بشكل مغاير للزمن الفيزيائي الذي تم تجميده »[١٤] .

١٣-٥ الباب الخلفي إلى عقولنا

« زمـــن الساعة هو مدير بنكنا ، وهو جابي الضرائب ، ومفتش الشرطة ، هذا الزمن الداخلي هو زوجتنا أيضاً » .

(ج. ر. بريستلي)

« الزمن هو الوسط بين الشيء الممكن والشيء الفعلي » .

(ج. هـــ. وثيرو)

بســـبب استئثار الفيزيائيين بالزمن لهم وحدهم وتحويله إلى وسيط رياضي مجرد وقوي فقد سلبوه الكثير من أصالته وإنسانيته ومحتواه ، وعـــادة ما يقـــول الفيزيائي : « الـــزمن الحقـــيقي ملكنا ، وكل ما هو موجود منه حقيقي ، إن غنى الزمن الإنساني النفسي مستنبط كلياً من عوامل ذاتية ولا علاقة له بالكيفيات الأصيلة للزمن الفيزيائي الحقـــيقي » . ثم يســـتأنف بعد ذلك عمله وحياته اليومية منغمساً في تعقيدات الزمن الإنساني مثل أي شخص آخر .

هل ندير ظهورنا لكل هذه التجربة الإنسانية مع الزمن بتلك البساطة بحجة أن المســـألة تهـــم علماء النفس فحسب ؟ أليس ثمة صلة وثيقة بين زمن حالة مبتدلة من الوعـــي وزمن (نيوتن) أو (آينشتاين) ؟ . ألا تنبئنا انطباعاتنا العديدة حول جريان الـــزمن أو حـــول تقسيمه إلى ماضي وحاضر ومستقبل عن ماهية هذا الزمن الحقيقي بالمقارنة مع الزمن الظاهر أمامنا نحن الكائنات البشرية المشوشة الذهن ؟

إنـــني كفـــيزيائي أعـــلم تمام العلم كم للحدس وحده من قدرة على تضليلنا وخداعـــنا ، وقـــد أشرت سابقاً كيف أن الحدس قادنا إلى التفكير بأن الشمس تدور حـــول الأرض ، وباعتـــباري كائناً حياً فقد وجدت أنه من المستحيل أن أتخلّى عن الإحساس بالزمن الجاري وعن اللحظة الحاضرة المتحركة . إنه شيء أساسي من خبرتي وتجـــربتي في هذا العالم أن أجد نفسي أستنكر الادعاء الذي يقول بأن الزمن وهم أو خدعـــة حيث يبدو لي أن هناك زاوية من زوايا الزمن ذات أهمية خاصة أغفلناها حتى الآن في وصفنا للعالم الفيزيائي .

مكتبة
t.me/soramnqraa

مـــن الواضح تماماً أنني لست وحيداً في هذا المأزق . يرى عدد من العلماء أنه لابـــد من وجود بعض العمليات الفيزيائية الخفيَّة التي « تجعل الزمن يجري » أو على الأقل يظهر للعيان أنه يجري ، وقد انقسم هؤلاء العلماء إلى فريقين ، فريق يجنح للقول بـــأن هـــذه العملية عامة وهي تمنح جريان الزمن في الكون ككل ، وفريق يعتقد بأنها عملـــية شـــاذة ومقيدة بشكل صرف بالدماغ الإنساني الذي يعطي الإحساس بعبور الزمن . (بريجوجين) على سبيل المثال كان يتبع المعسكر الأول وقد رأى أن المعالجة الإحصـــائية لعملـــيات فيزيائية محددة كالعمليات الفوضوية تتضمن شيئاً من اللاتناظر الزمني المبيَّت الذي يحمل مفعول تقديم التوجيه الزمني في أعمق مستوياته الأساسية[١٥]. يتصدر المعسكر الثاني فيزيائيون عِظام من أمثال (بينروز) الذي أصرّ على أن الإجابة تكمن في الفيزياء الكمومية ، وفي العمليات التي مازالت غامضة في الدماغ الذي يرافق أعمال مراقبة العالم[١٦] .

إن هـــذا البحث القلق عن « الحلقة المفقودة » بين الزمن الجاري الذاتي والزمن الجـــامد الصـــلب الخـــاص بالفيزيائي له تاريخ طويل ، وقد رأينا كيف أن الفلاسفة اليونانيون أكدوا على التمييز بين الكينونة (كيفية معاناة الوجود) والصيرورة (كيفية التغـــيير أو التشكل في أنظمة فيزيائية) ، وقد صرّح (أدينجتون) في العشرينات أن انطباعـــنا عن الصيرورة للزمن الجاري يتمتع بسلطة وقوة مركزية في خبرتنا ومعايشتنا بحيث ينبغي أن يتوافق مع شيء ما في هذا الكون الموضوعي فقال :

« إن أنـــا تمكنـــت من القبض على مفهوم الوجود ؛ فما ذلك سوى لأنني أنا نفســـي موجـــود ، وبالـــتالي فسأتمكن من الإمساك بمفهوم الصيرورة لأنني أنا نفسي متحول ومتغير ؛ إن هذا هو جوهر " الأنا " لكل ما هو كائن ومتحول »[١٧] .

يـــرى (أدينجـــتون) أنـــنا نتعايش مع الزمن بطريقتين متميزتين ، الأولى عبر أحاسيسنا وبنفس الطريقة التي ندرك بها العلاقات المكانية ، والثانية ضرب من ضروب « الأبواب الخلفية » السرية الموجودة في عقولنا والتي تمكننا من الشعور بالزمن بشكل مباشر وفي أعماق أرواحنا :

« عـــندما أغلـــق عيناي وأرجع إلى عقلي الباطن أشعر بنفسي بأنني أعاني من الـــتجربة التي أعيشها ولا أشعر بأنني فائق أو منتشر ، إن مثل هذا الشعور بالزمن هو

الـــذي يؤثر علينا ، لأنه لا يوجد فقط في علاقات الأحداث الخارجية التي نميزها عن غيرهـــا بشـــكل واضح . من الناحية الأخرى يتم تقييم المكان دوماً من خلال كونه خارجي »[١٨] .

ومنذ وقت ليس ببعيد كتب (روجر بينروز) أيضاً حول « **الزمن الداخلي** » أو « **الزمن الباطني** Inner Time » فقال :

« يـــبدو لي أن هـــناك تناقضات خطيرة بين ما نشعر به في الوعي فيما يتعلق بجـــريان الـــزمن ، ومـــا تؤكده النظريات (ذات الدقة الفائقة) حول حقيقة العالَم الفيزيائي ، ينبغي لتلك التناقضات أن تخبرنا بشكل مؤكد شيئاً ما عميقاً حول الفيزياء التي من المفترض أن تشكل لن الأساس لإدراكاتنا الواعية ... »[١٩] .

وبذلـــك فـــإن جريان الزمن الذي يشكل ركناً أساسياً لمعايشتنا له يبقى معلقاً أمامنا مثل لغزٍ محيِّر . بعضهم ، من أمثال (جاك سمارت) يريدنا أن ندفع بالزمن تحت البســـاط كـــي نتجنـــب التعبير عنه بما يُساء فهمه ، أو ببساطة أن نصرف النظر عنه كشـــيء غامض . وعلى الرغم من أنني أظن بأن (سمارت) قد أوضح الموضوع إلى حـــد كـــبير ، إلا أنني مضطر في نهاية المطاف لتأييد (أدينجتون) و (بينروز) بأننا نفـــتقد إلى شـــيء مهم في فيزياء الزمن وإدراكنا عنه . **ليس ثمة في أجسامنا « عضو للزمن » على غرار « أعضاء الرؤيا » أو « أعضاء السمع »** ، ولكن هناك إحساس داخـــلي (بـــاطني) بالـــزمن « باب خلفي » مدفون في أعماقنا ، في أعماق الوعي الإنساني ، وهو مرتبط ولصيق بحميمية بإحساسنا بالهوية الشخصية وبإيماننا الراسخ بأن المستقبل مازال مفتوحاً وقادراً على التشكل بأفعالنا المختارة .

من السخرية بمكان أن زمن (آينشتاين) الذي أعطى للمراقب دوراً مركزياً لم يسند أي دور يذكر للتجربة الشخصية في تدفق الزمن أو للإحساس بالماضي والحاضر والمستقبل ، ومن هذا المنظور فإنه يختلف قليلاً عن زمن (نيوتن) وزمن (لابلاس) . كـــان (آينشتاين) مثل (لابلاس) في أعماقه قدرياً (يؤمن بالحتمية) فقد رأى أن الفيزياء الكمومية بارتيابها ولا حتميتها بغيضة وكريهة ، وكما أشرت في الفصل الأول فإن العالَم الحتمي هو ذلك العالَم الذي يكون فيه المستقبل محتوىً أساساً في الحاضر ، ومـــا مـــن شيء أصيل جديد سيحدث البتة . في مثل هذا العالَم تكون عملية تقسيم

الـــزمن إلى ماضي وحاضر ومستقبل لا معنى لها لأن حالة الكون في لحظة واحدة تحتوي كـــل المعلومات حول حالاته المختلفة في اللحظات اللاحقة . إن فتح صفحات المستقبل لا يعـــني شيئاً أكثر من اكتمال المنطق البحت من خلال القوانين الرياضية للديناميك . وكمـــا أشار (لابلاس) نفسه في عام ١٨١٩ فإن العبقرية ، والذكاء الخارق ، والمعرفة الكاملة للكون الحتمي ، قد لا يكون لها كلها مجتمعةً أي أثر يذكر في جريان الزمن :

« قد يَمْثُلُ المستقبل والماضي جنباً إلى جنب أمام ناظرينا في لحظة الحاضر »[٢٠] .

عـــلى الرغم من اعتماد زمن (آينشتاين) المحدود على المراقب ، فهو لا يزال ينصاع لحتمـــية (لابلاس) ، أي لسلسلة القيد المتشابكة الصلبة المؤلفة من السبب والنتيجة والتي حفر عليها مصير الكون في بنية الطبيعة منذ فجر الوجود .

إذا وضـــعنا نظرية النسبية التي صاغها (آينشتاين) ضمن فيزياء الحقبة المعاصرة فـــإنني أجزم أن الفيزياء المعاصرة هذه لن تحل لغز الزمن ، وقد ينعقد لواء هذا النصر للفـــيزياء مـــا بعد المعاصرة . هناك منطقتين من الأبحاث تبدوان مبشرتين وواعدتين ، **الأولى نظريـــة الفوضى** Chaos Theory **والثانيـــة الميكانيك الكمومي** ، فكلاهما تقدمـــان نموذجاً من اللاحتمية في الطبيعة . على الرغم من أن الجملة الفوضوية تكون مـــن الوجهـــة الرياضـــية حتمية ، إلا أنها تكون ذات حساسية عالية في تسجيل الاضـــطرابات الطفـــيفة الـــتي تحظر التنبؤات ذات المعنى على المدى الطويل . إن أقل الاضـــطرابات شـــأناً تتضخم وتتضخم حتى تحطم قابلية التنبؤات في الجملة ويصبح سلوكها عشوائياً تماماً . تقول نظرية الفوضى أن العديد من الجمل الفيزيائية فوضوي ، ولكن بعضها كالدماغ البشري مثلاً يعمل على « **حافة الفوضى** » وهو نظام غامض وآســـر يجمع بين الإبداع والانفتاح ضمن عملية مرتبة متيحاً الفرصة أمام الجملة كي **تستكشـــف المكنونات الغنية للحالات البديلة دون التردي في بحر من التّيه** ولكن يبدو أن ذلك يحتجز بعض عناصر الحرية الإنسانية .

الفيزياء الكمومي مثل النسبية ، فهو يضع المراقب أيضاً في دور مركزي ولكن بطـــراز أكثر أهمية وبشكل أكثر شمولية . إن عملية المراقبة في الفيزياء الكمومي تعمل عـــلى تقويـــة الحالـــة الفيزيائية المشوشة غير المؤكدة التي تعاني من الارتياب ، وكما أوضحت فإن **الحالات الكمومية تتضمن حقائق شبحية مضاعفة ومتراكبة** ، وبعبارة أكـــثر دقة فإن تلك العوالم البديلة تتنافس على الحقيقة (التوقعات الإحصائية ، فضلاً

عـــن الأكوان الفيزيائية الموجودة فعلاً) المختلطة مع بعضها في مزيجٍ صعب ومعقد . في غـــياب المشاهدات فإن هذا الخليط من العوالم المتراكبة تتطور مع بعضها ككل ، ولكنْ عندما يتم فحص الأحداث في المجال الكمومي سنرى حقيقة محددة صلبة وحيدة، ولـــيس تراكـــب عـــوالم بشكل شبحي . إن هذا " **الانهيـــار** " للاحتمالات المضاعفة وللتوقعات الإحصائية إلى حقيقة متفردة يبقى من أعظم الألغاز التي لم يحلها الفيزياء بعد.

العديد من العلماء متأكدون أن تقوية الحقيقة الكمومية لا يملك شيئاً ليفعله أمام العقـــل ، لكن آخرون يصرون على أن سر " **الانهيار** " وسر " **الوعي** " مرتبطان مع بعضـــهما بشكل لصيق وحميم . (أدينجتون) و (بوندي) على سبيل المثال وبعض الفلاســـفة مـــثل (هانز ريتشنباخ) و (جيرالد ويترو) زعموا أن جريان الزمن أو ظاهرة « **الصيرورة** » لهما جذورهما العميقة في عملية الانهيار الكمومي هذه ، ولذلك يقول (بوندي) :

« لـــيس لجـــريان الـــزمان أهمية في النموذج الثابت منطقياً والمفروض من قِبَل النظرية الحتمية ، فالزمن الآن هو إحداثيات صرفة ، على أنه في نظرية اللاحتمية يحوِّل عبورُ الزمن التوقعات الإحصائية إلى أحداث واقعية وحقيقية »[٢١] .

لقـــد بحـــث (روجر بينروز) و (جون إكسلز) وآخرون عن تفسير لجريان الزمن في عملية الدماغ الإنساني نفسها مع الادعاء الجريء أن بعض العمليات الدماغية ذات طبـــيعة مـــن الميكانـــيك الكمومي وهي غير قابلة للاختزال ، وعلى الرغم من الصعوبة التي تكمن في وجود دليل تجريبي في هذه المرحلة لدعم مثل هذه النظرية فإنها تشكل طريقاً مشوقاً للبحث .

إن المحـــاولات المستمرة لتفسير جريان الزمن باستخدام الفيزياء بدلاً من تعريفه بعيداً عن ذلك باستخدام الفلسفة يمكن أن تكون من أكثر التطورات المعاصرة إثارة في دراســـة الزمن . كما أن إماطة اللثام عن غموض وسر تدفق الزمن سيساعد أكثر من أي شـــيء آخر على فك أكثر الألغاز العلمية عمقاً وهو طبيعة الإنسان نفسه . وحتى يتسنى لنا الحصول على فهم ثابت لجريان الزمن أو دليل لا يقبل الجدل على أنه وهم ، حتى ذلك الحين لن نعلم من نحن ، وما هو الدور الذي نلعبه في هذه المسرحية الكونية العظمى .

الفصل الرابع عشر

الثورة التي لم تنتهي

« ماذا بعدُ يجيش في نفسك حول الماضي وجحيم الزمن ؟ » .

(وليم شكسبير)

أشار (دافيد دويتش) مرةً إلى أن تاريخ العلوم هو قصة اختطاف المواضيع من الفيزياء إلى الفلسفة ، فطبيعة الحركة وبنية الكون ووجود الذرات على سبيل المثال كلها بدأت بقضايا واقتراحات فكرية بحتة طرحها الفلاسفة اليونانيون ، ولكنها تشكل اليوم جزءاً من الهيكل الأساسي للفيزياء ، وحتى الهندسة التي اعتبرت لفترة طويلة أنها جزء خالص من النماذج الرياضية المثالية التي تنتمي إلى المملكة الأفلاطوية باتت اليوم علماً تجريبياً رديفاً للنظرية النسبية العامة . ومن يدري ، فقد يكون موضوع الوعي هو العنوان التالي في القائمة .

لقد كان موضوع طبيعة الزمن أحد المواضيع الأساسية والمركزية في الفكر الفلسفي منذ بداياته ، وقد كان موضع جدل دائم وعميق عبر القرون مما أدى إلى انتشار ألغاز وطلاسم الزمن إلى ميادين أخرى غير الفلسفة ، فدخل في الدين ، والسياسة ، ثم تمكن أخيراً من اقتحام العلوم حيث عومل لفترة امتدت إلى ثلاثمائة عام كأحجية فكرية مجردة من كل مزخرفاتها الذاتية ، إلى أن جاء (آينشتاين) في عام ١٩٠٥ فانتزع الزمن من الفلسفة ووضعه في قلب الفيزياء ، فأصبح فجأة كائناً فيزيائياً خاضعاً لقوانين ومعادلات ويتطلب أبحاثاً تجريبية . وبعد مرور قرن تقريباً تقدم فهمنا للزمن أكثر فأكثر وعرفنا كماً هائلاً من المعلومات عنه ، إلا أن ما اتضح جلياً بعد كل ذلك هو أن ثورة (آينشتاين) لم تكن سوى البداية ، وأن الطريق مازال أمامنا طويلاً لحل لغز الزمن .

ما هي إذاً الأسئلة الأساسية التي لم تتم الإجابة عليها عبر قصة الزمن التي يبدو

أنهـــا لن تنتهي أبداً ؟ يمكن توجيه قائمة الأسئلة التالية التي قمت بإعدادها شخصياً ، وهـــي تتضمن اثني عشر سؤالاً تعتبر من المحيِّرات التي مازالت تنتظر حلاً (وهي غير مرتبة حسب الأهمية) :

١ – هل نستطيع أن نستثني التاخيونات :

لقد تم اختبار النظرية النسبية الخاصة فأثبتت مناعتها ودقتها بدرجة لم يسبق له مثـــيل ، ولكـــن **التاخـــيونات** مازالت هي المشكلة ، فعلى الرغم من أنه قد سمح لها بدخـــول النظرية فقد أحضرت معها كل الصفات البغيضة والمزعجة ، يود الفيزيائيون لـــو يتناسونها مـــرة والى الأبـــد ولكنهم يفتقرون إلى برهان مقنع لعدم وجود تلك التاخيونات ، وإلى أن يتسنى لهم بناء ذلك البرهان ، سنظل متوجِّسين خيفةً من أن يتم اكتشاف وجودها فجأة .

٢ – الثقوب السوداء : هل هي موجودة فعلاً ؟

تعتـــبر الثقوب السوداء دون شك أكثر نبوءات النظرية النسبية إثارة وسحراً على الإطـــلاق ، ونحن ما زلنا بانتظار تأكيد جازم بأن كابحات الزمن اللانهائية موجودةً فعلاً في الكون الحقيقي ، ويبذل الفلكيون جهوداً مضنية للوصول إلى ذلك ، ويبدو أن الأدلة عـــلى وجود الثقوب السوداء في طريقها إلى الاكتمال ، وسأكون أنا شخصياً من أكثر الـــناس دهشـــةً إن ثبت عدم وجودها ، أما إذا ثبت ذلك فإن حشداً هائلاً من الأسئلة سوف يلي ذلك . **هل هناك فعلاً نهاية للزمن – نقطة تفرد – في مركز الثقب الأسود؟** هـــل تســـتطيع الثقوب السوداء تشكيل أنفاق وجسور إلى العوالم والأكوان الأخرى ، وهـــل بمقدورها أن تتحول حتى إلى ثقوب ساخنة لتنخرط مرة أخرى في نسيج كوننا ؟ ماذا يحدث للمادة التي تسقط في تلك الثقوب ؟ **وهل هناك ثقوب بيضاء يا ترى ؟**

٣ – سفر الزمن : هل هو محض خيال ؟

إن البحث عن الزمكانات التي لا تنتمي إلى عالمنا والتي يبدو أنها تسمح بالسفر في الماضـــي سيبقى مجال بحث حيوي ، وإن الكوَّة المفتوحة أمامنا في القوانين المعروفة مـــن الفـــيزياء والتي تسمح بسفر الزمن هي بالفعل صغيرة جداً ، أضف إلى ذلك أن سيناريوهات سفر الزمن الحقيقي مازالت غير معروفة حتى تاريخ كتابة هذه السطور .

وكمـــا في موضوع التاخيونات ، فإنه في غياب برهان عدم وجودها فستبقى إمكانية وجودها قائمة ، وطالما أن الوضع معلّق بهذا الشكل فستبقى التناقضات ملازمةً لنا .

٤ – أسئلة كمومية :

إن العـــالم الكمومـــي هـــو أرض العجائـــب التي تزخر بالمآزق الزمنية المحيِّرة والســـحرية ، حيث يلعب الزمن دوراً هاماً في الفيزياء الكمومي وهو يدخل النظرية بطريقة متفردة تجعله ينفرد وحده بمعاملة خاصة باعتباره لغزاً خاصاً . إن نسبية الزمن لا تنســـجم بسهولة مع الصورة الكمومية للعالم التي تحدث فيها فجأة وبشكل واضح وفي لحظات محددة كافة التحولات المرتبطة بالقياسات من تحول إلى قوة وتماسك أو انقلاب نحـــو انهيار . تبدأ المتاعب عندما تشتبك الحالات الكمومية مع المجالات الكمومية الممتدة وعـــند رصد مشاهدات متزامنة مع ذلك . إن قياسات الزمن نفسها محفوفة بالمصاعب لأن الساعات نفسها ليست سوى أجسام فيزيائية تتأثر بالتشوش الكمومي .

٥ – هل الزمن محض رفاتٍ من أثارة باقية ؟

تكـــون الصـــعوبات والمتاعـــب مرهقة بشكل خاص عندما يتعلق الأمر بتطبيق الميكانـــيك الكمومـــي على الثقالة حيث يكون الاتصال الزمكاني خاضعاً تماماً للتشوش الكمومي ، ويختلف الخبراء حول الحاجة إلى ترسيخ نوعٍ من الزمـــن العـــام (Master Time) يمـــثل القياس الطبيعي للتغير في العالم اللاحتمي الفيزيائي ، أم إلى تعريف الزمن بعيداً تماماً عن الوجود . إن لغز وغموض تلاشي الزمن يدفع البعض للاعتقاد بأن الزمن مُقـــدَّر له أن يُهجر ويُستبعد ككائن فيزيائي أساسي ، ولكن هذا الرأي يصيب الآخرين بصـــدمة عنيفة وينـــزل عليهم كالصاعقة فيرفضونه ويعتبرونه باطلاً ... هـــل يمكن أن يكـــون الأمر كذلك بعد ألفـــي عـــام من الدراسة والتمحيص والتأمـــل في مواضيع الـــزمن ؟ هل نكتشف في النهاية أنه غير موجود بشكل حقيقي وأنه مجرد شيء يعود إلى حالة كمومية خاصة تحدث فقط عند الانفجار العظيم ثم يتم التخلي عنها وتركها ؟

٦ – أصل الزمن :

مـــن المحـــتمل أن تكون النظرية العصرية التي تقول بأن الزمن نشأ مع الانفجار العظيم هي الموضوع الأكثر أهمية وإثارة عند التماس كافة أنواع الأسئلة (التي ليس لها

إجابات) المتعلقة بالسببية والله والأبدية . فإذا كان الزمن موجوداً قبل الانفجار العظيم فيجب علينا أن نشرح ما هي العمليات الفيزيائية التي سبقت هذا الحدث الدراماتيكي العنيف وما هي مسبِّباته . وإذا قلنا أن الكون موجود دوماً فسوف نصطدم بمشاكل أخرى كبيرة أيضاً على صعيد سهم الزمن . من ناحية أخرى ، فإذا كان الزمن قد انطلق (بدأ) حقاً عند الانفجار العظيم ربما كنتيجة للعمليات الكمومية ، فإننا سنواجه عندئذ بعض الصعوبات والمتاعب الحقيقية . إذا كانت العملية متفردة فهل نستطيع اعتبارها طبيعية ضمن أي منطق (في مواجهة ما فوق الطبيعة) ؟ وإن لم تكن متفردة بمعنى أن الزمكانات ستنشأ بشكل متكرر هنا وهناك ، فهل نحن مضطرون للاعتقاد بـ : « **لانهائية العالم** » و « **لانهائية الزمن** » ؟

٧ – عمر الكون :

تعود مشكلة عمر الكون لتتصدر القائمة . عندما نأخذ القيم الاسمية لقياسات معدل تمدد الكون ونتائج (COBE) إلى جانب الافتراضات الواقعية حول المادة المعتمة ، فإن ذلك يقودنا إلى استنتاج مناف للعقل مفاده أن هناك أجراماً في الفضاء أكبر عمراً من الكون (أقدم) ، وإن كان الأمر كذلك فإن نظرية الانفجار العظيم برمتها تكون محل شك ، وبشيء من التعديل والموائمة للأرقام يتم دسُّ المشكلة تحت البساط لأن المشاهدات مازالت غير دقيقة فعلاً ، ولكن هذه الضبابية بالقياسات على وشك الانتهاء ، فبواسطة مرقب (هابل) الضخم الذي أصبح جاهزاً للعمل الآن ، لن يمضي وقت طويل حتى نتوصل لمعرفة قيمة دقيقة لثابت (هابل) – عامل التمدد الحالي – وإذا ما تجاوزت هذه القيمة (٧٠) فسنجد أنفسنا في مأزق حقيقي ، فاحرص على متابعة التقارير الإخبارية .

٨ – الوسيط الكوني : خطأ فادح أم انتصار :

مهما استهجن العلماء وجود الوسيط الكوني في معادلات (آينشتاين) فليس هناك سبب وجيه لاستبعاده ، فإذا أكدت المشاهدات المستقبلية صعوبة سلّم الزمن فستقدم خطيئة (آينشتاين) عندئذ طريقاً ممهداً وجاهزاً للحفاظ على نظرية الانفجار العظيم ، ولكن إذا لم تبرز الحاجة إليه لهذا الغرض فلن يكون ذلك دليلاً على عدم

وجوده . إن مسألة قيمة الثابت الكوني (هل هي صفر ، وإن كانت كذلك فلماذا ؟) ستبقى لغزاً كبيراً ينتظر من يفك رموزه .

٩ – ماذا بعد النظرية العيارية ؟

تعتقد قلة من الفيزيائيين أن نظرية (آينشتاين) في النسبية العامة قدمت الكلمة الفصل في موضوع الزمن . بعيداً عن احتمالات ومشاكل توحيدها مع الميكانيك الكمومي فإن هناك شكوكاً تكتنف إمكانية استمرار تطبيق النسبية على الزمكانات المتفردة ، أو في الظروف الشاذة والغريبة حيث تتهددنا **حلقات الزمن** «Time Loops» . وقد تكون الاختبارات الفائقة الدقة للنظرية النسبية باستخدام الساعات الحديثة ذات التقانيات العالية والتي تتسارع في تطورها ، هي الطريقة المثلى لسبر أغوارها وحدودها وبشكل خاص إمكانية اختبار وجود أكثر من سلّم واحد للزمن . وإن كان ثمة تعددٌ في الأزمنة فعلاً ، فستكون تداعيات ذلك عميقة جداً على علم الكون وعلى مسألة عمر الكون .

١٠ – سهم الزمن :

يعتبر لغز سهم الزمن من أقدم المشاكل في العلوم التي تتعلق بطبيعة الزمن وهي تسبق حتى النظرية النسبية ، كما أنها ترتبط بشكل وثيق بموضوع أصل الكون ونشوئه والنهاية الممكنة لهذا الكون . معظم العلماء متفقون أن مصدر اللاتناظر (أي توجيهية الزمن) يمكن أن يرصد بشكل مطلق في علم الكون وفي سلوكه باعتبار هذا السلوك من عيارٍ ضخم ، ولكن الطبيعة الدقيقة للصلة تبقى غامضة ومحط خلاف وجدل كبيرين . إن النظرية التي يمكن أن توجد بموجبها مناطق الزمكانات التي يجري فيها الزمن بالعكس ، أو تلك التي يكون فيها الكون ذو زمن تناظري أو حتى حلقي ، مازالت رائجة في بعض الأوساط الفيزيائية ، إلا أن هناك المزيد من الأمور والمسائل مازالت مثار بحثٍ واختلاف .

١١ – انتهاك تناظر الزمن :

لقد أدى الاكتشاف الذي مفاده أن الكاؤونات تكسر تناظر انعكاس الزمن إلى

ولادة العديد من البحوث التي أفضت إلى انتهاك الزمن في المجالات الأخرى من فيزياء الجسيمات ، ولكن أياً من هذه البحوث لم يتكلل بعد بالنجاح . إن البحث عن أهمية ثنائي القطب الكهربائية في النيوترون وفي الجزيئات المختلفة الأخرى يبشر بإماطة اللثام عن لغز كيفية انتهاك تناظر الماضي - المستقبل وعن سر العلاقة التي تربطها بسهم الزمن في علم الكونيات .

١٢ – جريان الزمن : عقل أم مادة ؟

إنني لازلت أرى أن اللغز الكبير المستعصي على الحل يتعلق بعدم التوافق الواضح بين الزمن الفيزيائي والزمن الذاتي (النفسي أو الشخصي) . وحيث أن التجارب على إدراك الزمن الإنساني مازالت في بداياتها ، فينبغي علينا أن نعرف الكثير عن الطريقة التي يتمثل بها الدماغ الزمن ، وكيف يتعلق ذلك بإحساسنا بالارتياح . إن الانطباع الباهر الأخاذ لحركة وجريان الزمن الذي ربما أحرزه من خلال فرضية « الباب الخلفي » العقلية يحمل غموضاً كبيراً ، فهل هي (أي حركة الزمن) مرتبطة مع العمليات الكمومية في الدماغ ؟ وهل تعكس كميةً موضوعية وحقيقية من الزمن " هناك " في عالم الأجسام المادية الذي نستطيع أن نتفحصه ببساطة ؟ أم هل سيتم البرهان على أن جريان الزمن سيكون في نهاية الأمر بنيةً عقلية بشكلٍ كاملٍ وكلي (بشكل لغز أو حيرة) ؟

إنه اعتقادي الشخصي ، بأننا نقف أمام لحظة حاسمة وبالغة الأهمية من التاريخ ، خاصة عندما تحقق معلوماتنا عن الزمن قفزة عظيمة أخرى نحو الأمام . لقد ترك لنا (آينشتاين) وصية هامة ، حيث جعلنا نرى كيف أن الزمن جزء من العالم الفيزيائي وقدم لنا نظرية تنسج الزمن مع الفضاء والمادة . لقد عمل العلماء خلال القرن العشرين بجدٍ واجتهاد فاكتشفوا النتائج التي أفضى إليها زمن (آينشتاين) نظرياً وتجريبياً ، ولدى قيامهم بذلك أماطوا اللثام عن احتمالات مثيرة وعجيبة تحول العديد منها إلى حقائق ، وما زالوا يواجهون حتى الآن عقباتٍ كأداء من أجل الوصول إلي فهم تام للزمن مما يشير إلى أن ثورة (آينشتاين) لم تنتهِ بعد وأنها مازالت مستمرة ، وأعتقد أن انتهاءها سيعطي برهاناً لتحدٍ بارز ومدهش وعظيم لعلوم القرن الحادي والعشرين .

الخاتمة

« أعظم العلماء في العصر الحديث ... » .

٢١ ابريل - ١٩٥٥

تـــوفي (آينشتاين) في ١٨ أبريل (نيسان) من عام ١٩٥٥ ، وكانت صحته قد تدهـــورت في الســـنوات العشر الأخيرة من عمره وأجريت له عملية جراحية في عام ١٩٤٨ بعـــد أن ظهرت عنده توسعات كبيرة في الأوعية الدموية وخاصة في الشريان الأورطي مما جعله يعاني لفترات طويلة من الآلام البطنية المبرِّحة . أمضى (آينشتاين) ســـنوات ما بعد الحرب الثانية في معهد الدراسات العليا في (برينستون) ، وقد قضى تلـــك الفـــترة بين عمله ومنـــزله في عُزلة شبه كاملة ، وكان مظهره كئيباً أحاط به الإرهـــاق والضـــجر من كل جانب . وعلى الرغم من أنـــه كان رمـــزاً شهيراً في (برينســـتون) فقـــد كان يزداد بُعداً عن زملائه العلماء ، وأصبح في الآونة الأخيرة لا يـــبدي اهـــتماماً كبيراً للاكتشافات المثيرة في فيزياء الجزيئات التي ميزت السنوات الأولى من خمسينات القرن العشرين وظل يعارض بعناد وسخط الميكانيك الكمومي ، وكـــان همـــه الأكبر اكتشاف نظرية الحقل الموحَّد الذي قد يؤدي إلى توحيد القوى الأساسية المختلفة في نظام رياضي واحد ومن ثم إزالة مظهر اللاحتمية من الطبيعة .

كبت (آينشتاين) اهتمامه بالصهيونية وبالسياسة العالمية حتى النهاية ، وفي عام ١٩٥٢ عَرَض عليه (بن جوريون) رسمياً رئاسة دولة إسرائيل ، لكنه رفض قائلاً أنه لا يملك القدرات المناسبة لذلك . لقد كان جنوحه للسلم طوال حياته ونفوره وبغضه لمشـــروع تنفـــيذ القنبلة النووية هما العاملين الأساسيين الذين جعلا منه مهاجماً عنيداً لا يعرف الكلل ليتم وقف التسلح النووي وداعية للتقارب مع الاتحاد السوفييتي .

لم يكـــن (آينشتاين) في يوم من الأيام ناجحاً أو سعيداً في حياته الشخصية ، حيث بقي جافياً بعيداً عن زوجته الأولى ونادراً ما كان يرى أولاده ، وعلى الرغم من

أنـــه كـــان أكثر قرباً من زوجته الثانية (إلزا) وابنتيها الاثنتين فإنه لم يظهر عليه تأثر مـــلحوظ لوفاتهـــا في عام ١٩٣٦ ، بل إنه فضلاً عن ذلك قال إنه شعر أنه : « زاد التصـــاقه بالبيـــت » بعد أن فقد رفيقة دربه ، ويبدو أن ذلك الحدث أعطاه الفرصة للتركيز على أعماله مما جعله يُضاعف جهوده ليضع نظرية الحقل الموحَّد ، أما زوجته الأولى (ميلفيا) فقد ماتت عام ١٩٤٨ .

بوفـــاة (إلزا) لم يبقَ من عائلة (آينشتاين) في (برينستون) سوى أخته التي ماتـــت عـــام ١٩٥١ وربيبته (ابنة زوجته) ومساعدته المخلصة (هيلين دوكاس) . عـــندما انهـــار العالم المسن في منـــزله يوم ١٢ أبريل (نيسان) من عام ١٩٥٥ كانت (هـــيلين) هي التي تحملت المسؤولية وواجهت الأزمة . لقد تمددت الأوعية الدموية الأورطـــية وتوســـعت إلى أن انفجـــرت ، وقـــد فشلت الأيام القليلة التي قضاها في المستشفى في وقف النـــزف الخطير ، و لم يكن من الممكن تفادي القدر المحتوم .

خـــلال نصف قرن من الزمن استطاع أكثر العلماء تأثيراً في تاريخ الإنسانية أن يُـــبهر العـــالم بعبقريـــته الفذة ، ويُشرف الآن هذا الفصل من التاريخ على الانتهاء ، فالرجل الذي استطاع أن يُري العالم كيف يمكن للزمن أن يتوسع ، خرج منه أخيراً .

تمت الترجمه بعونه تعالى

ظهر يوم الجمعه ١٧ -١١-٢٠٠٠

مكتبة
t.me/soramnqraa

المصطلحات العلمية

- A -

antimatter	مادة مضادة
antiparallel	متضاد التوازي
anomoly , anamolies	شذوذ ، شذوذات
Atom	ذرة
Assymmetry	لاتناظر ، عدم تناظر
anticommutators	المبادلات المضادة
asteroide	كويكب
antisotropic	تباين خواص
antigravity force	قوة مضاده للثقالة
antiparticle	جسيم مضاد
amplitude	ســـعة
action	فعـــل
Anode	مصعـــد
Advances waves	الموجات السبَّاقة
annihilation	إمِّحـــاق

- B -

Boson	البوزون (من الدقائق الذرية)
Barion	الباريون (من الدقائق الذرية) – الثقيلات
Big Bang	الانفجار العظيم
by – product	ناتج ثانوي
block time	الزمن المغلق – الزمن الحصين

black holes	الثقوب السوداء
blue-shift effect	ظاهرة الحيود نحو الأزرق
backgrund heat radiation	خلفية الإشعاع الحراري
binary pulsar	النباض الثنائي
beam splitter	مجزئ الحزمة
beamlet	حزيمة (حزمة جزئية)
big crunch	الانسحاق العظيم
backward in time	بعكس الزمن

- C -

Continum	متصـــل
Centerifugal force	قوة نابذة
Complementary	متتـــام
Coupling	اقتـــران
Chirality	لولبيـــة
Caysality principle	مبدأ السببية
Covariance	التغير المساير
Chaose	الفوضـــى
Cosmos	كـــون
Cosmic	كـــوني
Cosmic background heat rediation	الخلفية الكونية للإشعاع الحراري
Clusters	عناقيد ، متعنقد ، معنقدات
global clustars	معنقدات كرِّية
Cosmic background	الخلفية الكونية
Comet	مذنَّب
Curvature	تقوس - تحدب
Cosmological Constant	الثابت الكوني
// term	الوسيط الكوني
// repulsion	التنافر الكوني

Cosmological Age paradox	تناقض العمر الكوني (مفارقة العمر الكوني)
Constellation	كوكبة (تجمع من الكواكب)
Super clusters	العناقيد الكبرى
Chronometer	عداد زمن – مقياس زمن (مزمان)
Charge	شـــحنة
Complex Numbers	أعداد عقدية
Carrier Current	التيار الحامل
Modulated Current	التيار المعدل
Conductor	ناقل (موصل)
Covalent Bond	الرابطة التشاركية (التساهمية)
COMPTON effect	ظاهرة (كومبتون)
Cathode	مهبـــط
Cosmology	علم الكونيات
Cosmic microwave background	الخلفية الكونية للموجات الدقيقة
Clusters	
Stellar Clausters	عناقيد نجمية
Chronon	أصغر وحدة زمنية (كرونون)
Crunch	الانسحاق
big Crunch	الانسحاق العظيم

- D -

duality	المثنويـــة
divergent	تباعـــدي
dark matter	المادة المعتمة
dilation of time	تمدد الزمن
dim	خافت ، معتم
dipole	ثنائي القطب
// antisotropic	تباين خواص ثنائي القطب
diode	صمام ثنائي (ذو المسرين)

dice	نـــرد
determinism	الحتميـــة
diffractuon of light	انعراج الضوء (حيود)
// electors	انعراج الإلكترونات
deflection set	مجموعة حارفة
decay	يتحلل ، يتلاشى
decay energy	تلاشي الطاقة
destructive interference	تداخل إتلافي (تدميري)

- E -

Elementary Atoms	ذرات عنصرية (لا يمكن تحطيمها)
exclusion principle	مبدأ الانتفاء
equivalence principle	مبدأ التكافؤ
epoch	حقبـــة
eternity	الأبديـــة
eternal	أبـــدي
electroweak force	القوة الكهروضعيفة
elusive	محيـــر
elusion	مراوغـــة
escape velocity	سرعة الإفلات
Einestine Ring	حلقة آينشتاين
Einestine de Sitter Universe Model	نموذج (آينشتاين – دوستير) الكوني
Einestine Fudge Factor	عامل آينشتاين المخادع
entropy	الإنتروبيـــة
expansion	تمـــدد
entity	جوهـــر
electrodialysis	التحليل الكهربائي المزدوج
energy Conservation	حفظ الطاقة
electromagnetic	كهرطيسية

eloctromagnitic wave	موجة كهرطيسية
energy	طاقـــة
energy band theony	نظرية نطاقات الطاقة
extrensic	غير نقي – عَرَصي – دخيل
emition threshold	عتبة الإصدار
energy levels	مستويات الطاقة
emissin	إصدار (انبعاث)
Spoontaneous emission	الإصدار التلقائي
Stimulated emission	الإصدار المحثوث
exothermic	طارد للطاقة
energy levels	سويات الطاقة

- F -

Fermion	فرميـــون
Face value	القيمة الاسمية (الظاهرية)
Faint Star	نجم خافت
Flood light	ضوء غامر
Feedback	تغذية راجعة
Frequency	التردد . التواتر
// throshold	عتبة التردد
fission	الانشـــطار
fusion	الاندمـــاج
Forward in time	يتقدم مع الزمن
Folded-up Orders	الأوامر المطوية

- G -

Gravity	ثقـــالة
gravitational	ثقـــالي

gravitation	تثاقــل
geodesiv line	خط جيوديزي (مساحي مرجعي)
graviton	الغرافيتون (من الدقائق الذرية)
gloun	الغليــون (من الدقائق الذرية)
Grand unified theories	نظريات التوحيد الكبير
glints	ومضــات
guage theory	النظرية العيارية
gravitational attraction	الجذب الثقالي
guage Symmetry	تناظر عياري
gravitational brakung	كابح ثقالي
global	كــروي
global clusters	معنقدات كرِّية
gravitational lensing	جمع ثقالي – عدسة ثقالية
grobular cluster	عنقود كروي
ground state	الوضعية الأرضية

- H -

Hadron	هَدرون (من الدقائق الذرية)
handedness	اليدوية (جهة الدوران)
harmonics	مدروجــات
homology	التآصــل
heat radiation	إشعاع حراري
Hubble Constant	ثابت (هابل)
Hybrid Componant	مركب هجين
Half Life period	عمر النصف (الإشعاعي)

- I -

Inevitable	حتمــي

inevitablity	الحتميـــة
inevitably	بشكل حتمي ، لا محالة
implosion	انفجار داخلي
immediate Vicinity	الجوار اللحظي
Infrared rays	الأشعة تحت الحمراء
irasation	التقزح (نسبةً إلى قوس قزح)
interferance of light	تداخل الضوء
insulators	عـــوازل
interensic	نقي – جوهري – أصيل
impurities	شـــوائب
isotopes	نظـــائر
indothermic	ماص للطاقة
indeterminism principle	مبدأ اللاحتمية
intrinsic time	زمن حقيقي أصيل
immutable	الثابت ، غير المتبدل ، (الذي لا يتغير)
imaginary	الزمن التخيلي
implicate orders	الأوامر الضمنية
invariant	غير متبدل
T-invariant	غير متبدل في T

- L -

Leptons	لبتونات (الخفيفات)
Loitering Universe	الكون المتلكئ (المتواني)
Luminar	لمعان ، تألق
Length scale	سلّم الطول
Leo	برج الأسد
lensing	تشكل عدسي
lens	عدســـة
gravitational lensing	عدسة ثقالية

Light Emit diode LED	صمام ثنائي مصدر للضوء
Light amplification	تضخيم الضوء
Light Amplification by Simulated Emission of Radiation	تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للأشعة
LASER	أشعة الليزر

- M -

Multiplets groups	مجموعات عَدودة (عَدودات)
Momentum	انـدفـــاع
muon	الميـــون
meason	الميـــزون
Magnetic monopoles	وحيدات القطب المغناطيسي
Molecules	جزيئـــات
momenta	اندفاعـــات
mathematical Symmetry	تناظر رياضي
mercator projection	الإسقاط (الميكاتوري)
meteorite	(حجر النيزك)
Milky way galaxy	مجرة درب التبانة
Meteor	نيزك ، شهاب
Mercury	عطـــارد
Mars	المريـــخ
moment	عـــزم
modulated current	التيار المعدل
// wave	الموجة المعدلة
frequency modulation	التردد المعدل واختصاراً نظام (F.M) للإرسال
Maser	الميزر (راجع Laser)
Microwave amplification	تضخيم الموجات الدقيقة
Microwave	موجات دقيقة

- N -

Neutron	نيوترون (نيترون) ج (نيترونات)
neytrino	نيوترينو (نترينو) ج (نترينويات)
nonlinear	لاخطـــي
nova	مســـتعر
Nowhere & Nowhen	اللامكان واللازمان
Nebula	ســـديم
Nebulae	سُـــدُم
Crab nebula	سديم السرطان
nuclear binding Energy	طاقة الربط النووية
nuclear fission	الانشطار النووي
nuclear potential	الكمون النووي
nuclear disintegration	الانحلال النووي
nuclear chain reaction	تفاعل نووي متسلسل
nuclear reactor	مفاعل نووي
nagging paradox	مفارقة الوهن (تناقض الوهن)

- O -

Orthodox	مألوف ، قويم
opposite Symmetry	تناظر معكوس
object	جـــرم
orbit	مـــدار
objective Reality	الحقيقة الموضوعية
Oscillating	هـــزازة
Oscillatory circuit	دارة مهتزة
out – put	الخـــرج

- P -

Parity	مماثلة
photon	الفوتون
photino	الفوتينو (من الدقائق الذرية)
particles	جسيمات
pion	البيون (من الدقائق الذرية)
pragmatic	ذرائعي
pragmatism	المذهب العملي ، فلسفة الذرائع
processer	معالج
Plank Constant	ثابت بلانك
pulsar	النباض
photoelectric effect	الظاهرة الكهرضوئية
precede	يسبق زمنياً ، يتقدم
precession	تقدم زمني ، سبق
Paradox	تناقض ، مغارقة
persac	الفرسخ (وحدة مسافات فلكية) = ٣,٢٦ سنة ضوئية
output power	طاقة خرج
Puzzle	أحجية ، لغز ،
planet	كوكب
photovoltaic effect	الأثر الفولتي الضوئي
photolysis	التحليل الضوئي
photocurrent	التيار الضوئي
potential energy	الطاقة الكامنة
photomultiplier	المضاعف الفوتوني
polarization	استقطاب
potential	كمون — كامن
// barrier	حاجز الكمون
photoelectric cell	الخلية الكهرضوئية
projevtile	قذيفة

idler photon	الفوتون الكسول
Signal photon	فوتون الإشارة
psychic photons	الفوتونات الخارقة للطبيعة
polarizer	مقطب
phase	صفحة ، طور

- Q -

Quark	الكوارك (من الدقائق الذرية)
Quantum	الكمومي – الكم – (الكمّة)
Quantum theory	النظرية الكمومية
Quantum Mechanics	الميكانيك الكمومي
Quantization	استكمام
Quantum physics	الفيزياء الكمومي
Quasars	أشباه النجوم
(Quasi Stellar Radio Source)	اختصر الاسم إلى أشباه النجوم
Quasi	شبه
Quantum electrodynamic	علـــــم التحريك الكهربائي الكمومي (علم التحريك Dynamics)
Quantum Eraser	المحاة الكمومية
Quantum indeterminism	اللاحتمية الكمومية
// interference	التداخل الكمومي
// gravity	النقالة الكمومية
// smearing	المسح الكمومي
// transition	التحول الكمومي
// leap	القفزة الكمومية

- R -

Reductionism	الاختزالية (فلسفة)

Relativity theory	النظرية النسبية
relativitic	نسبوي
renormalization	إعادة استنظام
renormalizable	قابلة لإعادة الاستنظام
reality	حقيقة
real	حقيقي ، واقعي
radio pulses	النبضات الكهرومغناطيسية – الإشعاعية (الراديوية)
Radio	
Radio activ	النشاط الإشعاعي
Radio waves	الموجات
Ripples	موجات دقيقة – رقائق موجية
reverberate	ينعكس ، يرجع الصدى ، يرتد
Radio Astronomy	علم الفلك الإشعاعي
reduced equations	معادلات مختزلة
resonate	يسترجع الصدى
resonance	طنين
response	تجاوب
resonator	مرنان
Super Conducting Resonater	مرنان فائق الناقلية
refraction of light	انكسار الضوء
refraction index	قرنية الانكسار
reflection	انعكاس
red – shift eftect	ظاهرة الحيود نحو الأحمر
Radiation	إشعاع
Repulsive	تنافري
Recede	يتقهقر ، يبتعد
Recession	تقهقر ، ابتعاد
repulsive forces	القوى التنافرية – قوى التنافر

repulsion	التنافر
radar	رادار (جهاز الكشف بالموجات)
radar raning	مسح راداري
Radar (Radio Detecting and Ranging)	المسح والكشف الراديوي
Radio astronomy	فلك إشعاعي (راديوي)
renewable energy	الطاقة المتجددة
reduction	اختزال – تصغير
rectification	تقويم
Current Rectification	تقويم التيار
half wave Rectification	تقويم نصف موجي
Radio transmission	الإرسال الإذاعي
rectifier	مقوم
radian energy	الطاقة الإشعاعية
reversible process	عملية عكوسة
Radio galaxies	مجرات راديوية
retarted waves	الموجات المتأخرة
reversibility	العكوسية

- S -

Superstrings theory	نظرية الأوتار الفائقة
Scattering	تبعثر ، انتشار
Space – time	الزمكان
Spin	التدويم (السبين) ، (الفتلية)
Super novaSlipton	المستعرات الفائقة (نجوم)
Slipton	سليبتون (من الدقائق الذرية)
Super symmetry	تناظر فائق
Super space	الفضاء الفائق
Space	فضاء – مكان

gauge Symmetry	تناظر عياري
Symmetry	تناظر
Super Conducting	فائق الناقلية
Super gravity	الثقالة الفائلة
Super space	الفضاء العظيم
Super time	الزمن العظيم
Sub – atomic particles	الجسيمات دون الذرية
Shadow matter	المادة الظليّة
Scale invariance	الصمود السلمي
Super Colider	المصادم الفائق
Strong force	القوة الشديدة
Static Universe	الكون الساكن – (الثابت)
Super Luminar	فائق التألق (اللمعان)
Shock wave	موجة صاعقة
Stellar	نجمي
Spining Star	نجم ملتف حول نفسه ، مدوّم
Spectrum	طيف
Spectra	أطياف
Spectrogram	صورة طيفية
Super Conducting resonator	مرنان فائق الناقلية
Singular	متفرد ، وحيد
Singular point	نقطة متفردة ، وحيدة
Singularity	التفرد
Spectroscopic	التحليل الطيفي
Steady – State theory (Static – State)	نظرية الحالة الثابتة (الحالة الساكنة)
Space – time Curvature	تقوس الزمكان
Static Solution	حل ساكن
Sapphire	الزفير (الياقوت الأزرق)
Standing waves	الموجات المستقرة

Saturn	كوكب زحل
Stellar Dust	غبار فلكي (غبار نجمي)
Satellite	قمر
Super clusters	العناقيد الكبرى
Solar radiation	الإشعاع الشمسي
Solar Spectrum	الطيف الشمسي
Solar cell	خلية شمسية
Semiconductors	أشباه نواقل (مواد شبه موصلة)
Continous Spectrum	الطيف المستمر
emission Spectrum	طيف الانبعاث (الإصدار)
absorption Spectrum	طيف الامتصاص
Stellar clusters	عناقيد نجمية
ground State	الوضعية الأرضية
Simulated emission	الإصدار المحثوث
Scrumbled photons	الفوتونات المتسلقة
Shadow neutrino	نيترينو نديد (شبيه) (قرين)
Strong forces	القوى الشديدة

- T -

Tachyons	تاخيونات
Time Continum	منصل زماني
tauon	التاوون (دقيقة ذرية)
Topology	علم التوبولوجيا
temporal	زمني
temporality	الزمنية
theology	علم اللاهوت
Time	الزمن
Linear time	الزمن الخطي
Cyclic time	الزمن الدوري

Great time	الزمن العظيم
Dream time	زمن الحلم
time dilation	تمدد الزمن
Top – down thinking	التفكير من القمة إلى القاعدة
down – Top thinking	التفكير من القاعدة إلى القمة
time wraps	كوابح الزمن
time Scale	سلم الزمن
thought experiments	تجارب ذهنية (تفكيرية)
thermos flasks	حافظات معزولة حرارياً
thermo-electric effect	الأثر الكهروحراري
transistor (trans + Resistor)	
tunnel effect	ظاهرة النفق

- U -

Uncertainty principle	مبدأ الارتياب
Ultraviolet rays	الأشعة فوق البنفسجية

- V -

Variant	متباين ، متغاير
Vedenta	فلسفة هندوسية
Veda	فلسفة هندوسية
Advaita Vedenta	فلسفة هندوسية
Vinus	كوكب الزهر (العزّى)
Voltage	التوتر (الجهد)
Valence electrons	الكترونات التكافؤ
Voltage threshold	عتبة الكمون (الجهد)
Void time	الزمن الخالي

- W -

weak forces	القوى الضعيفة
wiggle	تموج ، إنثناء ، ذبذبة
white dwarft	القزم الأبيض (نوع من النجوم)
wave – particle duality	ثنائية : موجة / جسيم
work	عمل
wave – particle nature	الطبيعة الجسمية الموجية
watched kettle	الغلّاية المراقبة

- Z -

Zilion	عدد هائل جداً

NOTES

Prologue

1. *Confessions* by St. Augustine, trans. R. S. Pine-Coffin (Penguin, Baltimore, 1961), 11:14, p. 294.

Chapter 1: A Very Brief History of Time

1. *The Roman Poet of Science Lucretius: De Rerum Natura*, set in English verse by A. D. Winspear (Harbor Press, New York, 1956), p. 22.
2. *The Book of Angelus Silesius*, trans. F. Franck (Vintage Books, New York, 1976), p. 45.
3. Ibid., p. 42.
4. *The Works of Plato* by B. Jowett (Oxford University Press, Oxford, 3rd ed. 1892), vol. 3, p. 456.
5. Augustine, *Confessions*, 11:13, p. 263.
6. *Scientific Theory and Religion* by E. W. Barnes (Cambridge University Press, Cambridge, 1933), p. 620.
7. *Foundations of Tibetan Mysticism* by Lama Anagarika Govinda (Samuel Weiser, New York, 1969), p. 116.
8. "Metaphysics of Time in Indian Philosophy and Its Relevance to Particle Science" by R. Reyna, in *Time in Science and Philosophy*, ed. J. Zeman (Academia, Prague, 1971), p. 238.
9. Ibid., pp. 233–34.
10. "The Dreaming" by W. E. H. Stanner, in *Traditional Aboriginal Society*, ed. W. H. Edwards (Macmillan, Melbourne, 1987), p. 225.
11. *Man and Time* by J. B. Priestley (Aldus Books, London, 1964), p. 141.
12. *The Myth of the Eternal Return* by M. Eliade, trans. W. R. Trask (Pantheon Books, New York, 1954), p. ix.
13. Ibid., p. 34.
14. "Evolution, Myth and Poetic Vision" by W. J. Ong, in *The Enigma of Time*, ed. P. T. Landsberg (Adam Hilger, Bristol, Eng., 1982), p. 220.
15. *John Harrison: The Man Who Found Longitude* by H. Quill (John Baker Publishers, London, 1966), p. 6.

16. *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* by I. Newton, trans. A. Motte (University of California Press, Berkeley, 1962), vol. 1, p. 7.
17. "The Rediscovery of Time" by I. Prigogine, in *Science and Complexity*, ed. S. Nash (Science Reviews, Northwood, Middlesex, 1985), p. 11.
18. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* by C. Darwin (John Murray, London, 2nd ed. 1860), p. 486.
19. *Eternal Recurrence* by F. Nietzsche, in *The Complete Works of Friedrich Nietzsche*, ed. O. Levy (G. T. Foulis, Edinburgh, 1910).
20. Philo in *Quod Deus Immutabilis Sit* 6:32, ed. L. Cohn and P. Wendland (Macmillan, London, 1896), vol. 2, p. 63.
21. *October the First Is Too Late* by F. Hoyle (Heinemann, London, 1966), pp. 75–82.

Chapter 2: Time for a Change

1. "On the Electrodynamics of Moving Bodies" by A. Einstein, reprinted in English in *Einstein: A Centenary Volume*, ed. A. P. French (Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1979), p. 281.
2. Quoted in *Reality and Scientific Truth* by I. Rosenthal-Schneider (Wayne State University Press, Detroit, 1980), p. 74.
3. Quoted in *Subtle Is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein* by A. Pais (Oxford University Press, Oxford, 1982), p. 139.
4. *Science at the Crossroads* by H. Dingle (Martin Brian & O'Keefe, London, 1972), p. 143.
5. Ibid., p. 17.
6. Ibid.
7. Ibid.
8. Quoted in *Time and the Novel* by A. A. Mendilow (Peter Nevill, New York, 1952), p. 72.
9. *Parerga and Paralipomena: Short Philosophical Essays* by A. Schopenhauer, trans. E. F. J. Payne (Clarendon Press, Oxford, 1974), p. 283.
10. *Confessions* by St. Augustine, trans. R. S. Pine-Coffin (Penguin, Baltimore, 1961), p. 253.
11. Quoted in *Relativity for Scientists and Engineers* by R. Skinner (Dover, New York, 1982), p. 27.
12. *Jerusalem* by W. Blake, 15:6.
13. "Burnt Norton," in *Collected Poems 1909–1962* by T. S. Eliot (Faber & Faber, London, 4th ed. 1963), p. 194.
14. Quoted in Pais, *Subtle Is the Lord*, p. 152.
15. "What Is the Fourth Dimension?" in *Scientific Romances* by C. H. Hinton (Swan Sonnenschein, London, 1884), p. 34.
16. Ibid.
17. *Philosophy of Mathematics and Natural Science* by H. Weyl (Princeton University Press, Princeton, 1949), p. 122.
18. Eliot, "Burnt Norton," p. 189.
19. Weyl, *Philosophy of Mathematics*, p. 166.
20. Quoted in *The Philosophy of Rudolf Carnap*, ed. P. A. Schilpp (Open Court, La Salle, Ill., 1963), p. 37.

Chapter 3: Timewarps

1. "On the Electrodynamics of Moving Bodies" by A. Einstein, reprinted in English in *Einstein: A Centenary Volume*, ed. A. P. French (Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1979), p. 292.
2. *The Perpetual Motion Mystery: A Continuing Quest* by R. A. Ford (Lindsay Publications, Bradley, Ill., 1987), p. 41.
3. Quoted in *The Laboratory of the Mind* by J. R. Brown (Routledge, London, 1991), ch. 5.
4. Quoted in *Subtle Is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein* by A. Pais (Oxford University Press, Oxford, 1982), p. 448.

Chapter 4: Black Holes: Gateways to the End of Time

1. *Philosophical Transactions of the Royal Society (London)*, vol. 74 (1784), p. 35.
2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 80 (1920), p. 96.
3. Quoted in *The Portable Curmudgeon* by J. Winokur (NAL Books, New York, 1987), p. 157.
4. "Dark Stars: The Evolution of an Idea" by W. Israel, in *300 Years of Gravitation*, ed. S. W. Hawking and W. Israel (Cambridge University Press, Cambridge, 1987), p. 206.
5. "On a Stationary System with Spherical Symmetry Consisting of Many Gravitating Masses," *Annals of Mathematics*, by A. Einstein, vol. 40 (1939), p. 922.
6. *Space, Time and Gravitation* by A. S. Eddington (Cambridge University Press, Cambridge, 1920), p. 98.
7. *Physical Review*, vol. 56 (1939), p. 455.
8. Israel, "Dark Stars," p. 231.
9. *Statistical Physics* by L. Landau and E. M. Lifshitz, trans. E. and R. F. Peierls (Pergamon, London, 1958), p. 343.
10. *Philosophical Magazine*, vol. 39 (1920), p. 626.
11. *Black Holes and Time Warps* by K. S. Thorne (Norton, New York, 1994), p. 255.
12. Ibid., p. 239.

Chapter 5: The Beginning of Time: When Exactly Was It?

1. "On the Beginning of Time," in *The City of God* by St. Augustine of Hippo, trans. H. Bettenson (Penguin, Harmondsworth, 1972).
2. *Cosmology* by H. Bondi (Cambridge University Press, Cambridge, 1952), p. 165.
3. Quoted in *Einstein: A Life in Science* by Michael White and John Gribbin (Simon & Schuster, London, 1993), p. 203.
4. "Personal Recollections: Some Lessons for the Future" by W. McCrea, in *Modern Cosmology in Retrospect*, eds. R. Bertotti, R. Balbinot, S. Bergia and A. Messina (Cambridge University Press, Cambridge, 1990), p. 207.

Chapter 6: Einstein's Greatest Triumph?

1. See "Dark Matter" by J. Trefil in *Smithsonian* (June 1993), p. 27.
2. "The Extragalactic Universe: an Alternate View," by H. C. Arp, G. Bur-

bidge, F. Hoyle and N. C. Wickramasinghe, in *Nature*, vol. 346 (1990), p. 810.
3. "The Cosmological Constant" by S. W. Hawking, *Philosophical Transactions of the Royal Society (London) A*, vol. 310 (1983), p. 303.
4. *Dreams of a Final Theory* by S. Weinberg (Random House, New York, 1992), p. 224.

Chapter 7: Quantum Time

1. "Quantum Optical Tests of Complementarity" by M. O. Scully, B. G. Englert and H. Walter, in *Nature*, vol. 351 (1991), p. 111.
2. "Observation of a 'Quantum Eraser': a Revival of Coherence in a Two-Photon Interference Experiment" by P. G. Kwait, A. M. Steinberg and R. Y. Chiao, in *Physical Review A*, vol. 45 (1992), p. 7729.
3. "Induced Coherence and Indistinguishability in Optical Interference" by X. Y. Zhou, L. J. Wang and L. Mandel, in *Physical Review Letters*, vol. 67 (1991), p. 318.
4. "Faster Than Light?" by R. Y. Chiao, P. G. Kwait and A. M. Steinberg, *Scientific American* (August 1993), p. 38.
5. "God, Time and the Creation of the Universe" by C. Isham, in *Explorations in Science and Theology*, ed. E. Winder (RSA, London, 1993), p. 58.

Chapter 8: Imaginary Time

1. *Correspondence* of Leibniz–Clarke, Leibniz's 4th paper, sect. 15.
2. For a discussion of Kant's antinomies, see *The Measure of the Universe* by J. D. North (Clarendon Press, Oxford, 1965), pp. 390–91.
3. *The Physics of Immortality* by F. Tipler (Doubleday, New York, 1994).
4. "Time Without End: Physics and Biology in an Open Universe" by F. Dyson, *Reviews of Modern Physics*, vol. 51 (1979), p. 447.

Chapter 9: The Arrow of Time

1. W. Ritz and A. Einstein, in *Physikalische Zeitschrift*, vol. 10 (1909), p. 323.
2. "Interaction with the Absorber as the Mechanism of Radiation" by J. A. Wheeler and R. P. Feynman, *Reviews of Modern Physics*, vol. 17 (1945), p. 157.
3. "Absorber Theory of Radiation and the Future of the Universe" by R. B. Partridge, *Nature*, vol. 244 (1973), p. 263.
4. "Causality and Faster Than Light Particles" by P. L. Csonka, *Nuclear Physics B*, vol. 21 (1970), p. 436.
5. *Time Machines* by P. J. Nahin (American Institute of Physics, New York, 1993), p. 225.
6. "Can Time Go Backward?" by M. Gardner, *Scientific American*, vol. 216, no. 1 (1967), p. 6.
7. *Almanach des Lettres Françaises et Étrangères* by H. Berlioz, reprinted in *Larousse des Citations Françaises et Étrangères* (Larousse, Paris, 1976), p. 68.
8. "CP and CPT Symmetry Violations, Entropy and the Expanding Universe" by Y. Ne'eman, in *International Journal of Theoretical Physics*, vol. 3 (1970), p. 1.

Chapter 10: Backwards in Time

1. *The Sophist and The Statesman* by Plato, ed. A. E. Taylor (Nelson, London, 1961), p. 277.
2. "The Arrow of Time" by T. Gold in *Time*, eds. S. T. Butler and H. Messel (Shakespeare Head Press Proprietary, Sydney, 1965), p. 159.
3. Ibid., p. 161.
4. "Can Time Go Backward?" by M. Gardner, *Scientific American*, vol. 216, no. 1 (1967), p. 2.
5. *Cybernetics* by N. Wiener (MIT Press, Cambridge, Mass., 1948), p. 45.
6. "Time Symmetric Electrodynamics and the Arrow of Time" by F. Hoyle and J. V. Narlikar, *Proceedings of the Royal Society (London) A*, vol. 277 (1964), p. 1.
7. "The No-Boundary Condition and the Arrow of Time" by S. Hawking, in *The Physical Origins of Time Asymmetry*, ed. J. J. Halliwell, J. Perez-Mercader and W. H. Zurek (Cambridge University Press, Cambridge, 1994), p. 346.
8. "Cosmology, Time's Arrow, and That Old Double Standard" by H. Price, in *Time's Arrows Today*, ed. S. Savitt (Cambridge University Press, Cambridge, 1994).

Chapter 11: Time Travel: Fact or Fantasy?

1. *The Nature of the Physical World* by A. S. Eddington (Cambridge University Press, Cambridge, 1929) pp. 57–58.
2. "An Example of a New Type of Cosmological Solution of Einstein's Field Equations of Gravitation" by K. Gödel, in *Reviews of Modern Physics*, vol. 21 (1949), p. 447.
3. Cited in ibid.
4. "Gravitational Field of a Spinning Mass as an Example of Algebraically Special Metrics" by R. Kerr, in *Physical Review Letters*, vol. 11 (1963), p. 237.
5. "Rotating Cylinders and the Possibility of Global Causality Violation" by F. J. Tipler, in *Physical Review D*, vol. 9 (1974), p. 2203.
6. *Contact* by C. Sagan (Simon & Schuster, New York, 1985).
7. *Black Holes and Time Warps* by K. S. Thorne (Norton, New York, 1994).
8. "Closed Timelike Curves Produced by Pairs of Moving Cosmic Strings: Exact Solutions" by J. R. Gott III, in *Physical Review Letters*, vol. 66 (1991), p. 1126.
9. "Quantum Mechanics and Closed Timelike Lines" by D. Deutsch, in *Physical Review D*, vol. 44 (1991), p. 3197.
10. "Chronology Protection Conjecture" by S. W. Hawking, in ibid., vol. 46 (1992), p. 603.
11. *The Time Machine* by H. G. Wells (Heinemann, London, 1895), p. 151.

Chapter 12: But What Time Is It *Now?*

1. "Time and Becoming" by J. J. C. Smart, in *Time and Cause*, ed. P. van Inwagen (Reidel, Dordrecht, 1980), pp. 3–15.
2. "The Unreality of Time" by J. E. McTaggart in *Mind*, vol. 17 (1908), p. 457.

3. *An Experiment with Time* by J. W. Dunne (Faber & Faber, London, 1927).
4. "The Myth of the Passage of Time" by D. Park, *Studium Generale,* vol. 24 (1971), p. 20.
5. "Dirac's Cosmology and Mach's Principle" by R. H. Dicke, in *Nature,* vol. 192 (1961), p. 440.
6. "The Anthropic Principle and Its Implications for Biological Evolution" by B. Carter, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A,* vol. 310 (1983), p. 347.
7. "Time and the Anthropic Principle" by J. Leslie, *Mind,* vol. 101 (1992), p. 403.

Chapter 13: Experimenting with Time

1. *The Dimension of the Present Moment and Other Essays* by M. Holub, ed. David Young (Faber & Faber, London, 1990), p. 6.
2. For a full description, see, for example, *Consciousness Explained* by D. C. Dennett (Little, Brown, London, 1991), chh. 5, 6.
3. *Ways of Worldmaking* by N. Goodman (Harvester, Sussex, 1983), pp. 73–74.
4. Dennett, *Consciousness Explained,* p. 115.
5. Ibid., p 127.
6. "Subjective Referral of the Timing for a Conscious Sensory Experience" by B. Libet, E. W. Wright, Jr., B. Feinstein and D. K. Pearl, *Brain,* vol. 102 (1979), p. 193.
7. "Voluntary Finger Movements in Man: Cerebral Potentials and Theory" by L. Deeke, B. Grotzinger and H. H. Kornhuber, *Biological Cybernetics,* vol. 23 (1976) p 99.
8. *The Self and Its Brain* by K. Popper and J. Eccles (Springer International, New York, 1977).
9. *The Emperor's New Mind* by R. Penrose (Oxford University Press, Oxford, 1989).
10. Dennett, *Consciousness Explained,* chh. 5, 6.
11. *The Panda's Thumb* by S. J. Gould (Norton, New York, 1992), p. 251.
12. *Dragon's Egg* by R. Foreword (Ballantine, New York, 1980).
13. "Subjective Time" by S. Albert in *The Study of Time III,* eds. J. T. Fraser, N. Lawrence and D. Park (Springer-Verlag, New York, 1978), p. 269.
14. "Time and the Structure of Human Cognition" by M. Toda, in *The Study of Time II,* eds J. T. Fraser and N. Lawrence (Springer-Verlag, Berlin, 1975), p. 314.
15. *From Being to Becoming* by I. Prigogine (Freeman, San Francisco, 1980).
16. Penrose, *The Emperor's New Mind.*
17. *The Nature of the Physical World* by A. S. Eddington (Cambridge University Press, Cambridge, 1929), p. 97.
18. Ibid., p. 51.
19. Penrose, *The Emperor's New Mind,* p. 304.
20. *A Philosophical Essay on Probabilities* by P. S. Laplace (Dover, New York, 1951), p. 4 (original publication, 1819).
21. "Relativity and Indeterminacy" by H. Bondi, *Nature,* vol. 169 (1952), p. 660.

1175 | مكتبة

telegram @soramnqraa

هذا الكتاب...

يُعتبر كتاب حول الزمن - ثورة آينشتاين التي لم تكتمل - من أهم ما كتب في مجال فلسفة الفيزياء والعلوم في العقد الأخير من القرن العشرين، ويعتقد البعض أنه تجاوز كتاب - موجز تاريخ الزمن - الذي كتبه العالمِ الشهير - ستيفن هوكينغ - في عام ١٩٨٧ ولقي رواجاً عالمياً منقطع النظير.

يتناول المؤلف - بول ديفيز - الزمن كما تراه النظرية النسبية وكما قدَّمه لنا آينشتاين، فيبحث في مكابح الزمن والزمن النسبي، ثم يدخل بنا في رحلة شيّقة إلى الثقوب السوداء لنرى ما يحدث للزمن هناك، بعد ذلك يقودنا إلى نظرية الانفجار العظيم، ونظرية الفوضى... إلى الزمن التخيُّلي ودراسة الزمن من زاوية النظرية الكمومية، حتى يصل إلى سهم الزمن والتوجُّه مع هذا السهم وبعكسه فيناقش سفر الزمن إلى الماضي وهل ذلك حقيقة أم خيال، ثم يبحث في الاكتشاف الحديث الذي بدا فيه أن الكون أقل عمراً من بعض الأجرام التي يحتويها، مستنتجاً أن النظرية النسبية التي وضعها آينشتاين قدّمت فهماً ناقصاً لطبيعة الزمن.

هذا الكتاب استكشاف أنيق، آسر، وبارع للغز الزمن، استطاع المؤلف من خلاله أن يختبر نتائج أعظم نظريتين عرفتهما الإنسانية عبر التاريخ، وهما النظرية النسبية والنظرية الكمومية، كما استطاع أن يقدّم أطروحات أساسية حول ما يمكن أن تُسفر عنه الأبحاث الجارية حالياً، بالإضافة إلى أنه ينسج الفيزياء وما وراء الفيزياء في تجانس مثير ضمن مواضيع الزمن والكون.

باختصار شديد، فإنّ هذا الكتاب يقدّم نسيجاً مشتركاً لأضخم لغزين في تاريخ الإنسانية هما الزمن والكون في إطار أعظم نظريتين علميتين عرفتهما البشرية وهما النظرية النسبية والنظرية الكمومية، ويخرج باستنتاج مهم وخطير مفاده أن النظرية النسبية لم تكتمل بعد وأن النظرية الكمومية لم تستطع الالتقاء تماماً معها، ويفتح الباب واسعاً وعريضاً أمام احتمال توحيد هاتين النظريتين يوماً ما في إطار نظرية واحدة تستطيع حل اللغزين الأبديين: الزمن والكون.

9 789933 383961

للدراسات والنشر والتوزيع

نينوى