

كيف تبني آلة زمن؟

تأليف: بول ديفيز



ترجمة: منير شريف

مراجعة: عادل يحيى أبو المجد

1463

كيف تبني آلة زمن

تأليف : بول ديفيز

ترجمة : منير شريف

مراجعة : عادل يحيى أبوالمجد



2010

www.facebook.com/ketabme

المركز القومي للترجمة
إشراف: جابر عصفور

- العدد: 1463
- كيف تبني آلة زمن
- بول ديفيز
- منير شريف
- عادل يحيى أبو المجد
- نضعة نؤوى 2010

هذه ترجمة كتاب :
How to Build a Time Machine
By: Paul Davies
Copyright © Orion Productions, 2001
All Rights Reserved

حقوق الترجمة والنشر بالعربية محفوظة للمركز القومي للترجمة

شارع الجبلية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ - ٢٧٣٥٤٥٢٦ - فاكس : ٢٧٣٥٤٥٥٤

EL- Gabalaya st., Opera House, El Gezira, Cairo

e.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 2735424 - 2735426

Fax: 27354554

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشؤون الفنية

ديفيز، بول

كيف تبني آلة زمن/ تأليف: بول ديفيز ، ترجمة: منير شريف،

مراجعة: عادل يحيى أبو المجد

ط ١ - القاهرة : المركز القومى للترجمة ، ٢٠١٠

١٩٦ ص ، ٢٤ سم

١ - القصص الإنجليزية .

٢- القصص العلمية .

(أ) شريف؛ منير (مترجم)

(ب) أبو المجد ؛ عادل يحيى (مراجع)

٨٢٣

(ج) العنوان

رقم الإيداع ٢١٢٠٣ / ٢٠٠٩

التقديم الدولي: 1 - 664- 479 - 977 - 978 - I.S.B.N

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

تهدف إصدارات المركز القومى للترجمة إلى تقديم الاتجاهات والمذاهب الفكرية المختلفة للقارئ العربى وتعريفه بها، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافتهم ولا تعبر بالضرورة عن رأى المركز.

المحتويات

العنوان الأصلي للكتاب

- 9 تاريخ موجز لظاهرة ارتحال الزمن
- 11 مقدمة المراجع
- 15 مقدمة المترجم
- 17 شكر واجب
- 19 مقدمة المؤلف
- 23 الفصل الأول: كيف يمكنك زيارة المستقبل ؟
- 25 * الزمن والحركة
- 26 * مرونة وتمدد الزمن
- 29 * ليس هناك ما يمكنه تجاوز حدود سرعة الضوء
- 31 * تأثير "التوأم"
- 33 * كيف تستخدم الجاذبية في الارتحال إلى المستقبل
- 37 * هل من الحقيقي أن الزمن هو الذي يتباطأ ؟
- 41 * المستقبل قابع هناك
- 43 * ليس هناك "الآن" على نحو عالمي
- 47 - الفصل الثاني: كيف يمكنك زيارة الماضي ؟
- 49 * كيف ترتحل بسرعة تفوق سرعة الضوء
- 52 * كيف تصنع ثقبًا أسود ؟

- 56 * الثقب الأسود يمثل رحلة ذات طريق واحد إلى لا مكان
- 56 * الشق الدودي والمكان المنحني
- 63 * الزمكان المنحني
- 65 * الشقوق الدودية تحملنا إلى كون آخر
- 71 * لن تكون هناك مفردات مكشوفة
- 71 * كيف تصنع شقاً دودياً قابلاً للدخول فيه والخروج منه
- 76 * الجاذبية طاقة إيجابية، والمضاد لها هو الطاقة السالبة
- 81 - **الفصل الثالث: "كيف تبني آلة الزمن؟"**
- 89 * المفجر الداخلي (الذي يثير التفجير داخله)
- 91 * المضخم
- 94 * وسائل أخرى لصنع طاقة سلبية
- 97 * مزايا أخرى للمضخم
- 100 * المفرق
- 105 - **الفصل الرابع: كيف لكل ذلك أن يسفر عن معنى معقول؟**
- 107 * كيف يمكن تجنب "سيّاح" الزمن؟
- 108 * متناقضة الزمن: تغيير الماضي
- 112 * كيف تصنع المال؟
- 114 * كيف تجنى معلومات من الهواء؟
- 115 * كيف تصنع كوناً آخر؟
- 123 * الحماية التي يوفرها التسلسل الزمني

126	* نماذج بديلة لآلات الزمن	
129	* الزمن العائد للوراء	
131	الخلاصة	-
135	Bibliography قائمة المراجع والكتب المتعلقة بالموضوع	-
140	تعريف موجز بالأسماء والموضوعات	-
185	تعريف - ربما - أكثر من موجز بالمؤلف	-

تاريخ موجز لظاهرة ارتحال الزمن

- ١٨٩٥ هـ ربرت ج. ويلز H.G. Wells ينشر "آلة الزمن" *The Time Machin*.
- ١٩٠٥ ألبرت أينشتاين Albert Einstein ينشر نظريته عن النسبية الخاصة *Special theory of relativity*: التنبؤ بتمدد الزمن أو تمديده.
- ١٩٠٨ حدس أينشتاين بأن الجاذبية تبطئ الزمن.
- ١٩١٥ نشر أينشتاين نظريته عن "النسبية العامة" *General theory of relativity*.
- ١٩١٦ يقدم كارل شوارزتشيلد Karl Schwarzschild أول منطوق لـ "البقع السوداء/ الشق الدودي" كحل للنسبية العامة.
- ١٩١٧ اكتشاف لودفيج فلام Ludwig Flamm لسلوك شق دودي والذي سبق أن قدمه شوارزتشيلد كحل.
- ١٩١٧ يقترح أينشتاين قوة كونية مضادة كأول حدس عما يسمى "مضاد الجاذبية" *antigravity*.
- ١٩٣٤ التنبؤ بأن البقع السوداء تتشكل من النجوم المنهارة.
- ١٩٣٥ مناقشة الاقتراح المسمى "معبر: أينشتاين - روزن" *Einstein - Rosen "bridge"* (الشق الدودي).
- ١٩٣٧ يكتشف دبليو ج. ستوكم W.J. Stockum أول حل لمعادلة أينشتاين عن "حلقات الزمن".
- ١٩٤٠ لأول مرة تتم ملاحظة "تمدد الزمن" بوضوح.
- ١٩٤٨ يجد كيرت جودل Kurt Gödel أن الكون المتعاقب يسهم بدور في ارتحال الزمن.

- ١٩٤٨ أول مناقشة لما اكتشفه كازيمير Casimir وسمى "تأثير كازيمير" عن حالات الطاقة السلبية الكمية.
- ١٩٥٧ حدس جون هويلر John Wheeler بوجود الشقوق الدودية.
- ١٩٥٨ يقترح هوج إيفرت الثالث Hugh Everett I الأكوان المتعددة والحقائق المتوازية كتأويل أو تفسير لميكانيكا الكم.
- ١٩٦٣ يبدأ د. هو D. Who برنامجه على تليفزيون الـ بي بي سي BBC.
- ١٩٦٣ يكتشف روى كير Roy Kerr أن البقع السوداء المغزلية الحركة (الحلزونية) يمكن أن تحتوى على حلقات للزمن.
- ١٩٧٤ أشعة سيجنس إكس-١ Cygnus X-1، (الأشعة الصادرة عن برج البجعة) كإكتشاف يؤكد - وإعلان صريح - لوجود البقع السوداء عن طريق أشعة X الصادرة عن قمر صناعى تابع.
- ١٩٧٤ يُظهر فرانك تبلر Frank Tipler إمكانية السفر فى الزمن بالقرب من السليندرات المتعاقبة (الدوارة) المتناهية.
- ١٩٧٧ مناقشة فكرة أن البقع السوداء تعتبر بوابات لطرق تؤدي لأكوان أخرى.
- ١٩٨٥ الإذن بنشر "العودة للمستقبل" Backto the Future.
- ١٩٨٥ كارل ساجان يكتب روايته "اتصال" Contact.
- ١٩٨٩ يستهل كيب ثورن Kip Thorne بدراسة آلات الزمن عبر الشق الدودى.
- ١٩٩٠ يقترح ستيفن هوكنج Stephen Hawking حدس "ما يقمه التابع الزمنى من حماية" Chronology Protection.
- ١٩٩١ يصل ريتشارد جوت الثالث Ritchard Gott III لفكرة "آلة زمن الـ سوتر الكونى".
- ١٩٩٩ نشر كتاب ميشيل كريتون Michael Crichton "خط الزمن" Timeline.

مقدمة المراجع

كم داعبت فكرة الانتقال من زمن إلى زمن آخر خيال المفكرين والكتاب. وربما يكون أول ما وصل إلينا مما كُتب في هذا الموضوع هو الكتاب الذى ألفه صمويل مادن عام ١٧٣٣ بعنوان "ذكريات القرن العشرين"، والكتاب عبارة عن مجموعة من الوثائق الحكومية التى تخيل المؤلف أنها صيغت عام ١٩٧٧ تصف ما جرى فى هذا العام وأرسلت إلى الحكومة البريطانية القائمة عام ١٧٢٨ بواسطة ملاك، لكن المؤلف لم يذكر كيف حصل الملاك على هذه الوثائق وكيف عاد بها قاطعاً ٢٥٠ عاماً، وفي رواية أخرى لمؤلف مجهول نشرت بداية القرن التاسع عشر فى مجلة أدبية بأسكتلندا ثمة مسافر يجلس فى المحطة، فيجد نفسه فجأة وقد غادر إلى القرون الوسطى قاطعاً ألف عام وجالساً فى معية قس يحكى له عن التطور الذى سوف يحدث خلال الألف عام التى قطعها.

توجد عشرات المؤلفات الأخرى التى نشرت خلال القرن التاسع عشر عن مسافر قادم من المستقبل، وإن كانت هذه المؤلفات لا تبين بوضوح ما إذا كان المسافر قد سافر فعلاً أم أنه فنت رأى ما يحكىه فى المنام، وقد ساهم فى هذا النشاط مؤلفون مشهورون منهم مثلاً مارك توين الذى ألف رواية بعنوان "يانكى من كونيكيت فى بلاط الملك آرثر".

لكن أولى القصص المعقولة عن السفر عبر الزمن كتبها/ هـ. ج. ويلز عام ١٨٩٥ بعنوان "آلة الزمن" وفيها استخدم المسافر التكنولوجيا المعاصرة لبناء آلة تستطيع التنقل بين أزمنة مختلفة، وسافر بها مرة إلى الماضى ومرة إلى المستقبل، وقد قدمت هوليود ثلاثة أفلام مستوحاه من هذه القصة فى الأعوام ١٩٦٠ و ١٩٧٨ و ٢٠٠٠، ومنذ ذلك الحين أصبح السفر بين الأزمنة المختلفة من المواضيع المحببة فى الأدب والسينما بل وألعاب الفيديو.

وقد أسهمت النظرية النسبية في شحذ همّة الأدباء لتأليف روايات عن السفر عبر الزمن، فالنظرية النسبية تعتبر الزمن بعداً رابعاً بالإضافة إلى الأبعاد الكامنة الثلاثة مثلاً من الغرب إلى الشرق، ومن الجنوب إلى الشمال ومن أسفل إلى أعلى، وهكذا فإن الزمن والمكان يشكلان وحدة واحدة هي الزمكان كما يسميها الفيزيائيون، ومثلما يمكن تغيير اتجاه المحاور المكانية - فتمقيس المسافة بالنسبة لاتجاه الشمال الشرقي بدلاً من اتجاه الشمال فإننا يمكن إجراء تحويلات هندسية تجعل الانتقال من مكان إلى مكان يبدو بعدها انتقالاً من زمان إلى زمان آخر.

يتحاشى الفيزيائيون استخدام كلمة "سفر" أو "حركة"، فهي تعنى انتقال جسم من مكان إلى مكان آخر في أثناء "مرور الزمن"، لكنهم يتحدثون عن "منحنيات شبه زمنية" و "خطوط عالمية" تسمح للأشياء بالعودة إلى ماضيها، ومن ضمن ما يعتبر بديهياً في النظرية النسبية أنه إذا غادر مسافر الأرض بسرعة تقارب سرعة الضوء فإنه عندما يعود إليها سوف يجد أن الزمن الذي مر على الأرض أطول من الزمن الذي مر عليه، فإن استغرق في رحلته عاماً على سبيل المثال وجد أن الزمن الذي مر على الأرض أحد عشر عاماً، وكأنه يكون قد سبق زمانه بعشرة أعوام - وهكذا يكون قد تمكن من السفر إلى المستقبل إلا أن النظرية النسبية لا تقول لنا كيف نحسب الزمن الذي انقضى في "الحقيقة بين السفر والعودة.

ويختلف العلماء في تقبلهم لفكرة السفر من عصر إلى آخر، ولكن معظمهم يجمعون على استحالة السفر إلى الماضي، إذ أن هذا يتناقض مع السببية، فالمسافر إلى الماضي يستطيع من حيث المبدأ أن يلتقى بجده (الصغير حينئذ) فيقتله قبل أن يتزوج وقبل أن يولد أبو هذا المسافر. ويؤكد عالم الفيزياء الشهير ستيفن هوكينج أن عدم التناقض بمسافر قادم من المستقبل حتى يومنا هذا يُعتبر دليلاً دامغاً على استحالة السفر إلى الماضي، وإن كان هذا القول مردود عليه بأن السفر من المستقبل إلى عصرنا هذا ربما لم يحدث، أو أن القادمين من المستقبل لم يرغبوا في جعلنا نشعر بهم.

خلاصة القول إن الانتقال بين الأزمنة ما زال موضوعًا يختلف فيه العلماء، وهناك اجتهادات علمية متعددة بعضها في صالح السفر عبر الزمن وأخرى في غير صالحه. هذه وتلك هي ما يتعرض له مؤلف هذا الكتاب، فهو يشرح بإسهاب وبساطة أصعب النظريات العلمية فيجعلها في متناول العامة وتناقش الأفكار المختلفة عن السفر الزمنى سواء تلك التى تعتبره ممكنًا أم تلك التى تعتبره مستحيلًا.

وقد استطاع المترجم أن يعرض هذا الموضوع الصعب بلغة سهلة وإن لم تخلُ من البلاغة، وساعده فى ذلك دراساته الفلسفية والكتب التى سبق أن قام بترجمتها عن دور الفيزياء فى اكتشاف حقائق العالم الذى نعيش فيه.

أ.د. عادل أبو المجد

مقدمة المترجم

على سبيل الاستهلال :

نعم قارئى العزيز تظن من النظرة الخاطفة لعنوان الكتاب - وبالأحرى الكتيب - أنه من قبيل الخيال العلمى، وقد كانت الفكرة كذلك عندما أنشأها كرواية من هذا النوع الكاتب الأشهر هيرت ج. ويلز H.G. Wells عام ١٨٩٥ بعنوان "آلة الزمن" - وليس كيف تبنيها أو تصنعها - وسرعان ما اشتهرت، ومن ثم تلقفتها ماكينة هوليوود الضخمة لتحيلها إلى أفلام سينمائية تنجح إلى الخيال النسبى قديماً وحديثاً أيضاً، تم حديثاً جداً أفلام تعتمد على الأساس العلمى على نحو ما، وإذا لم تخنى الذاكرة المرهقة كان آخرها والذى عرض فى مصر تحت مسمى "اتصال" - والذى كان ترجمة حرفية للعنوان الأصلى للفيلم وبما يفيد مغزاه الفعلى - وقامت بدور اللاعب الرئيسى فيه الفنانة الأمريكية المعروفة جودى فوستر .

ولكن تريت يا صديقى فما بين يديك قام بتأليفه عالم حقيقى فى الطبيعة النظرية منحاذاً لدراسة الكونيات وبالأخص البيولوجيا الكونية - أى البيولوجيا خارج كوكب الأرض - حيث يشغل الآن منصبا استشاريا فى مجال الأستروبيولوجى Astrobiology أى الإحياء الفلكى (حرفياً) فى المركز الاستشارى للبيولوجيا الفلكية بإحدى جامعات أستراليا - باعتباره إنجليزى المولد والجنسية - وعلى ذلك يصبح المؤلف جاداً وليس من قبيل الهزل؛ لأن الفكرة التى كانت فى البدء خيالية فى أخرىات القرن التاسع عشر أصابها بدورها التطور - شأنها شأن العضويات الحية - وأيضاً الاختيار حين تناولها العلماء بالجدية الواجبة وبالصرامة العلمية المعهودة ما بين جدل علمى رصين، واختبارات فيزيائية ورياضية لتصبح مجالاً

علميًا جديدًا له علماءه ومتخصصوه، وإن ظلت - حتى الآن - غير عملية التحقيق في الواقع، ولكن جلنا يتذكر في النصف الثاني من القرن الماضي أن السينما أو الرواية حين عرضت لفكرة قيام أحد بزيارة كوكب القمر والتجوال على أرضه، كيف كنا نشعر بمدى إفراط الفكرة في الخيال، وبعدها ب عقود قليلة أصبحت أمرًا واقعيًا نعيشه. وعلى الجملة فلن يتوقف العلم أبدًا عن تحقيق مراميه.

ولتقديرى بأننى لا أود الإطالة فى هذا الاستهلال بدون مبرر إلا أنه بقيت نقطة لها نصيب من أولويات ما يجب - كما أعتقد - أن يشاركنى القارئ فيها - وهى تتعلق بإيمانى المطلق بالعلم كأسلوب حياة وتنمية وعمران للأرض، ومن ثم فعلى من يستطيع أن يجاهد فى نقل ما يقدر عليه من معارف الغرب أو الشرق البعيد إلى الناس فى مصر وسائر الناطقين بالضاد أن يفعل وبأقصى ما يستطيع، خاصة بعد أن حُسم قصب السبق لصالحهم حتى ولو نسينا. ولم يعد أمام القارئ - غير المتخصص - إلا أن يلم بكيف يفكر هؤلاء؟ وأى المجالات يرتادون؟

لعل وعسى ! فمن يدري ماذا سيحدث غدًا؟

منير شريف

العجوزة فى أكتوبر

٢٠٠٧

شكر واجب

أشعر بالامتنان للكثير ممن ساعدوني في هذا الكتاب. كما
أدين بشكر خاص للزملاء جيرارد ميلبورن **Gerard Milburn**
ودافيد ديلتشر **David Wiltshire** وأيضا وكيل أعمال جون
بروكمان **John Brockman** وناشر أعمالى فى بنجوين للكتب
Penguin Books ستيفن ماكجراس **Steven McGrath**.

بول ديفنير

مقدمة المؤلف

"مشاعر الخوف تحييط بى من محاولة نقل هذا الشعور الغريب الناجم عن الارتحال فى الزمن.. إنه غير ممتع إلى أبعد حد". هـ. ج. ويلز.

"السفر عبر الزمن هو مما لا يمكن تصوره" كينجلى آميس Kingsley

.Amis

ماذا لو أمكن بناء آلة يمكنها أن تنقل الإنسان عبر الزمن ؟
هل هذا مما يمكن تصديقه أو الوثوق فيه ؟

اعتقد قليل من الناس منذ مئات مضت من السنين فى إمكانية قيام الإنسان برحلة فى الفضاء الخارجى. وكان الارتحال فى الزمن، كما فى الفضاء الخارجى محض خيال علمى. اليوم أصبحت سفن الفضاء توشك أن تعتبر من الأمور العامة. وربما يصبح شأن السفر فى الزمن يوماً ما كذلك أيضاً ؟

السفر فى الزمن من السهل تخيله. مجرد أن ترتقى آلة الزمن، وتضغط على عدة أزرار قليلة، ثم تنزل منها ليس فى مجرد مكان آخر وإنما فى زمن غير الزمن - أعنى فى زمان ومكان آخرين. وكتأب الخيال العلمى أثاروا هذا الشأن بشكل تغلب عليه الجراءة مرات ومرات منذ ألهب هـ. ج. ويلز خيالهم بنشر روايته الشهيرة "آلة الزمن" عام ١٨٩٥.

كما ملأت الإثارة مشاعر المتفرجين (ومن بينهم المؤلف نفسه) لدى مشاهدتهم مغامرات "د. هو" والسيدة الجذابة المصاحبة له. كما جعلت أفلام السينما مثل "العودة للمستقبل" و "خط الزمن" الأمر كما لو كان ميسوراً.

وعلى هذا، فهل يتسنى ذلك ؟ هل السفر فى الزمن يمثل إمكانية علمية ؟

تكشف عدّة دقائق من التفكير عن بعض الأسئلة المخادعة. أين يقع بالضبط كل من الماضي والمستقبل؟ من المؤكد أن الماضي قد اختفى ولا يمكن استعادته، بينما المستقبل لم يأت بعد إلى الوجود؟ كيف للمرء أن يذهب إلى عالم غير موجود؟ ولو تركنا ذلك جانبًا فماذا عن التناقض الذي يستحيل تجنبه والذي ينجم عن زيارة المرء للماضي وتغييره؟ ماذا سيكون أمر الحاضر إذن؟ ولو أن السفر للزمن من الأمور السهلة ماذا سيكون بشأن الوقت بالنسبة للسياح القادمين من الماضي الذين سيزورون مجتمع القرن الواحد والعشرين؟

لا شك إذن في أن السفر في الزمن ينشئ لنا بعض المشكلات الجادة حتى بالنسبة للفيزيائيين الذين اعتادوا ارتياد الأفكار المدهشة وغير المألوفة مثل "المادة المضادة" "Antimatter" و "الثقوب السوداء" "black holes". ولكن ربما يرجع هذا. إلى أننا نوجه نظرنا للزمن بشكل خاطئ. وبعد كل شيء فإن نظرتنا للزمن قد تغيّرت بشكل درامى عبر السنين، ففي الثقافات القديمة كانت تلك النظرة مرتبطة بالعمليات والتغيّر، ومتجذرة في دورات الطبيعة وإيقاعها. ومؤخرًا اتجه إسحق نيوتن إلى وجهة نظر أكثر تجريديًا وأكثر ميكانيكية "زمن مطلق وحقيقي ورياضي، ويتدفق بالتساوي بعيدًا عن العلاقة بأى شيء خارجي وفق تعبيره هو، وهى النظرة التى حظيت بالقبول لدى العلماء لمائتى سنة بعده.

كل واحد افترض، دون التساؤل عن هذا، أنه مهما فضل أحد تعريفًا معينًا فإن الزمن هو الزمن فى كل مكان وبالنسبة لكل الناس. وبكلمات أخرى فهو "الزمن" مطلق وكونى أو عالمى. ومن الصحيح أننا نشعر بمرور الزمن على نحو من الاختلاف طبقًا لحالاتنا المزاجية، إلا أن الزمن نفسه هو ببساطة الزمن. وهدف المنبه أو الساعة هو تحييه التشوهات العقلية للزمن جانبًا، وتسجيل حالة الزمن موضوعيًا.



سير إسحق نيوتن Sir Isaac Newton

ومن الواضح - من خلال هذه النظرة - أنه يمكن تقسيم الزمن إلى شرائح ثلاث: الماضي والحاضر والمستقبل. والحاضر - الآن - هو اللحظة الزائلة من الحقيقة الفعلية، والماضي ذهب بدوره إلى التاريخ - مجرد ظل في الذاكرة، والمستقبل لا يزال غامضاً ولم يتشكل بعد. ومن المهم بصفة عامة أن اللحظة الحاضرة عبر الكون كله هي نفسها ومتكافئة مع لحظتي ولحظتك أيًا ما كان موقعك من الكون وأيًا كان ما يفعله كل منا. هذا هو الحس العام بالنسبة للزمن والذي يمثل استخدامنا له في حياتنا اليومية. وقليل من الناس قد يفكرون فيه على نحو مختلف. إلا أن هذا خطأ شديد، وخطأ جاد أيضاً.

وهذا لم يعد صحيحاً وبوضوح منذ أفول القرن العشرين، وارتبط بشدة وضع الزمن المتدفق كفكرة نتداولها في حياتنا اليومية باسم أينشتاين ونظريته عن النسبية والتي هدمت نظرة نيوتن لكل من المكان والزمان واستخلصت عدم جدوى تقسيم الزمن إلى ماضى وحاضر ومستقبل باعتباره تقسيماً لا معنى له، ومهدت الطريق إلى "السفر في الزمن".

وقد انقضى الآن أكثر من قرن على طبع ما سمي بنظرية النسبية الخاصة عام ١٩٠٥، والتي لقيت تقريباً قبولاً مباشراً من الفيزيائيين. وعبر عقود تم وضعها محلاً لاختبارات عديدة ومُجهدة، وثمة إجماع حالياً بين العلماء على أن "الزمن نسبي" وأن الفكرة التي ردها الحس العام عن أن الزمن مطلق وكوني هي التي أصبحت من قبيل الخيال العلمي. ومع ذلك فإن نسبية الزمن ما زالت تمثل للعامّة نوعاً من الصدمة. ويبدو أن الكثيرين لم يسمعوا بها بعد، والبعض منهم وبشكل سطحي لا يصدقونها حينما تذكر أمامهم رغم الأدلة التجريبية الواضحة.

وفي الفصول القادمة سوف نرى كيف أن النظرية النسبية تستخدم شكلاً محدوداً لإمكانية السفر في الزمن، وكيف يمكن أيضاً السفر بحرية إلى أي عصر ماضياً كان أو مستقبلاً. وإذا كان من الصعب عليك هضم هذا المعنى فذكر نفسك بالمقولة الشهيرة لـ: ج. ب. إس هالدين **J.B. S Haldane** "الكون ليس فقط أغرب مما فكرنا فيه، وإنما أغرب مما يمكن حتى أن نفكر فيه".

الفصل الأول

كيف يمكنك زيارة المستقبل ؟

"الزمن لم يتم تعريفه بشكل مطلق"

ألبرت أينشتاين

نحن مسافرون في الزمن كل الوقت، وذلك لدى أى حس واضح. وحتى بينما لا تفعل أى شيء، ستجد نفسك وعلى نحو لا يدع لك أى فرصة منتقلاً إلى المستقبل بنفس سرعة الثانية تلو الثانية. ولكن هذا لا يهمننا إلا قليلاً. لأن المسافرين عبر الزمن يحتاج إلى "وثبة" في الزمن وعلى نحو دراماتيكي يصل فيها إلى المستقبل قبل وصول أى أحد قبله.

هل يمكن فعل ذلك ؟

بالطبع يمكن. العلماء منذ حوالي قرن يعرفون التركيبة اللازمة لتحقيق ذلك سواء أمكن بناء آلة زمن لزيارة المستقبل أم لا.

الزمن والحركة:

لقد كان عام ١٩٠٥ هو العام الذي برهن فيه ألبرت أينشتاين على إمكانية السفر في الزمن. وهو فعل ذلك من خلال إزاحة وهدم نظرة الحس العام للزمن منذ نيوتن، وإحلاله محلها فكرة نسبية الزمن"، وهو كان وقت نشره لنظرية "النسبية الخاصة" لم يتعد سن الـ ٢٦ عاماً. ولم يكن وقتئذ مجرد شاب أشعث الشعر مدخناً للغليون يقدم نموذج فاعدة للأساتذة المولعين بالخيال العلمي، ولكنه كان شاباً نشطاً أتيق الملبس يعمل في المكتب السويسري لتسجيل براءات الاختراع. وخلال أوقات فراغه كان أينشتاين الشاب يدرس طريقة حركة الضوء، وفي عمله هذا لاحظ التضارب أو تناقض حركة الضوء مع حالة الأشياء المادية. وباستخدام أدوات رياضية مدرسية عالية المستوى أوضح أن سلوك الضوء بالطريقة التي يفترضها الفيزيائيون المبنية على فكرة نيوتن المباشرة عن أن الزمن لا بد أن يتدفق، هي غير ذلك.

وقاطرة التسببيات التي أدت إلى هذه النتيجة المدهشة من خلال حركة الزمن قد نوقشت طويلاً وبشمول ولا تهمننا في الوقت الراهن. والمهم لغرضنا الحالي هو ما ادعته نظرية "النسبية الخاصة" والمتمثل في:

مرونة وتمدد الزمن:

الزمن يمكنه أن يتمدد ويستطيل وأيضاً ينكمش. كيف؟ ببساطة عن طريق التحرك بسرعة بالغة.



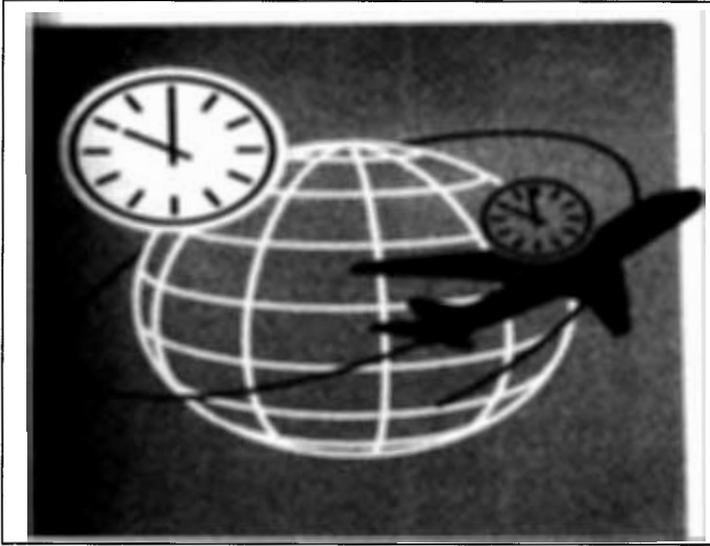
ألبرت أينشتاين Albert Einstein

ما الذى أعنيه بالضبط بقولى أنه يتمدد؟ دعنى أضع المسألة بمزيد من الحذر. طبقاً لنظرية النسبية فإن الأمد الدقيق للزمن بين أحداث محددة سوف يعتمد على الكيفية التى يتحرك بها الملاحظ. ومساحة الزمن بين زمنين وفقاً لساعتي ربما تكون ساعة واحدة حين أكون مستقراً بلا حراك وأنا جالس فى غرفة المعيشة، بينما ستكون أقل من ذلك حين أكون متحركاً هنا وهناك.

ولشرح هذه المسألة بطريقة أكثر عملية. أفترض أنني حجزت فى طائرة قادمة من لندن إلى مدينة كيب تاون **Cape Town** ثم عدت وأنت مازلت جالساً فى مطار هيثرو **Heathrow airport**. فإن تدفق الزمن بالنسبة للجالس بالمطار يكون هو نفسه بالنسبة لك أما فى الواقع فسيكون أقل قليلاً بالنسبة لى.

نقطتان من الواجب إيضاحهما هنا. أولاهما أنني لا أعنى بحديثى هذا أمر استمرار الرحلة كواقعة واضحة وظاهرة لأن خبرة المرء حالة كونه راكباً الطائرة أو قائماً بالحجز فى المطار، وانشغاله بمتابعة الطائرات وهى تتحرك وهو فى حالة سعادة بذلك دون حساب للوقت الذى يمر آنذاك، ليس هو موضوع المناقشة، لأنه باعتباره زمناً عقلياً يصبح موضوعاً مهماً فى علم النفس، وإنما الذى يعينى هو الزمن الفيزيائى الممكن قياسه بمنبهات لا عقول لها. والنقطة الثانية هو أن تتناقض الزمن فى المثال الذى طرحته هو من الصغر لدرجة أنه يمثل جزءاً من مئات الملايين من الثانية الواحدة وهو مما لا يمكن للإنسان أن يلحظه ولو أنه من الممكن قياسه بالمنبهات الحديثة.

وهذا يعد من أطرف وأجمل ما قام به الفيزيائيان جو هافيل **Joe Hafele** وريتشارد كيتنج **Ritchard Keating** عام ١٩٧١ حيث قاما بوضع منبهات إلكترونية عالية الدقة فى عدة طائرات تدور حول العالم، وبعدها قارنوا بين قراءات تلك المنبهات مع قراءات منبهات مشابهة كانت قد تركت على الأرض. وكانت النتائج مما لا خطأ فيها: الزمن يجرى بشكل أكثر بطناً فى الطائرة عن الزمن فى المعمل. حيث كان الفارق بين قراءات منبه الطائرة يقدر بـ ٥٩ نانو ثانية أبطأ عن المنبهات الأرضية وهو بالضبط ما تنبأت به نظرية أينشتاين.



ولأن وقتك ووقتي يتغايران إذا اختلف موقعنا من "الحركة" فمن الواضح أنه ليس ثمة زمن مطلق أو عالمي كما افترض نيوتن. والحديث عن الزمن على هذا النحو لا معنى له، كما اضطر الفيزيائيون إلى طرح السؤال: وقت من ؟

ولو أن تجربة هافيل - كيتنج كانت ذات مغزى فقد أصبحت في عداد التاريخ، ولا تصلح كفاية لخيال علمي، ولأن انفتال أو اعوجاج الزمن بما مقداره ٥٩ نانو ثانية(*) لا يكفي لعمل مغامرة ما. ولكي تحصل على تأثير كبير فعليك أن تتحرك بسرعة كبيرة جدًا، ومعيار السرعة التي أتحدث عنها لإحداث تأثير له معنى هي السرعة البالغة ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر في الثانية الواحدة. أي أنه كلما اقتربت من سرعة الضوء كلما كان التواء الزمن أكبر وأكبر.

(*) النانو هو جزء من الألف مليون (المراجع).

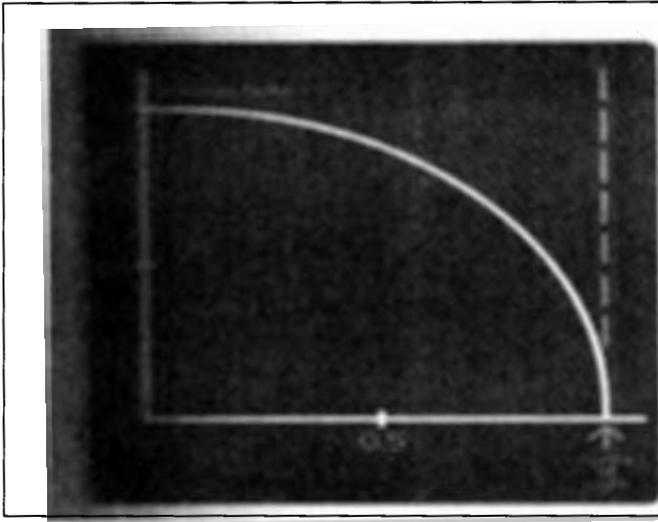
وهذا الإبطاء الذى تُحدثه الحركة فى الزمن يسميه الفيزيائيون "تمديد" الزمن - فَكَّر فى الزمن مقسوماً على سرعة الضوء، وقم بتربيع الناتج واطرحها من الرقم (١) وخذ جذر التربيع وستكون الإجابة: هى صيغة أينشتاين عن تحديد الزمن. وتستطيع أن ترى فى الرسم البيانى هنا عامل بطء الزمن، ولاحظ كيف يظهر الخط البيانى عامل التمديد كوظيفة تؤديها السرعة وكيف بدأ عمودياً ولكنه انحنى كلما اقترب من سرعة الضوء، فقد تباطأ بنسبة ١٣% عندما يعادل نصف سرعة الضوء، ثم عندما يعادل ٩٩% من سرعته سيصبح الزمن أبطأ بمقدار سبع مرات (قُرِّبَ هنا الساعة الواحدة إلى ما يقرب من ٨,٥ ثانية).

ومن الناحية التقنية فإن انحناء الزمن يصبح لا نهائياً عندما تبلغ الحركة سرعة الضوء. وهذه إشارة إلى أن ثمة مشكلة لأن الواقع يخبرنا أن أىّ مادة عادية لا يمكنها بلوغ سرعة الضوء. هناك تخوم للضوء لا يمكن تجاوزها أو خرق قاعدتها، وقاعدة عدم تجاوز سرعة الضوء هى النتيجة "المفتاح" للنظرية النسبية.

ليس هناك ما يمكنه تجاوز حدود سرعة الضوء:

وهذا يتضمن ليس فقط الأجسام المادية ولكن أيضاً الموجات، وتتأخرات المجال، وأى قدرات فيزيائية أياً كانت. وهذا مما يفسر موضوعات الخيال العلمى لأنه ولو أن السرعة ممكنه فإن الضوء يحتاج زمناً طويلاً لتغطية المسافات بين النجوم. وعلى سبيل المثال فإن أقرب النجوم للأرض يبعد عنها بمقدار ٤ سنوات ضوئية بما يعنى أن الضوء الصادر عن الأرض يحتاج لمدة أربع سنوات ليصل إلى هذا النجم. ومجرتنا "مجرة درب التبانة" يحتاج الضوء لعبورها وقتاً مقداره ١٠٠,٠٠٠ سنة بما معناه أن السيطرة عليها وإدارتها ستكون بالقطع عملية "بطيئة".

ومع ذلك فهناك ما يمكن أن نسميه "تعويضاً" لأنه بسبب تمديد الزمن، فإن ترحال الكائن أو الرائد الفضائي فيما بين الكواكب سيكون أسرع بالنسبة لهؤلاء الذين تركوا على الأرض لتأدية مهمة ما. وسفينة فضاء سرعتها ٩٩% من سرعة الضوء فإن عبورها المجرة سيستلزم ١٤,٠٠٠ عام، وعند سرعة تعادل ٩٩,٩٩ من سرعة الضوء، ستكون النتيجة أكثر إذهالاً لأنها ستحتاج فقط إلى ١٤٠٠ عام، أما لو استطعت الوصول إلى ٩٩,٩٩٩٩٩٩% من سرعة الضوء فإن نفس الرحلة ربما تستغرق أمد حياة المرء فقط.



وسرعات مثل هذه التي ذكرتها توًا تعتبر حاليًا فيما وراء الإمكانات التقنية لصناعة الطائرات (أحدث وأحسن طائراتنا لا تتجاوز سرعتها جزءاً من عشرة آلاف جزء من سرعة الضوء) إلا أن هناك أشياء ترتحل بسرعات تقترب من سرعة الضوء. وهذه هي الجسيمات دون الذرية مثل الأشعة الكونية، والشذرات الذرية التي ينفثها النشاط الإشعاعي للأجزاء المنهارة والمتلاشية في الفضاء والتي تتسارع بشدة لتمثل نوع من اللطمة الذرية في الفضاء. ومن الممكن أن تلاحظ

تمديدًا كبيراً للزمن باستخدام هذه العناصر كمنبهات عادية. كما أن مُعَجَّل العناصر المعروف بالحروف الاختصارية (LEP): **Large Electron Positron Collider** والكائن بمعامل المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية **Européenne pour la Recherches Nucléaire: (CERN)** بالقرب من جنيف، والذي باستطاعته حث سرعة حركة الإلكترونات إلى $99,999999999\%$ من سرعة الضوء. وهذه السرعة لا تحققها بنجاح سرعة الصوت في مسألة الإبطاء هذه. وفي مثل هذه السرعة المحققة وصل عامل انحناء الزمن إلى حدود المليون. وحتى هذا المستوى من أسلوب المسيرة فلا معنى له بالمقارنة مع عامل انحناء الزمن فيما يبلغ من بلايين التجارب لبعض الأشعة الكونية.

وفي سلسلة من التجارب الحذرة أجراها CERN عام ١٩٦٦، وُجد أن العناصر المسماة "ميونات" **muons** قد تداولها معجل صغير لاختبار معادلة أينشتاين عند تمديد الزمن، وفي أقصى محاولات لضبطها لم تكن الميونات مستقرة كما أنها تتلاشى عند نصف عمرها المعروف. والميونات المستقرة خارج المُعَجَّل تبدأ في التلاشى في متوسط حوالى اثنتي عشرة مايكرو ثانية، ولكن تلك المتحركة داخل المُعَجَّل الذى يصل بها إلى سرعة $99,7\%$ من سرعة الضوء فإن حياة الميون تمتد إلى ما يعادل ١٢ مرة.

تأثير التواء:

تأثير الحركة على الزمن عادة ما يُناقش عبر قصة رمزية عن "التوائم". وهى تدور تقريباً حول هذا المعنى: قرر كل من الإخوة "سام" و "سالى" أن يختبرا نظرية أينشتاين، وقامت سالى بحجز تذكرة فى سفينة فضاء طارت بها بسرعة تعادل 99% من سرعة الضوء إلى نجم قريب تفصلنا عنه عشر سنوات ضوئية، وبالطبع بقى سام بالمنزل ليلاحظ أن الوقت الذى استغرقته شقيقته طبقاً للتوقيت الأرضى هو عشرين عاماً. ولم يكن الوقت كذلك بالنسبة لسالى فقد استغرقت الرحلة وفقاً لها ثلاث سنوات

فقط، ولذا عندما عادت للأرض وجدت أن العام هو ٢٠٢١ بينما حين بدأت الرحلة بعد حجز مقعدها كان التاريخ عام ٢٠٠١، وهكذا أصبح سام شقيقها أكبر من عمره الذى خلفته عليه بما يساوى ١٧ عامًا وبالتالي لم يعد كل من سام وسالى توأمين من نفس السن. وكثاثير واضح فإن ذلك يعنى أن سالى قد ارتحلت إلى ما مقداره ١٧ عامًا من المستقبل بالنسبة لسام. وأنه مع سرعة كافية يمكنك أن تقفز إلى أى تاريخ ترغبه فى المستقبل. أى أنه يمكنك أن تبلغ العام ٣٠٠٠ فى أقل من ستة شهور إذا ما بلغت السرعة التى تسافر بها ما مقداره ٩٩,٩٩٩٩٩٩% من سرعة الضوء.

ولكن السفر عبر الزمن يعمل بطريقة عكسية من السفر عبر الفضاء. من المعروف أن أقصر طريق بين نقطتين هو الخط المستقيم، ففى حياتنا اليومية تستطيع أن تصل بين النقطة (أ) و النقطة (ب) أسرع حينما تسلك بينهما فى طريق مستقيم. بينما حين يكون الأمر متعلقًا بالارتحال فى الزمن فإن بقاء سام فى المنزل قد أوصله إلى زمن أطول، أى أنه أخذ الطريق الأطول لبلوغ العام ٢٠٢١. لكن سالى بتحليقها فى الفضاء قد قصرت الزمن على نحو درامى بين واقعتين "العام الأرضى ٢٠٠١" و "العام الأرضى ٢٠٢١"؛ أى أنها واقعيًا كلما طارت أكثر فى الفضاء على هذا النحو، قصر الزمن بين الواقعتين.

ويرى بعض الناس أن ظاهرة التوائم تلك تثير التناقض، لأنه من وجهة نظر سالى فإنها تجلس مستقرة فى الصاروخ الذى يسافر بها بينما الأرض هى التى تبدو لها وكأنها تطير بعيدًا عنها. ومع ذلك فليس ثمة تناقض هنا لأن موقف كل من سام وسالى ليسا متطابقين. ذلك أن سالى هى التى تتسارع بعيدًا بسبب عمل الصاروخ، وناورت حول النجم منتهية بإبطاء الصاروخ للهبوط عائدة إلى الأرض. وهذه التغييرات فى الحركة هى التى جعلتها تكبر فى السن بدرجة أقل من شقيقها سام المستقر على الأرض.

ويجب أن تلاحظ أن سالى لا يمكنها العودة للأرض فى العام ٢٠٠٧ بهذه الطريقة لتعادل عمرها مع عمر شقيقها التوأم سام. وإذا ما هى عكست مسارها المنحنى سوف تنجح فقط فى القفز فى الفضاء لمدة ١٧ عامًا أخرى من مستقبل سام. فالتحرك بسرعة عالية يمثل رحلة إلى المستقبل بطريق واحد لا عودة منه.

كيف تستخدم الجاذبية فى الارتحال إلى المستقبل:

السرعة هى إحدى وسيلتين لانحناء الزمن والوسيلة الأخرى هى "الجاذبية". فى حوالى عام ١٩٠٨ بدأ أينشتاين فى توسيع نظريته الخاصة للنسبية لتتضمن تأثيرات الجاذبية، ومن خلال جدليات فعلية تتعلق بالضوء توصل إلى النتيجة المدهشة بأن:

الجاذبية تبطئ الزمن:

وهو لم يستطع الإمساك به بإحكام أو يحسم نهائياً تلك النتيجة حتى عام ١٩١٥ حين قدم نظريته عن النسبية العامة وهى التى وسعت من نظريته الخاصة عن النسبية المنشورة عام ١٩٠٥ لتشمل تأثيرات حقول الجاذبية على الزمن وعلى الفضاء أيضاً. وعبر الأرقام التى ضمنها نظريته فإن جاذبية الأرض تؤدى إلى أن المنبهات تفقد ما يعادل مايكروثانية كل ٣٠٠ سنة. مما أدى إلى التنبؤ العجيب بأن:

الزمن يجرى بشكل أسرع فى الفضاء:

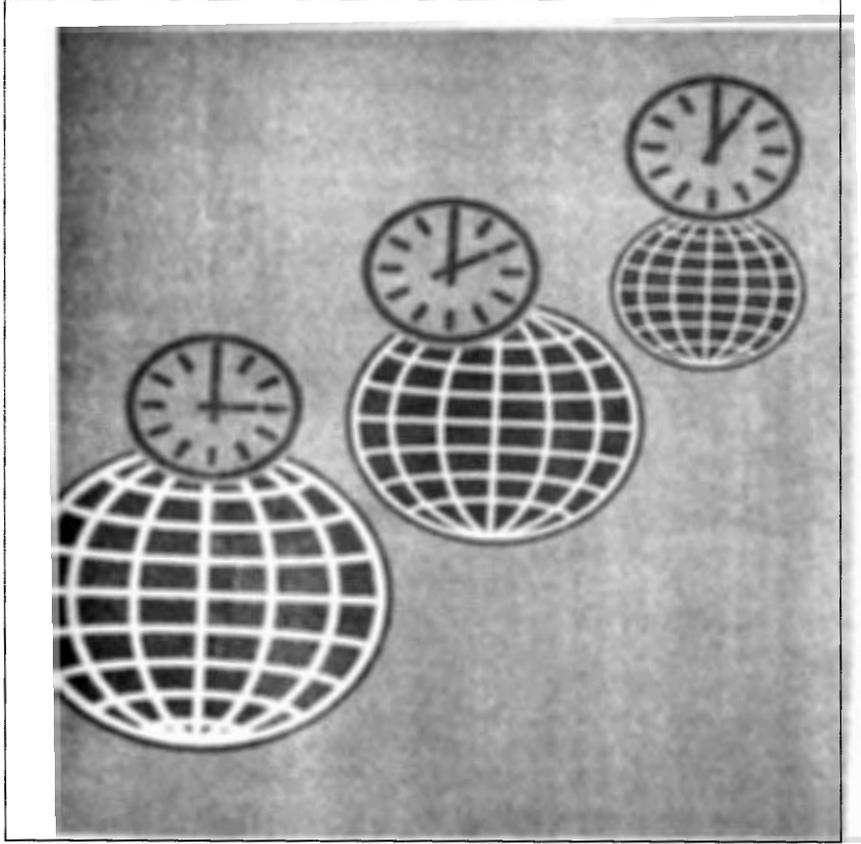
ولكن ليس بالدرجة التى يستطيع أن يلاحظها رائد الفضاء (ربما تكسب فقط ما مقداره ٢ ميللى ثانية بعد قضائك ستة شهور فى محطة دولية فضائية). ومع ذلك يستطيع الفيزيائيون أن يقوموا بقياس ذلك الأثر بواسطة موقتات (منبهات) عالية الدقة. ومن ذلك أنه فى عام ١٩٧٦ استطاع كل من روبرت فيسوت **Robert Vessot** ومارتن ليفين

وأنت إذا استطعت أن تضغط الأرض إلى ما يعادل نصف أبعادها (مع الاحتفاظ بكتلتها الحالية) فإن جاذبية سطحها سوف تتضاعف، وكذا مقدار انحناء الزمن. استمر في الضغط وستجد أن هذا التأثير يزداد. وعندما يصل نصف القطر إلى قيمة حرجة مقدارها ٠,٩ من السننيمتر فإن الزمن سيستقر متجمداً، ولا مهرب حينئذ لأى شىء. ويُظهر الرسم البياني عامل الإبطاء الزمني في منبه على سطح الكرة المعينة. ولاحظ كيف أن انحناء الزمن يصبح لا نهائياً (كأن يتباطأ الزمن إلى درجة صفر) عندما يصل انكماش الكرة إلى ما يساوى حجم حبة البسلة أو نحوها.

الهرس على هذا النحو على سننيمتر مكعب يعد بالطبع من الأفكار التوهمية بالتمام. ولكن ضغطاً مذهلاً يحدث على هذه الشاكلة في مجال الفيزياء الفلكية. فمثلاً عندما يفقد النجم وقوده فإن انسحاقاً هائلاً له يتم وينضغط وزنه لينحول في مشهد عجائبي إلى مجرد شظية من حجمه الأصلي. وبعضاً من النجوم الكبيرة تتفجر داخلياً فجأة مُشكِّلة كُرَات حلزونية مغزلية الحركة لا تزيد الواحدة منها عما يعادل مساحة لندن ولو أنها تحتوى (الواحدة منها) على كتلة تفوق كتلة الشمس (حوالى ٢٠٠٠ تريليون تريليون طن). وجاذبية هذه النجوم المنهارة تعتبر هائلة لدرجة أن الذرات فيها تنسحق لتصبح كلها محتوية على نيترونات فقط، حتى أنهم يطلقون عليها: "النيترونات النجمية". واحد من مثل هذا يقبع بمدار برج الثور، عميقاً في سحابه شعناء خشنة متكونة من غازات متمددة تعرف بـ "السرطان الهائج" **Crob nebula**، وهذا "الهائج" يتكون من البقايا المتبعثرة لنجم عملاق شوهد ينفجر عام ١٠٥٤ بمعرفة مؤرخ صيني.

وقد اكتشف الفلكيون الكثير من مثل هذه الأشياء، وقرروا أن الجاذبية عند سطوحها هائلة لدرجة إحداث انحناء فعلى للزمن. و"منبه" موجود على نجم نيتروني سوف يظهر قراءة وقت أبطأ من منبه موجود على الأرض بما يعادل ٣٠%. ولو أنك اتخذت موقعاً قريباً من نيترون

نجمى (مع اعترافى بأن هذا ليس اقتراحًا عمليًا بالمرّة) فسوف تحصل على آلة زمن جاهزة الصنع للارتحال بها إلى المستقبل، لأن سبع سنوات هناك سوف تعادل عشر سنوات تمر على الأرض.



وإذا استطعت أن تلقى نظرة على الأرض من موقعك ذاك أو من على سطح نيترون نجمى، سوف ترى الأحداث الأرضية متسارعة شأنها شأن إدارة شريط الفيديو على نحو سريع للوصول إلى نقطة معينة فيه. والأحداث من خلال وجودك فى هذا الجوار ستبدو طبيعية، ولو أنك لن

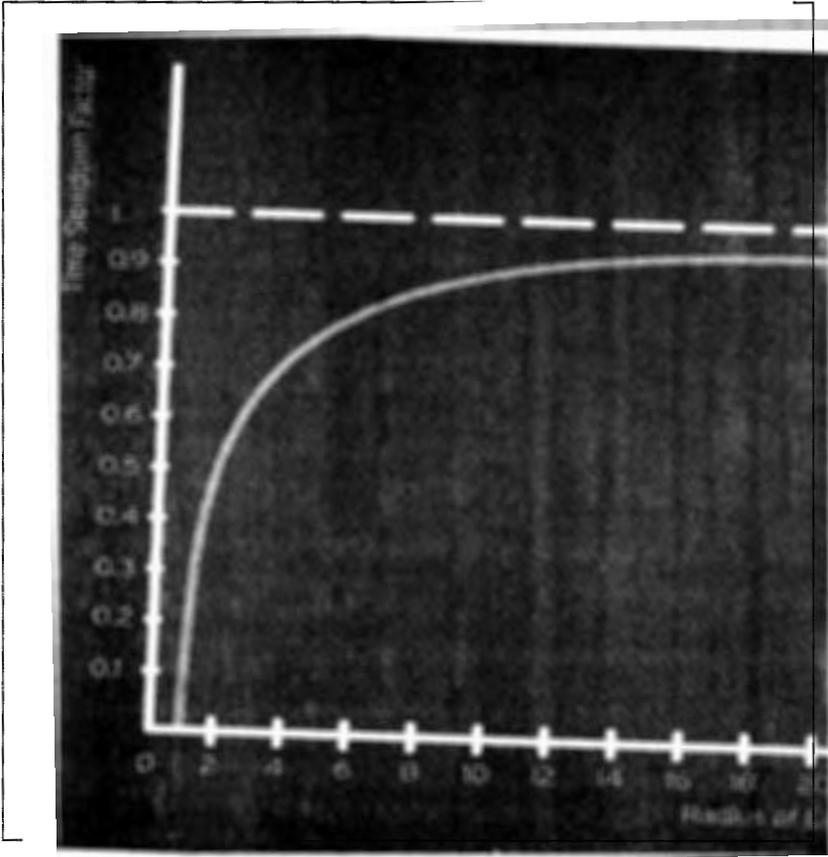
تشعر إزاءها بأنك تعيش فى عالم ذى سرعة عالية أو أن الزمن العقلى لديك سوف يضطرب.

هل كل هذا حقيقى ؟ نعم إنه كذلك. هناك زوجان من النجوم النيوترونية بين مجموعة نجوم برج العقاب "Aquila" اللذان يتقافزان حول بعضهما وهما ينفثان دفقات **bleeps** من الإشعاعات الرادارية (إشعاعات الرادار) العادية، ومتيحان الفرصة للفلكيين لكى يؤكدوا دقة انحناء الزمن كظاهرة تتبأ بها أينشتاين فى نظريته عن النسبية العامة.

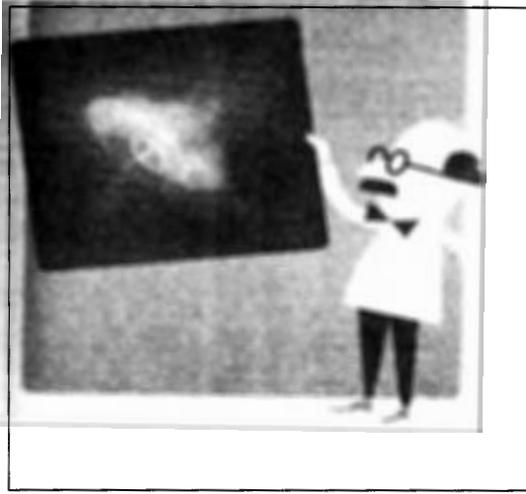
هل من الحقيقى أن الزمن هو الذى يتباطأ ؟

يرفض بعض الناس القول بأن نظرية النسبية مجرد أنها تصف كيف أن المنبهات تتأثر بالحركة والجاذبية وليس الزمن ذاته. لكن هذا من قبيل عدم الفهم لأن المنبهات تقيس الزمن، ولو أن كل المنبهات (بما فيها الدماغ البشرى الذى يحكم فهمنا للزمن) تتباطأ بدرجة واحدة ومتساوية يكون صحيحًا القول بأن الزمن نفسه هو الذى يبطئ، لأنه لا أمد للزمن بخلاف ما نستطيع قياسه عبر المنبهات (من أنواع معينة). وبالتساوى فلو أن المسافات تنكمش بناء على نفس العامل، فمن الصحيح أن نقول أن الفضاء بدوره قد انكمش.

ولإيضاح هذه النقطة، افترض أن لى جدًا رقيقًا وكبير السن ومعه ساعة أعطيتها له وهو راكب طائرة نفاثة لكى أختبر بها تأثير أمد الزمن، فلو توقفت الساعة ولو لهنيهة أثناء هبوط الطائرة على مدرج المطار، فإنه سيكون من الخطأ استنتاج أن الزمن توقف فى الطائرة لأن الساعة توقفت عن تكاتها. ولكى يكون ثمة معنى لأمد الزمن، فإن تأثيرات التسارع على آلية المنبه يجب أن تكون فى حد ذاتها معاملاً قبل استخلاص أى شىء عن الزمن ذاته.



إن أمد الزمن هو الظاهرة الخالصة التي تبقى. ولاحظ أنه أثناء الحركة الناعمة، مثل الطيران المنتظم والهادئ على طائرة ما فليس هناك تأثيرات ميكانيكية على المنبهات على أية حال. (وقد علمنا جاليليو **Galileo** منذ وقت طويل أن الحركة المضطربة والمنتظمة هي وحدها غير مطلقة ونسبية). وسرعة الضوء الثابتة لا تؤدي إلى أية قوى يمكنها أن تؤثر على المنبهات، وإلا كنا قد أصابنا القلق على أن المنبه سوف يعتمد على سرعة الأرض في الفضاء.

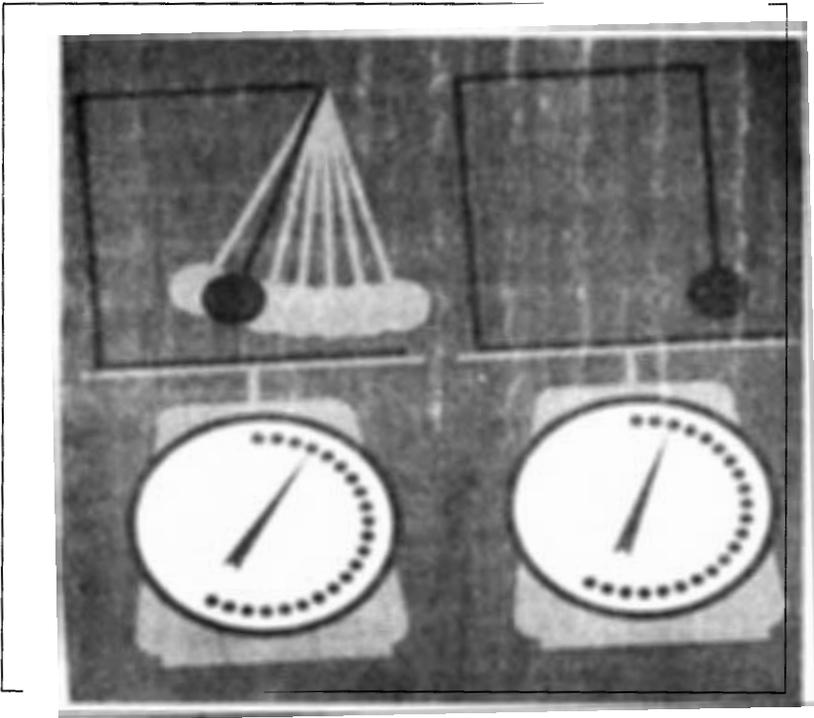


معادلة أينشتاين الشهيرة: $E=mc^2$

حتى هؤلاء الذين لم يتلقوا تعليمًا علميًا سيكتفون على معرفة ما بمعادلة أينشتاين الشهيرة "ط = ك س^٢" $E=mc^2$. والتي ستقدم دورًا حاسمًا في مناقشتنا عن ارتحال الزمن. والرموز هنا تعني: (E) = طاقة speed of light (M) = كتلة mass، (C) = سرعة الضوء speed of light. والنظرية تخبرنا أن الكتلة والطاقة لهما صلة ببعضهما. وكما أن الطاقة لها كتلة فإن الكتلة شكل من أشكال الطاقة. وفي الرسم الإيضاحي يظهر أن البندول المتأرجح أثقل بدرجة خفيفة عن البندول الثابت، وكل متساويان آخران ذلك لأن الحركة الناشطة للبندول لها كتلة. والمعامل C^2 رقمه كبير جدًا لأن سرعة الضوء بدورها كبيرة للغاية. وهذا يعنى أن قطعة صغيرة من الكتلة تستحق قدرًا مروعًا من الطاقة. وعلى سبيل المثال، فإن جرامًا واحدًا من المادة يتحول إلى طاقة، فسيعطى قوة تضيء مدينة كاملة لعدة أيام. والتفاعل النووي من هذا النوع المستخدم فى محطات القوى لتحويل واحد فى المائة من كتلة الوقود إلى طاقة يمنح

ما هو أكثر بكثير من التفاعل الكيميائي. ولمجرد الحديث فإن الكميات المألوفة من الطاقة ليس لها كتلة كبيرة فالحرارة المطلوبة لإحداث الغليان في براد شاي كهربائي سوف تزن ما لا يزيد عن كمية تافهة تقدر بـ ٥٠ بيكوجرام (*).

والطاقة تدخل في قصة آلة الزمن عبر الجاذبية، لأن الكتلة تعد مصدرًا للجاذبية. وبما أن الطاقة لها كتلة فلا بد أنها جاذبة أيضًا. وعلى سبيل المثال فإن طاقة الحرارة داخل الأرض تسهم في إضافة قليل من النانوجرامات إلى وزن جسمك.



(*) البيكو: جزء من المليون مليون، (المراجع).

وقد اشتق أينشتاين معادلته من نظرية النسبية الخاصة. ففي أحد الأيام ألقى نظرة خاطفة على الصلة التي تعكسها حقيقة أن الأجسام المادية لا يمكنها أن تتجاوز سرعة الضوء. ما الذى يحدث لو أنك حاولت أن تجعل عنصرًا من مادة ما يتسارع إلى حدود أو تخوم سرعة الضوء ؟ هذا هو بالضبط ما يفعله الفيزيائيون مع العناصر دون الذرية من خلال المعجلات الكبيرة. والنتيجة أنه عندما يقترب العنصر من سرعة الضوء يصبح أكثر ثقلاً بمعنى أن تصبح له كتلة (إليكترون يدور فى معجل معمل LEP، على سبيل المثال، يزن بما يفوق ما مقداره مائة ألف مرة إليكتروناً ثابتاً أو مستقرًا). وهذا بدوره يجعل تزايد سرعة العنصر أصعب فأصعب، ومزيد من الطاقة يزول من جراء ازدياد ثقل العنصر، وهذه تجعل زيادة سرعته أقل فأقل. إن سرعة الضوء هى التخوم النهائية التى يستطيع العنصر، إذا استطاع الوصول إليها، أن يتضمن كتلته اللانهائية، ولجعله يُزيد من سرعته أكثر فسيطلب الأمر قوة لا نهائية، وهو المستحيل بعينه.

المستقبل قابع هناك

ولو أن هـ. ج. ويلز قد سلط الضوء على أن الزمن يمكن أن يُنظر إليه كبعد رابع، وذلك قبل نظرية النسبية الخاصة لأينشتاين بعشر سنوات. حيث جاء حدسه بأنه إذا كان فى استطاعتنا التحرك عبر فضاء ثلاثى الأبعاد، فإنه من الممكن التحرك عبر البعد الزمنى أيضاً. ولكن هذه الفكرة المزجّاه للتسلية تفترض ضمناً أن الماضى والمستقبل موجودان هناك فى مكان ما وبالتالى ليس الحاضر وحده هو الحقيقى. ويفكر الفيزيائيون طبيعياً فى أن الزمن كله يتساوى فى الوجود، ويصنع لنفسه مهرباً زمنياً ممتداً. ولتكن متأكداً من أن مفاهيم: الماضى والحاضر والمستقبل هى مجرد صور بلاغية مُرضيه وكافية فى مجال تعامل البشر مع شئونهم، ولكنها لا تحوى أى معنى فيزيائى مطلق. وأينشتاين عبّر عن ذلك بنفسه وبشكل يوحى بكله من الأمر فى رسالة لأحد أصدقائه "الفرق بين الماضى والحاضر والمستقبل هو مجرد وهم، حتى ولو كان ذلك أمراً فظاً".

وهذا الوضع عادة ما يؤدي بغير الفيزيائيين إلى ما يشبه الجنون: كيف يمكن للماضي والمستقبل أن يوجدًا بمثل وجود الحاضر؟ وقد قدم أينشتاين المناقشة التالية التي توضح كيف يستعصى علينا تشريح الوقت بدقة إلى ماضى وحاضر ومستقبل، وعلى نحو يجعل جميع الملاحظين يوافقون عليه. ولتبدأ بالسؤال: كيف نعرف أن "الآن" في مكان ما هو نفسه "الآن" في مكان آخر؟ فكر في ذلك. افترض أن الساعة الآن هي السادسة مساءً حيث أنت. ما هي الأحداث التي تقع على الجانب الآخر من العالم في نفس اللحظة؟ أصرَّ أينشتاين على أنه لا توجد إجابة دقيقة على هذا السؤال البسيط.

لماذا؟ ربما تعجب؟ ألا يمكننا أن نهاتف شخص ما تليفونيًا ونعقد مقارنة هادئة (واحدة تتلو واحدة)؟ حسنًا، المشكلة هي أن إشارات التليفون تستغرق وقتًا في ترحالها، حتى ولو كانت في سرعة الضوء، وفي الواقع هي تأخذ جزءًا من عشرة من الثانية في توصيل الرسالة الصوتية عبر الكرة الأرضية في ألياف مرئية (هذا القدر من التأخير لا تلحظه الأذن البشرية) وهكذا فإن الأخبار من الجانب الآخر من العالم تصل متأخرة قليلاً (بالتأكيد ليس كثيرًا ولكنني هنا أوضح المبدأ، فإذا كان لك صديق يقيم في المريخ فإنك قد تنتظر ٢٠ دقيقة لتعرف ما الذي يحدث). وطالما أنها قاعدة أساسية في الفيزياء أن لا إشارة يمكنها أن تتجاوز سرعة الضوء، فلا مناص إذن من بعض التأخير.

وهذا التأخير في حد ذاته لا يمثل مشكلة، لأنك ببساطة تستطيع أن تعوضه من خلال الطرح المسبق للوقت المتطلب لوصول الإشارة. والصعوبة الحقيقية تكمن في حقيقة أن الملاحظين الذين يتحركون بطريقة مختلفة لا يوافقون على قيمة عامل التعويض ذلك. وهذا لأن منبهاتهم تتك بطريفة مختلفة طبقًا لتأثير تمدد الزمن. وهكذا ستختلف الآراء اعتمادًا على من الذي ستستشير، وعلى قدر التأخير الذي انقضى، بينما الإشارة الضوئية (الرادارية) مرتحلة بين المكانين. وأى رائد فضائي يعبر الأرض بنصف سرعة الضوء سوف يَرُجِح بجديفة ملاحظ مقيد بالأرض في تحديد قدر التأخير بالضبط لإشارة تدور حول الأرض.

وكنتيجة لهذا الخطأ فى التسمية، فليس ثمة واقعة تشبه الأخرى على النصف الآخر من العالم، أو على المريخ وبصفة عامة فى أى موقع من الفضاء بعيداً عن موقعك أنت، إذا ما كانت متزامنة مع ما تميل إلى تسميته "الآن" بالنسبة لك. سوف يكون هناك مستوى آخر لمثل هذه الوقائع فى الأماكن البعيدة. حيث الوقائع المميزة التى يمكن الحكم عليها بأنها وقعت فى السادسة مساءً وأنت جالس فى منزلك حيث ستعتمد على كيف يتحرك الملاحظ. وهذا الالتباس لن يكون كبيراً عندما يتعلق الأمر بالأرض (مجرد شريحة أو شذرة من الثانية بطريقة أو أخرى) ولكن التنافس بين مجموعة "الآنات" يظهر وينمو عندما يتعلق الأمر بالمسافات الكبيرة. بالنسبة للمريخ تكون عدة دقائق، وبالنسبة لنجم على الجانب الآخر من المجرة، فإن الوقائع فوقه التى تحدث فى نفس اللحظة من يومنا هنا على الأرض ربما تقع فى مكان ما من إمتداد زمنى يصل إلى ١٠٠,٠٠٠ سنة.

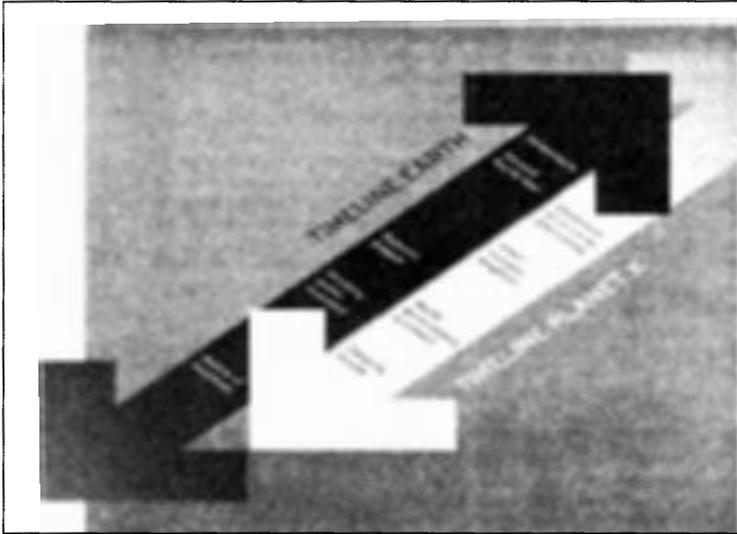
وزبدة الكلام هنا أنه لا توجد لحظة حالية تكون هى نفسها اللحظة بالنسبة لكل شخص فى أى مكان. ولكى نفهمها بشكل واضح.

ليس هناك "الآن" على نحو عالمي:

علينا أن نقبل بأن الزمن فى مكان بعيد لا بد أن يمتد على نحو ما عن ما نفهمه عن الماضى وعن المستقبل. وعلى نحو متماثل فإن المراقبين البعيدين سوف يلاحظون أن الزمن على الأرض يمتد بدوره إلى ماضيهم ومستقبلهم. وليس هناك طريقة أخرى لإيجاد معنى للحقائق. ومن الواضح إذن أنه من المفضل التفكير بأن الحاضر فقط هو الحقيقى، حين يعبر الكون. لأن بعض الأحداث التى تحكم عليها بأنها تمثل "الحاضر" بالنسبة لك، سوف يعتبرها البعض الآخر وقائعا كامنة فيما يعتبره "مستقبله" أو "مستقبلها" أو الحاضر، والعكس أيضاً صحيح.

ولتأخذ فى اعتبارك مثلاً محددًا، إن الأرض لها تاريخ محدد، وكذلك أى كوكب افتراضى "X" يقع على بعد ٥٠٠٠ سنة ضوئية - محاولات مقارنة التواريخ معينة على الكوكبين ستصبح مسألة لا أمل فيها، لأن اتجاه خطوط الزمن على مدى آلاف السنوات الضوئية سيكون غامضاً وملتبساً.

إن هذا لا يتضمن أن نظام "السبب" و "الأثر" يمكن أن يأخذ منحى عكسياً ببساطة حين الترحال باستخدام سرعات عالية. ودعنى أشرح لك لماذا ؛ الأحداث يمكن أن يكون لها نظام زمنى ملتبس فقط عندما لا يكون الضوء ممتدًا كفاية للمرور بينها. وعلى سبيل المثال لو أننى أطلقت النار وبعد ثانية واحدة أطلق كائن فضائى النار من فوق المريخ (بتقديرى أنا) فإن ملاحظاً فى سفينة فضاء مسرعة ربما يحكم بأن البندقية على المريخ قد أطلقت قبل بندقيتى. أما لو أطلقت بندقية المريخ بعد أسبوع من بندقيتى، فإن الكل سيتفق على من الذى بدأ الإطلاق أولاً، ذلك لأن مدة الأسبوع هى من الطول كفاية بحيث تسمح للضوء أن يرتحل بين الأرض والمريخ. وإذا لم تكن هناك قدرة فيزيائية يمكنها أن تتجاوز سرعة الضوء، فإن التباس النظم الزمنية للأحداث لا يمكنها من التأثير على بعضها البعض، ومن ثم لا ضير هناك على "السببية". أما لو كانت حقيقة عدم وجود قدرة سرعة تفوق سرعة الضوء قاعدة خاطئة فإن السببية سوف يصيبها الإضطراب و "الماضى" و "المستقبل" كذلك سيتبعثران. كما سنرى أن هذه القاعدة الصغيرة المفتاح سوف تصبح ذات معنى كبير فى بناء آلة زمن عامة وذات هدف.



وليس هناك أى التباس حول نظام الزمن فى تعاقب الأحداث التى تقع فى مكان واحد، فلا أحد يدعى أن معركة هاستنجز **Hastings** قد وقعت بعد معركة واترلو **Waterloo**. الاعتراض يأتى عندما تقارن الوقائع "هنا" و "الآن" مع الوقائع "هناك" و "الآن" عندما يكون هذا الـ "هناك" بعيد جداً. وحتى ذلك، فإن التناقض يكون قليلاً من حيث ملاحظته على الأرض نفسها، جزئياً بسبب أن الضوء يأخذ وقتاً قليلاً فى ترحاله حول العالم، ولكن أيضاً لأن البشر يتحركون بسرعة تمثل شذرة صغيرة جداً من سرعة الضوء على أية حال. ولو أن ذلك يكون عرضياً. والنقطة الحاسمة أنه ليس هناك معنى مطلق لـ "نفس اللحظة" فى مكانين مختلفين.

وهكذا فإن المستقبل هو "هناك" بالفعل، ولا يتسنى ارتياده. وكل ما تحتاجه هو آلة زمن فعالة كسفينة فضاء ترحل بسرعة قريبة من سرعة الضوء وقادرة على الصمود إزاء المشارطات المهلكة بالقرب من نجم نيتروني. هذا والسرعة القصوى لا تمثل مشكلة من حيث المبدأ، هى مجرد صعوبة عملية ربما يتم تجاوزها يوماً ما. إنما العائق الرئيسى يتمثل فى تكلفة الطاقة المتطلبة فلكى تُسرَّع حملاً قدره ١٠ أطنان إلى درجة ٩٩,٩% من سرعة الضوء يستلزم نفقات ١٠ بليون بليون وحدة طاقة تعادل كل الإنتاج البشرى لعدة شهور. هذا والطاقة المتطلبة سوف تنمو فى تناسب مع عامل انحناء الزمن: شطر المنبه إلى قسمين يحتاج طاقة مضاعفة. ويمثل هذه النفقات الضخمة لن يوجد من يذهب إلى مثل هذه المحاولة فى تقنيات استخدام الصواريخ الزمنية تلك. أما إذا وجدت طريقة لصنوبر طاقة طبيعى فى الفضاء قريباً من ترحال الضوء فى الفضاء فلربما فى يوم ما يمكن القيام بتلك المهمة، وحينئذ سيكون "المستقبل" فى متناول أيدينا.

ماذا عن العودة من هذا المستقبل ؟

الارتحال بسرعة عالية. وتمدد الزمن بفعل الجاذبية يمكن فقط استخدامهما في السفر إلى الأمام في الزمن. ولكن فقط إذا كان كل من "المستقبل" و "الماضى" يوجدان "هناك" وقابلان لزيارتهما. والمشكلة هنا أن تكتشف طريقه للوصول إليهما.

الفصل الثانی

كيف يمكنك زيارة الماضي ؟

"لقد كانت هناك آنسة صغيرة تدعى
"المشرقة" هى التى سافرت بسرعة
أكبر من سرعة الضوء.

لقد بدأت يوماً ما وبأسلوب
"النسبية" عادت الليلة السابقة".

بونش ۱۹۲۳/۱۲/۱۹

Punch, 19 December 1923

أول تلميح يمكن الإشارة إليه عن أنه توجد حقول جاذبية معينة يمكنها أن تسمح بالارتحال في الزمن للخلف كما للأمام، جاء في بحث غير معروف جيداً نشره عام ١٩٣٧ دبليو ج. فان ستوكم **W. J. Van Stockum** في "المجلة العلمية الاسكتلندية" **Scottish scientific Journal** الذي استعان فيه بنظرية أينشتاين في النسبية العامة للتنبؤ بما قد يحدث لو أن ملاحظاً انطلق في مدار حول أسطوانة تلف حول محورها. سوف يجد أن الأسطوانة إذا دارت بسرعة كافية يمكنه أن يصل إلى النقطة التي انطلق منها قبل أن يبدأ دورانه، وبكلمات أخرى فإن هذا يعني أن أي حلقة مغلقة في الفضاء يمكنها أن تصبح حلقة مغلقة في الزمن أيضاً. ولم يثر هذا أحداً وقتها، لأن فان ستوكم بهدف تبسيط رياضيات المسألة، افترض على نحو غير واقعي إن الأسطوانة طويلة طويلاً لا نهائياً. وبالرغم من ذلك فإن نتيجة ذلك ساعدت في إظهار أن نظرية أينشتاين العامة في النسبية لا تحول بوضوح دون الارتحال للماضي. واحتاج الأمر إلى مرور خمسين سنة أخرى قبل أن يجد الفيزيائيون طريقة أكثر واقعية لصنع آلة زمن.

كيف ترتحل بسرعة تفوق سرعة الضوء ؟

قدم المنطقي النمساوي البارز كيرت جودل **Kurt Godel** - وبعد عقد من الزمان أعقب البحث المنشور لـ ستوكم - حلاً آخرًا لمعادلة أينشتاين في نظريته عن النسبية العامة، وكان الحل مشتتلاً على "حلقات" الزمن وكان جودل وقتها في معهد برنستون للدراسات المتقدمة جنباً إلى جنب مع أينشتاين. لقد اكتشف لو أن الكون كله كان آخذاً في الدوران، إذن لأصبح من الممكن العثور في الفضاء على مدارات يمكنها أن تتولب خلفاً إلى الماضي. لقد أظهر جودل أنه في مثل هذا الكون يمكنك أن تغادر الأرض وترتحل إلى أي مكان وإلى أي زمن تريده.



كيرت جودل Kurt Gödel

والنموذج الرياضى لجودل تم اعتباره نوعًا من الغرائب ولم يؤخذ على أنه اقتراح جدى. حتى فى أربعينيات القرن الماضى كان ثمة سبب جيد لدى الفلكيين للشك فى أن الكون كله - يدور حول نفسه - ولو أن بعض المجرات المنفردة تفعل ذلك. أما الآن فهناك قياسات للأشعة الحرارية المتخلفة عن الانفجار الكبير يمكن استخدامها فى تحديد - وبدقة عالية - أى من الأجزاء الكونية يدور حقيقة، حتى ولو لم تتسن رؤيته بعد. ورغم الطبيعة "الاصطناعية" الواضحة لنموذج جودل فإن هذا النموذج سبب اضطرابًا جادًا لأينشتاين، الذى أقر بأنه كان قلقًا حول إمكانية الارتحال للخلف زمنيًا إلى (الماضى) منذ وضع نظريته فى النسبية العامة.

أين يكمن السر فى أن "الدوران" يفتح بوابة للماضى؟. كما أوضحت فى الفصل الأول فإنه بوجود قاعدة أن لا شىء يمكنه أن يتسارع بأكثر من سرعة الضوء، فلا شك أن هناك من يفعل فى النظام الزمنى للوقائع التى يمكن ربطه بإشارات الضوء. ولكن لو أن هناك ما هو أسرع من سرعة الضوء فسوف تنشأ

فوضى سببية، يمكن أن تعكس "السبب" ليصبح "نتيجة"، وبعبارة أخرى، يمكن لزوجين من الوقائع منفصلين في المكان أن يصبح "السابق" منها "تاليًا" و التالي سابقًا. إنها مجرد خطوة صغيرة من نظام انعكاس الزمن ذاك ولكنها بالفعل تعد زيارة للماضي. وبكلمات أخرى فإن القول "أسرع من الضوء" يعنى أو يمكنه أن يعنى "العودة للخلف زمنيًا".

لكن هناك مهارة دقيقة هنا، ذلك أن "الدوران لن يمكن أى رائد أو كائن فضائى أو عنصر فى المادة لكسر حدود أو تخوم الضوء على هذا النحو ولكنه يمكن أن يؤثر فى حركة الضوء نفسها. وطبقًا للنظرية العامة للنسبية فإنه إذا كان أى جسم هائل (مثل أسطوانة أو الثقب الأسود) يتحرك مغزليًا (أى يدور حول نفسه) فسوف يتصرف كدوامة فى الفضاء ويسحب معه أى حزمة أشعة ضوئية مارة من حوله. ظاهرة السحب تلك، ولو كان الجسم ثقيلًا كفاية ويتغوزل بسرعة كافية، فإنه يمكن أن يقبض على الضوء فى الحقل الجاذبى ويسحبه (الضوء) فى شكل دائرة داخل حلقة. وإذا ما كان الكائن الفضائى جسورًا لدرجة المغامرة بارتياح حمام الجاذبية الدوار فإنه أو إنها سوف يقبض عليه أو عليها ويُسحب للدوران معه. وفى كل الأحوال فإن الكائن الفضائى يرتحل حول الجسم الحلزونى بشكل أبطأ من سرعة الضوء فى المنطقة المجاورة للواقعة ولكن بما أن الضوء نفسه يدور فإنه يجعل الكائن الفضائى يبدو فى نفس حالة (الأنسة المشرقة) بالنسبة لمُلاحظ على مبعده منه. وفى الحقيقة (وفى مثل هذه الحالة وفى حدود منطقة الحدث) فإنه لم يتم كسر تخوم أو حدود الضوء ولكن كونيًا - باعتبار البقعة المحيطة - فيبدو أن الكائن الفضائى قد بلغ ما يمكن تسميته "فوق حاجز السرعة". وفى سبعينيات القرن الماضى أظهر الفيزيائى فرانك تيلر **Frank Tipler** أن أسطوانة شديدة الكثافة تدور حلزونياً حول محورها بسرعة مثل نصف سرعة الضوء يمكن أن تستخدم فى هذه الحالة كآلة زمن، وإن كان السيناريو الذى أبرزه ليس واقعيًا من الناحية الفيزيائية.

هذا على الرغم من أن الأفكار الحديثة لآلات الزمن لا تتطلب دوراناً ولكنها أيضاً تتورط في طريقه للسرعة الزائدة ذات الفعالية أو المؤثرة. وأكثر النماذج الشائعة هو "الشق الدودي" **Wormhole**. وهو أشبه بفحته أو تغيير في الشكل يمدنا بطريق مختصر بين مكانين متباعدين جداً. وبالسفر داخل هذا الشق سوف يتمكن الكائن الفضائي من الارتحال بين النقطتين أ، ب قبل فرصة الضوء في الوصول إليه عن الطريق العادي في عبوره للفضاء (الذي هو بالطبع أطول). وهكذا، ما هو بالضبط "الشق الدودي"؟ ولكي أقدمه يجب أن أشرح أولاً موضوعاً أكثر منه شهرة وهو "الثقوب السوداء".

كيف تصنع "ثقوباً أسوداً"؟

الثقوب السوداء تعتبر موضوعاً له أهمية إخبارية بالتأكيد، ومعظم الناس الآن معندين على الفكرة الرئيسية: أجسام مظلمة عالية الكثافة توجد في الفضاء وتمتص أى شىء حولها. الثقوب السوداء الصغيرة - وعرضها عدة كيلومترات - تحدث إثر احتراق النجوم الكبرى وانهارها تحت ضغط وزنها نفسه حيث يتحول بعضها إلى نجوم نيوترونية، وبعضها يصبح ثقوباً سوداء. ويبدو أن شمسنا قد أفلتت من هذين المصيرين ومن المحتمل أن تنتهي أيامها بأن تصبح ما يسمى: قزماً أبيض*. وبعض الفلكيين يعتقدون أن المجرة قد تم "تتبيلها" (*) بوابل من الثقوب السوداء المتزاوجة، والمتبقى من النجوم العملاقة الميتة والتي ولدت قبل النظام الشمسى ببلايين السنين.

أكثر الثقوب السوداء الكبيرة تقع في مركز المجرات ويبدو أن كتلة مجرتنا "درب التبانة" تساوى ما يقرب من مليون مرة كتلة نظامنا الشمسى. هذا ويعرف عن المجرات الأخرى أنها تحتوى على ثقوب سوداء مركزية لم تنزل أكبر بما يعادل ألف مرة من تلك. وأحياناً ما تطلق الأجسام المادية التي تتغوزل داخل هذه الأشياء الهائلة الحجم، كميات كبيرة من الطاقة منشئة اضطراباً عنيفاً، وإشعاعات كثيفة تصدر عنها، وهكذا تنفث من الآن فصاعداً أشياء تقترب قوة سرعتها من سرعة الضوء.

(*) بالضبط كما اعتدنا "تتبيل" اللحم بمذاقات مختلفة ولينوازن طعمه فالمؤلف هنا يقصد أن الكون لكى يتوازن فقد منح هذا القدر من الثقوب السوداء بما لها من دور فى صيرورته . (المترجم)

لماذا مصطلح "الثقوب السوداء" ؟ هذا المصطلح كان قد صكه في أخريات ستينيات القرن الماضي الفيزيائي جون هويلر **John Wheeler**، وقد اختاره بدقة ليحصر فيه تعريف خاصيتين: "السواد" و "الفراغ". ودعنى أعود بهما بشكل عكسي: النجم النيتروني ربما يحتوى على أكثر المواد صلابة في هذا الكون، إلا أنها بعد مما لا يمكن ضغطه. وإذا ما كانت قابلة لزيادة العصر فإن شدّة الجاذبية سوف يصبح هائلاً وساحقاً وسوف ينهار النجم كلية. وهذا يحدث داخل النجوم الكبيرة التي تفقد وقودها، والتي لم تعد قادرة على الحفاظ على ضغطها الداخلي، وفي القلب منها يقع انفجار داخلي فجائي خلال شذرة من الثانية مخلّفاً وراءه منطقة فراغ ومن ثم "الثقب" (وبشكل عملي فإن المنطقة المحيطة ليست فارغة تماماً بسبب البقايا "الهائجة" من بقايا النجم، ولكن حتى هذه إما أن تطير بعيداً بعد ذلك أو أن يتم امتصاصها).



جون هويلر **John Wheeler**

هذا ويكتنف الغموض مصير المادة المنفجرة داخل النجم. إلى أين تذهب ؟ وفي حدود اللحظة الراهنة فكر في النجم كما لو كان كره. تخيل كما لو أنها قد انكشيت ولكن بعنف شديد، وكما شرحت قبلاً كلما صغرت الكرة زادت الجاذبية على سطحها. وعند نقطة معينة سوف تكون الجاذبية عالية جداً لدرجة أنه لا توجد

مادة معروفة تستطيع تحملها أو الصمود معها، وسوف تنهار الكرة وتنفسخ، وبسبب أنها كروية الشكل ولا شيء يمكن أن يحدث اضطراباً للتساوق أو التماثل أو ما شئت من تعبيرات، فلا بد أن شكلها سيظل كروياً أثناء انفجارها الداخلى. وبكلمات أخرى فإن كل المادة لابد أن تتجه بالضبط إلى المركز الهندسى للكرة. وكلما صغرت الكرة زادت قوة سحب الجاذبية فى داخلها وتسارع انكماشها.

إلى أين ينتهى كل ذلك؟ فى ظل هذه الظروف فإنها تنتهى فقط بأن كل محتوياتها (الكرة) تتركز فى نقطة واحدة عند المركز. ومن الواضح أن هذه النقطة من المادة المركزة سوف تحوز كثافة لا نهائية وأن الجاذبية عندها سوف تكون لا نهائية بدورها. ويشير الرياضيون إلى هذه النقطة (الجوهر) بمصطلح "المتفردة" **singularity**. وعندما تبدو "اللانهاية" كشيء غامض وغير مرئى فى نظرية فيزيائية، فهى بمثابة إشارة تحذيرية، تقترح أو تفترض أن شيئاً عنيفاً أو مغالى فى تطرفه قد وقع، ولكن فى هذه الحالة فإن أحدًا لا يعرف ما هو وباختصار فإن لدى الكثير مما أود قوله عن "المتفردات" ولكن بالنسبة للموقف الحالى فيكفى أن تلاحظ أنه مهما كان المصير المطلق للكرة، فإنه لن يؤثر على حقل الجاذبية خارجها. وجاذبية الكرة لا تذهب بعيداً فقط لمجرد أنها انفجرت من الداخل: الشيء المنهار ما زال يحتفظ بكتلته. مثل ابتسامة الألم والسخرية التى تبدو على قط عجوز، فإن الوجود السابق للكرة يترك بصمته على الكون المحيط به فى شكل حقل ذى جاذبية بالغة. دعنى الآن أتحول للخاصية الثانية التى تتصف بها الثقوب السوداء = خاصية السواد أو اللون الأسود.

شرحت فى الفصل السابق كيف أن الجاذبية من شأنها أن تُبطئ الزمن، وكلما كانت أكبر كلما زاد انحناء الزمن. فكّر فيما سيحدث للزمن عند سطح الكرة بينما هى تنقلص. البطء كعامل يبرز هنا فى حالة تناقص للإشعاع. عندما تقترب الكرة إلى حالة إشعاعية محرجة - حوالى 3 كيلومترات لشيء يتكون من كتلة شمسية - يصبح انحناء الزمن لا نهائيًا، أو كما لو تقول إن سير الزمن عند سطح الكرة قد وصل إلى حالة "توقف" بالنسبة لمسيرته بميقات الأرض. "ومنبهًا" (ساعة) على سطح الكرة التى نتحدث عنها سيبدو من بعيد كأنه تجمد فى حالة ثبات كاملة.

بالطبع ليس ثمة منبه من صنع الإنسان يمكنه أن يصمد أمام القوى الماثلة هنا، ولكن موجات الضوء يمكن ملاحظتها كمنبه حيث يتماثل عدم تمددها كتأرجح البندول. وهكذا فإن الضوء من نجم ينكمش يقل ويقف في شكل انحناء ترددي مثل مصدر كهربائي يتناوب الصعود والهبوط، بينما هو يبطن من تردده. وبترجمة ذلك من خلال الألوان، فإن الضوء الصادر من كرة متفاعلة على هذا النحو يأخذ في الاحمرار أكثر وأكثر حتى يتلاشى نهائياً كما تدوى جمرات النار عند تبريدها بعد أن كانت متأججة. وأخيراً ينتهي آخر ضوء صادر عن النجم، وبعد كل هذا يصبح كل شيء مُسوداً (السواد). وهكذا فإن المنطقة من الفضاء حول الشيء المنهار تصبح سوداء وفارغة، ومن ثم تُقبأ أسود.

الطريقة التي وصفت بها الأمر بدت كما لو أن تلك الكرة المنكمشة الآخذة في الاختفاء يمكن رؤيتها من الأرض، ولكن بالعودة إلى التوأمين سام وسالي، يظهر الأمر كأنه مجرد اختفاء بطيء، ولكن في الواقع بالنسبة لنجم بكتلة الشمس فإن التلاشي سيأخذ وقتاً قصيراً يقدر بعدة مئات من الميلي ثانية. وسوف ترى سالي قلب النجم يزوى في هنيهة (بافتراض أنها يمكن أن ترى القلب على أية حال) ومنطقة الفضاء حيث كانت كرة المادة موجودة فيها سوف يتم إشغالها بكرة سوداء غير ذات ملامح: تُقبأ أسود.

ملاحظ مثل سام - دعنا نفترض - يقف على سطح النجم المتفاعل، وكان سوء حظّه كاف لأن يصحبه إلى صيرورته تُقبأ أسود، سوف يمر بتجربة مختلفة تماماً. فليس ثمة ميقات للتباطؤ بالنسبة له (تذكر: الزمن نسبي). وفي الواقع أن التقرير الذي يمكن أن يقدمه كل من سالي وسام سوف يختلفان بشكل لا نهائي بسبب لا نهائية انحناء الزمن. سالي سوف ترى انهيار النجم إلى كرة (حوالي 3 كيلومترات) سوداء متجمدة - مؤقتاً - بينما سيرى سام النجم بأكمله ينكمش إلى لا شيء في مجرد طرفة عين. وطالما كان سام مهتماً، فإن النجم سوف ينفجر داخلياً إلى حد النقطة الإشعاعية الحرجة في حدود زمن يقدر بشذرة من الثانية، كل الأبدية سوف تكون قد مرّت ولكن خارج الكون.

إن حدوث الانحناء اللانهائي للزمن حول كرة من المادة منفجرة من داخلها يؤدي إلى نتيجة أسرة وهي:

الثقب الأسود يمثل رحلة ذات طريق واحد إلى لا مكان:

لا يمكنك أن تسقط منه وتخرج منه مرة أخرى لأن المنطقة داخل الثقب الأسود تقع فيما وراء نهاية الزمن طالما هو خارج الكون وفي نفس الوقت يدخله في الاعتبار. إذا استطعت أن تتبثق بطريقة ما من ثقب أسود فلا بد أن هذا الخروج سيتم مثل أن تسقط فيه. وهي طريقة أخرى للقول بأنه قد تم قذفك للخلف في الزمن. وهكذا فإن ثمة مفتاح للسر هنا، فالثقب الأسود له مدخل وليس له مخرج، إنه طريق واحد سريع لتعقب الزمن.

ماذا لو أن هناك شيء ما مثل الثقب الأسود له مخرج كما له مدخل: الشق الدودي؟ ربما يمكن استخدامه للوصول إلى الماضي.

الشق الدودي والمكان أو الفضاء المنحنى:

لكي أشرح ما هو "الشق الدودي" فإنني أحتاج لوصف كيف تؤثر الجاذبية على المكان بمثل ما تؤثر به على الزمن. نظرية النسبية تتطلب أن يكون الزمن والمكان كلاهما مرن أو مطّاط. وهذا يعني أن المكان يمكن أن يتمدد أيضاً. وفي الواقع فإن تمدد الكون هو بالضبط أقل أو أكثر من ذلك: المجرات تتباعد عن بعضها البعض لأن الفضاء بينها يتمدد. ولأن المكان له ثلاثة أبعاد، ومع ذلك فإن مرونته تنتج مستوى أعرض من الانحراف أكثر من مجرد التمدد أو الانكماش البسيط = الفضاء يمكنه أن ينحني أيضاً.

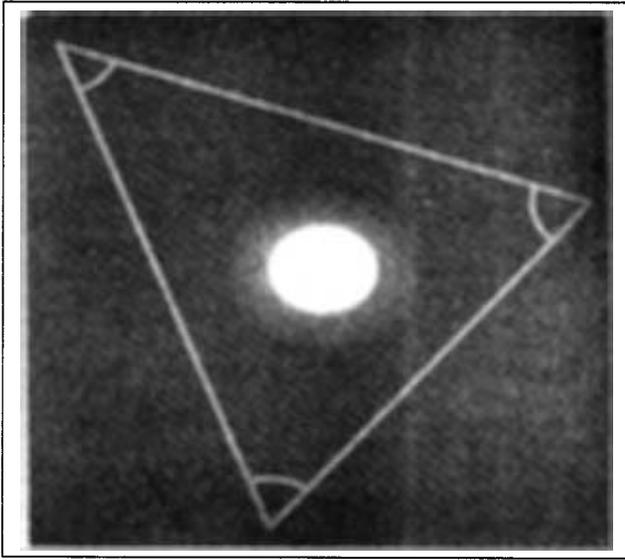


وعلى هذا فما الذى يعنيه الفضاء المنحنى ؟ لقد تعلمنا فى المدارس قواعد الهندسة كما وضعها أفليدس **Euclid**. وكمثال بسيط: ثلاث زوايا المثلث تكافئ زاويتين قائمتين (١٨٠ درجة). قواعد أفليدس تلك تناسب الأشكال المرسومة على السبورات وكراسات التمارين الهندسية أى السطوح. ولكن على سطوح منحنية فإن قواعد الهندسة تختلف. وعلى سبيل المثال فإنه على سطح كرة كالأرض فيمكن رسم مثلث بثلاث زوايا قائمة (٢٧٠ درجة)، حيث رأس المثلث ستكون عند القطب الشمالى والجانب المواجه له سيقع موازيا لخط الاستواء. قباطنة السفن وملاحوها يألفون حقيقة الاحتياج لقواعد هندسية مختلفة بالنسبة لسطح الأرض. (راجع انحناء الفضاء حول الشمس فى الشكل التالى)

ويمكن استخدام قواعد مشابهة فى الفضاء ثلاثى الأبعاد عندما ينحنى بالفعل. ولإعطاء مثل على ذلك، تخيل رسم مثلث حول الشمس، ماذا سيكون حاصل جمع الزوايا الثلاث ؟ معظم الناس سيخمنون أن المجموع سيساوى ١٨٠ درجة. النظرية النسبية تنبأت بأن المجموع سيكون أكبر من ذلك بقليل لأن جاذبية الشمس تحنى الفضاء حولها. والتأثير هنا صغير جداً مجرد عدة ثوان قليلة من قوس المثلث الذى يكاد يطوق الشمس، ويظل أقل كلما كبر هذا المثلث ونحن نستطيع قياس هذا الانحراف، بالطبع ليس عن طريق الرسم الفعلى لمثلث عن هذا النحو، وإنما بملاحظة أشعة الضوء أو إشارات الرادار المارة قريباً من الشمس. وأحياناً ما يوصف الأمر بأن جاذبية الشمس قد أدت لانحناء أشعة الضوء، ولكن التصور الأكثر دقة أن الفضاء نفسه هو الذى انحنى، وأن الضوء قد اتبع أقصر الطرق فى الهندسة الانحنائية.

انحناء الفضاء قابل لأن نراه أو ندركه أو نميزه بشكل واضح. إن انحناءً كبيراً للفضاء يتطلب مجال جاذبية أقوى مثل مجال مجرة بأكملها تحتوى على مئات البلايين من النجوم. أحياناً وبالمصادفة أن تتواجه مجرة مع أخرى أثناء سيرها فى مدارها كما نرى ذلك من الأرض، وفى هذه

الحالة فإن جاذبية المجرة المعترضة تعمل كنوع من العدسات محدثة انحناء للضوء القادم من المجرة البعيدة وتقوم بتركيزه مسببة ظاهرة "الهالة" المعروفة باسم حلقة أينشتاين "**Einstein ring**". مكان آخر يمثل انحناءً كبيراً للفضاء يحدث بالقرب من الثقب الأسود. وعند سطح ثقب أسود له مثل كتلة الشمس تكون الجاذبية أقوى بمقدار مائة بليون مرة عن تلك التي عند سطح الشمس، والفضاء هناك إذن ينحني على نحو مشهدي.



انحناء الفضاء حول الشمس

وثمة طريقة لتصوير مرونة الفضاء ومطاطيته بالقرب من جرم هائل تتمثل في مشابهته لورقة من المطاط وُضعت بشكل أفقى وفي وسطها حفرة نتجت عن وضع كرة ثقيلة هناك، وهذا يمكن أن يمثل لنا انحناء الفضاء عند الشمس، وعلى سبيل المثال، لو أن كرة أصغر تعبر هذه الورقة سوف تتحرف بحيث يمر طريقها عبر السطح المنحني، وترتحل في ممر منحني حول الحفرة، تماماً كما ترتحل

الأرض في مدار منحني حول الشمس. بالطبع هذه الورقة تمثل مكاناً ذا بعدين فقط، وفي الواقع فإن جاذبية الشمس تحني الفضاء في أبعاده الثلاثة إلا أن من الصعب إظهار ذلك في صورته.

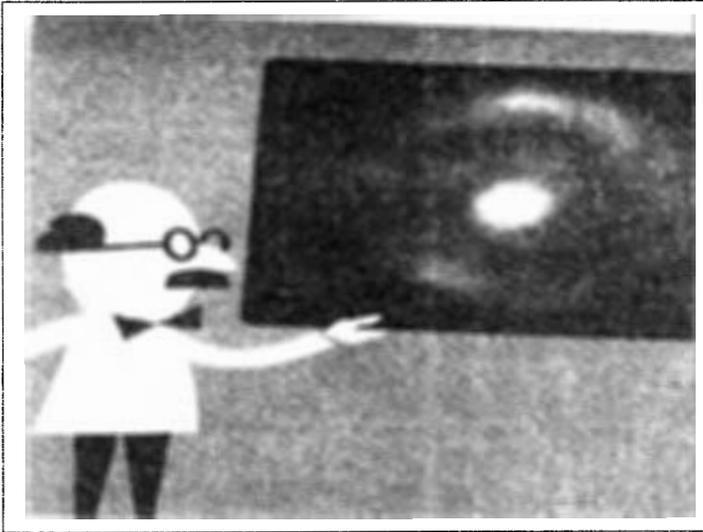
تخيل أنه بدلاً من الشمس هناك ثقباً أسود فإن الفضاء (الورقة المطاطية) سوف ينحني على نحو درامي إلى حفرة لا قاع لها. وهناك مجموعة من الأفكار تداولت ما الذي سيكون في قاع الحفرة، أو هل هناك حفرة من الأساس. إنها قد تنتهي إلى "متفردة" أو حافة "الزمكان" كما يقولون.

وباكراً في عام ١٩١٦ قام الفيزيائي النمساوي لودفيج فلام **Ludwig Flamm** بدراسة هندسة الفضاء حول ما نسميه اليوم ثقباً أسود، ولو أن هذا المصطلح - كما أشرت - لم يصك قبل ١٩٦٨ بمعرفة جون هوبلر.

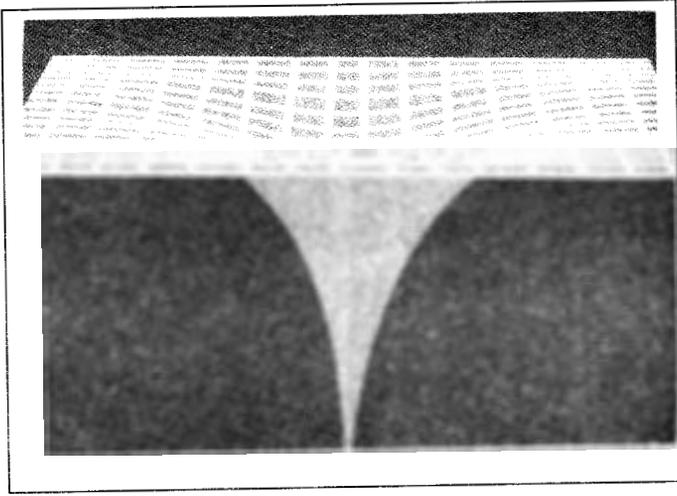
ومتأخراً في عام ١٩٣٥ أعاد أينشتاين ومعاونه ناثان روزن **Nathan Rosen** مراجعة هذا الموضوع. والشكل الذي تظهره الصورة معترف باسم "قنطرة أينشتاين - روزن" **Einstein - Rosen bridge**. في أيامنا هذه بناء مثل هذا الشكل العام يسمى "الشق الدودي" والجزء الصغير في الوسط يُصطلح على تسميته "الحلقوم" **rhroat**. وبعيداً عن الثقب الأسود فإن الورقة المطاطية هي مسطحة تقريباً لأن الجاذبية تكون ضعيفة هناك وكلما اقتربنا من الثقب يبدأ الانحناء في الظهور، وتستحيل الورقة إلى حفرة. ولكن بدلاً من غمرها للأبد، فإنها تفتح مرة أخرى لتصنع سطحاً ثانياً أسفلها.

هذا لم يكن متوقعاً. ماذا سنفعل بهذا الجزء السفلي؟ ما المعنى المستفاد من هذه المنطقة من الفضاء آنئذ؟ أحسن وصف لهذا السطح السفلي هو أنه يمثل "كوناً آخر"، ولو أن فهماً أجود لهذه الملامح لم يأت

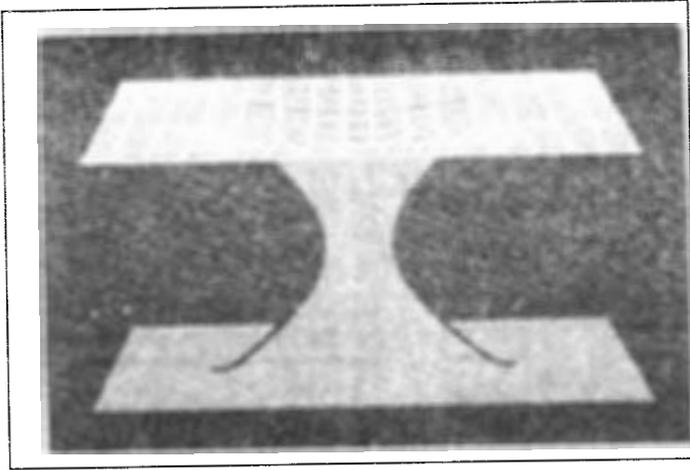
قبل عام ١٩٦٠ من خلال عمل قام به جورج شكيريس George Szekeres باستراليا ومارتن كروسكال Martin Kruskal فى الولايات المتحدة.



حلقة أينشتاين-تاين



انحناء المكان في الثقوب الأسود



قنطرة أينشتاين روزن

ولو أن الفكرة أسرة ومثيرة للاهتمام فإن الكون الآخر المرتبط بالمرور في الشق الدودي، يجب ألا نأخذه بجدية لمجرد أنه نتاج لنموذج مثالي رياضي. الأمر يعود لعام ١٩١٦ عندما توصل كارل شوارزشيلد **Karl Schwarzschild** إلى حل لمعادلة أينشتاين لتمثيل حقل الجاذبية في الفضاء الفارغ خارج نجم ما، وهو ما لا يتعلق بداخل النجم. إذا حاولت التسوية بين نتيجة كارل مع نتيجة أخرى لوصف ما بداخل النجم فإن قاع الحفرة ونصف الشق الدودي سيستبعدان. وحتى إذا سمحت للنجم بأن ينهار إلى "متفردة" فأنت لن تتشئ قاعدة للورقة المطاطية.

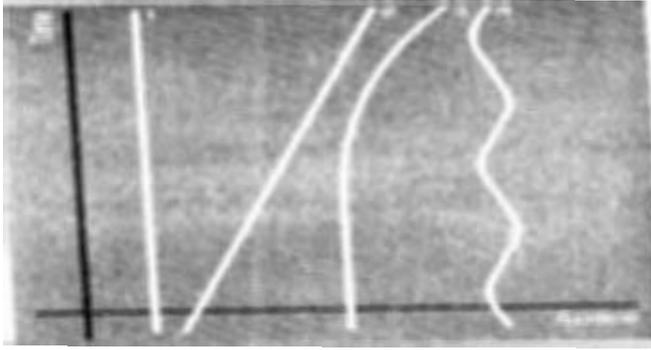
الطريقة الوحيدة التي يكون فيها للشق الدودي معنى فيزيائياً، هي القول بأن العالم مصنوع على هذا النحو وبداخله تقبع الشقوق الدودية، متضمنة فيه، كنوع من العناية من قبل أمنا الطبيعة. وحتى لو كان الأمر كذلك فثمة تعقيدات لأن الشق الدودي ليس موجوداً ليقبى فى مكانه، إنه يتغير مع الزمن مبدئياً وربما أن الكونين الذى يفصل الشق بينهما قد استقل أحدهما عن الآخر. وأنها يتصلان معاً عند نقطة واحدة متماثلة مع "المتفردة" حيث انحناء الفضاء يكون لا نهائياً. وهذا مثل المتفردة التي أثمرها انهيار الكرة إلى نقطة من الكثافة اللانهائية، فقط فى هذه الحالة ليس ثمة كرة منهارة وإنما فقط فضاء خال.

وعند بداية هذا التفرد يفتح حلجوم الشق الدودي، إنما فقط لاستمرارية محدودة ينغلق بعدها مرة أخرى ينفصل الكونان عن بعضهما. ومن المؤسف أن هذه الحالة الناجمة عن ذلك الوضع تحدث بسرعة لدرجة أن لا شئ يمكن أن يقتحم الشق الدودي قبل انغلاقه. حتى الضوء لا يتسنى له المرور من كون لآخر، وهكذا فإن أى ملاحظ من عالمنا هذا لن يكون متاحاً له أن يرى الكون الآخر ناهيك عن زيارته. وهذا يجعل وجود الكون الآخر مجرد فرضية، طالما أن الكونين - قمة وقاع الورقة المطاطية الأشبه بالشق الدودي - لا يمكنهما التأثير أو تبادل التأثير بأى طريقة. وأى كائن فضائى من الغباء لدرجة القفز فى الثقب

الأسود سوف ينتهي به الأمر إلى الاصطدام بالـ "متفردة" في المركز، ومن ثم يتم طمسه هو نفسه.

الزمكان المنحني:

لقد شرحت ما الذي يعنيه تأثير الجاذبية على الزمن والمكان كل على حدة، مؤدبةً بهما إلى الانحناء، والأكثر دقة هو أن تعتبرهما معاً في سمط واحد ووصف متحد.



رسم توضيحي للزمكان

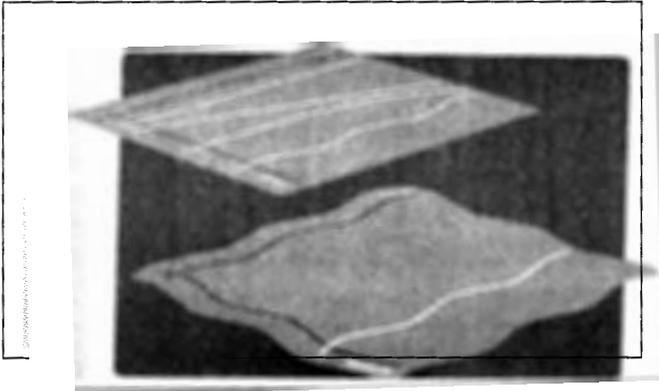
مفهوم "الزمكان" ليس صعباً تخيله، وفي الرسم البياني هنا سيكون محور الزمن رأسياً ومحور المكان أفقياً، ولتبسيط التمثيل، فقد أظهرت مكاناً ذا بعد واحد. والخطوط البيضاء بالرسم هي مسارات لأشياء فيزيائية في الزمكان. الممر الأول هو لشيء ثابت بينما الزمن يمر، والممر الثاني هو لشيء يتحرك بسرعة ثابتة في اتجاه اليمين، والممر الثالث هو لجسم متسارع لناحية اليمين أيضاً. أما الخط الملئوى هنا (رقم ٤) فهو يصور جسماً يتحرك للخلف فصاعداً.

ما التي يمكن أن نقوله حول الفيزياء المنصبة على هذه المسارات المختلفة؟ وقد كان معروفاً منذ نيوتن أن الجسم سوف يتسارع إذا ما دفعته قوة ما، وهكذا فإن المسارات المنحنية في رسم توضيحي فيزيائي تتطلب قوى فيزيائية. المسار الرابع

مثلاً يتطلب شداً ودفعاً كقوى متبادلة لجعل الجسم يتحرك للخلف وللأمام في شكل "رجاج".

تعتبر الجاذبية واحدة من بين القوى الفيزيائية. وجاءت نظرية أينشتاين السابقة في تركيز الضوء على أن الجاذبية تختلف عن سائر القوى فيما يتعلق بالمسائل العصبية أو الحاسمة: إنها تؤثر على جميع الأجسام بدرجة متساوية. وثمة قصة طريفة تروى عن جاليليو Galileo عن أنه ألقى جسم ثقيل وآخر خفيف من فوق برج بيزا المائل بإيطاليا ليثبت للمتشككين أنهما سيلمسان الأرض معاً، وبترجمة ذلك إلى الرسم البياني للزمكان فإنه يعني أن الجاذبية هي القوة المتسببة في التسارع وأن كل الأجسام ستسلك نفس الاتجاه أو المسار (خفيفة أو ثقيلة، حارة أو باردة، حية أو ميتة... إلخ). وقوة من نوع آخر لن تكون كذلك، وعلى سبيل المثال فإن حقل كهربي يتسارع بالعناصر المشحونة سيترك العناصر غير المشحونة لتسلك الطرق المستقيمة للزمكان.

وقد ذهب أينشتاين في ذلك إلى أن الجاذبية سيكون تأثيرها هو نفسه بالنسبة لكل الأجسام المتحركة، ومن الأحسن والأنسب ألا تمثلها (حقل الجاذبية) كقوة وإنما كخاصية هندسية للزمكان.



الزمكان المنحني

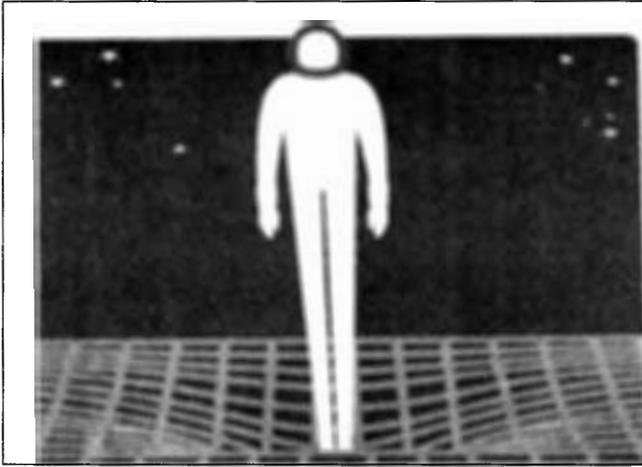
وهذه الفكرة الغامضة والمشهورة من السهل فهمها وفي الرسم التوضيحي صورت الورقة أو الفرخ ذا البعدين والمتضمن الرسم البياني للزمكان الخاص بي، ولكن الذى لم يعد مسطحاً وإنما أصبح منحنيًا. وسيكون إذن من الواضح أن تحريف الورقة بالطريقة التى أظهرتها تشابه تأثير الانحناء فى الممرات. وبكلمات أخرى فإن التعرض فى مسار يمكن تحقيقه إما برسم خط متعرج على الورقة المسطحة، أو بخط مستقيم على ورقة منحنية. والاستقامة هنا تعنى الأكثر استقامة مثل أقصر ممر بين نقطتين على ورقة منحنية. وقد افترض أينشتاين أنه من الأفضل التفكير فى الأمر (مجال الجاذبية) هندسيًا أكثر من كونه "قوة" تقوم بعملها فى زمكان مسطح. وبالطبع هذه الخاصية تستلزم أن تمتد بفكرة انحناء الزمكان من ورقة ثنائية الأبعاد مثل البادية فى الرسم إلى رباعية الأبعاد (ثلاثة للمكان وواحد للزمن) إلا أن هذا يعتبر "استقامة" من الناحية الرياضية.

الشقوق الدودية تحملنا إلى كون آخر:

لا بد أن يكون الشق الدودى قابلاً للاجتياز حتى يكون ذا فائدة لآلة الزمن، بمعنى أن المسافر فى الزمن يجب أن تكون لديه القابلية للعبور منه والخروج سليماً معافى لم يمسه ضرر. ويعتبر هذا ممكناً مع النوع من الشق الدودى الذى توصل إليه شوارزتشيلد قبل أن ينخلق على نفسه أو يذوى قبل أن يستطيع أى شىء المرور فيه. ولكن النموذج الذى أدى إلى ذلك قد افترض أن الفضاء خالى أو مفرغ وله تماثل كروى (تتساوى فيه جميع الاتجاهات) ولكن ماذا يحدث لو أننا نحينا هذه الافتراضات الآن؟

فى ستينيات القرن الماضى بدأ الفيزيائيون والرياضيون فى دراسة خاصية المغزلية (التحرك اللولبى) فى الثقوب السوداء. هذه التواءات أو الانتفاخات التى تدور حول أوسطها بنفس الطريقة التى تتحرك بها الكواكب المتعاقبة بسبب قوة الطرد المركزى (الاندفاع بعيداً عن المركز). الآن هذه القوة تواجه قوة الجاذبية. أى أن السبب فى أن شق شوارزتشيلد يذوى بسرعة يرجع إلى كثافة الجاذبية بداخله. وعن طريق التعاقب (الترددى) يصبح تأثير الانزواء فى فتحة الشق

متحسناً أكثر فأكثر لدرجة أن حلقوم الشق ربما يبقى مفتوحاً بحيث يستطيع أحد الأشياء أو أحد الأفراد المرور عبره. منذ أربعين سنة مضت كان من المعتقد أن الثقوب الدودية الحلزونية أو المغزلية الحركة يمكن أن تمدنا بشقوق دودية قابلة للاجتياز، على الأقل من خلال النماذج الرياضية المثالية التي استخدمت حينئذ. وكان ثمة مناقشات حول ما الذي ينتظره كائن فضائي ليسقط في ثقب أسود مغزلي، وبعدئذ يظهر مرة أخرى في كون آخر.



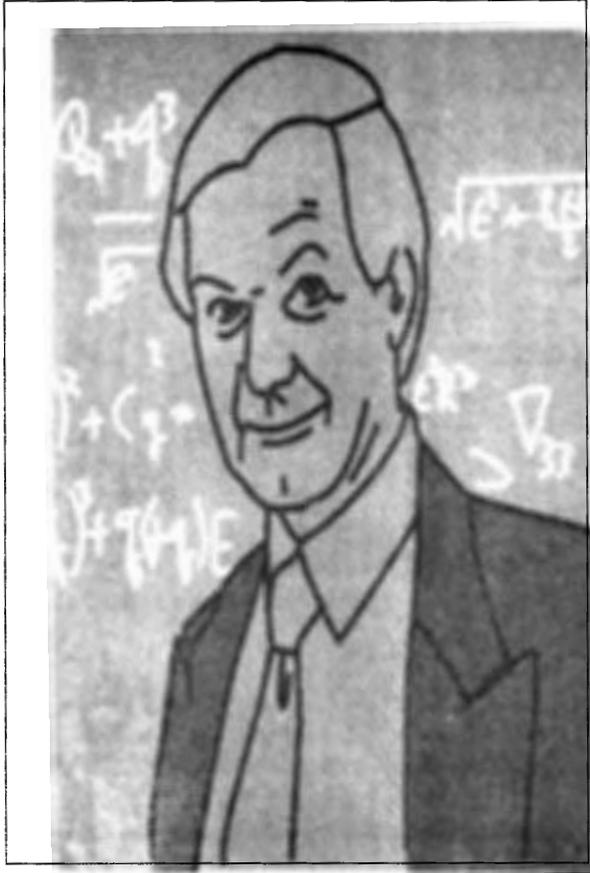
عصر الكتفين وطول القامة

ومن خلال فحص أضيق أو أقرب بدت عدة مشكلات على السطح من هذا السيناريو. المشكلة الأولى عملية محضة. ذلك أن أى كائن فضائي سيقفز في ثقب أسود، فسيغامر بكونه سيكون خاضعاً لقوى الجاذبية المكثفة. ولكي تكتشف لماذا؟ تخيل نفسك قافراً من الطائرة بقدميك قبل بقية الجسد. فإنه بسبب جاذبية الأرض وأبعاد الارتفاع ولأن قدميك هما الأقرب إلى الأرض فسوف يتم شدها إلى الأرض بقوة أكثر قليلاً من رأسك، وعليه سيتمدد جسدك بالاستطالة لدرجة خفيفة، وفي نفس الوقت يتم عصر كتفيك لأن كل كتف منها سيتم جذبها في اتجاه مركز الأرض،

وانحناء الأرض يعنى أنهما تحاولان السقوط فى ممر يحافظ على التحامهما. أى التأثير يتلخص فى أنك تتعرض للتمدد وللعصر فى آن واحد (بشكل خفيف بالطبع).

إن مثل هذا التمدد والعصر المترامن الناجمين عن قوى الجاذبية هو الذى فجر المذنب شوميكر - ليفى 9 Shoemaker- Levy 9 إلى شذرات متفرقة قبل أن يغوص فى كوكب "المشتري" عام ١٩٩٤. إذ إنه بالقرب من ثقب أسود بكتلة الشمس فإن التأثير - محل حديثنا - سيكون قوياً لدرجة أنه سيمزق أى كان فضائى ويحوله إلى ما يشبه "طبق الاسباجيتى" فى هنيهة. ويمكنك أن تبقى حياً بسقوطك على سطح ثقب أسود بكتلة تعادل ١٠,٠٠٠ من كتلة الشمس إن ثقباً أسود هائل العنف بقطر بليون الكيلومترات سوف لن يشكل مشكلة، ولكن مثل هذا الشيء ستكون له كتلة مثل مجرة صغيرة، وليس عملياً اقتراح اختياره كمخرج لكون آخر.

والمعضلة الأكثر جدية فى اجتياز ثقب أسود مغزلى الحركة تتمثل فى أن النماذج المثالية المعروضة والمحتوية على الشق الدودى، تجاهلت تأثير أى مادة مشعة قد تكون فى الجوار. وليس فقط يمكن أن يقع فيها الكائن الفضائى وإنما أى شىء آخر يمر هناك عرضاً، ومثال لذلك: الأشعة الكونية أو ضوء النجوم؛ إن كثافة الجاذبية فى الثقب سوف تتسبب فى تضخيم الطاقة ورفع معدلاتها فى الأشياء التى تمتصها داخل الثقب، مشكلة ما يشبه الحائط الشفاف عبر حلجوم الشق الدودى. وجاذبية هذا الحائط ربما تسبب فى انهيار الشق الدودى وإحاقه بحسم فى "المتفرقة".



وليس هذا هو كل شيء، فثمة قوة الطرد المركزي لتقرب أسود حلزوني الحركة، فهي بدورها ستدخل في تحدى أو معركة مع الشد الجاذبى الداخلى ولكن ليس كثيراً لأن المتفردة ستعمل على الحيلولة دون بلوغ التحدى درجة مؤثرة. وقد سبق أن شرحت كيف أن كرة من المادة تنفجر داخلياً إلى نقطة من الجاذبية المكثفة. وكرة ذات حركة مغزلية لن تكون كروية الشكل مثلها مثل الانتفاخ الأرضى عند خط الاستواء، ولكن بدلاً من ذلك سوف تنهار مشكلة متفردة حلقيه

داخل الثقب. وإذا نحن تجاهلنا هذه المشاكل المشار إليها للحظة فإن كائنًا فضائيًا يمكنه أن يسقط في الحفرة ويخطئ طريقه إلى "المتفردة" ويخرج مرة أخرى إلى كون آخر.

فكرة أن كائنًا فضائيًا ربما يشاهد بنفسه "المتفردة" ويعيش ليحكى لنا القصة وماذا هناك، هي من الأفكار التي تجلب الرعب لقلوب الفيزيائيين. إذ على سطح المسألة أو على رأسها فإن متفردة ثقب أسود ستكون جوهريًا حائزة على كثافة لا نهائية، وأيضًا انحناء فضائي لا نهائي. وهي بذلك تصبح حواف أو تخوم أو حدود للمكان أو / للزمن أو كليهما، وليس هناك حرفيًا ما وراءهما: هي أمكنه يتسنى فيها للأشياء الفيزيائية أو القوى بتأثيراتها أن تدخل الكون. ومقدار وافر من المادة يصطدم بالمتفردة ويظل موجودًا، هو شيء سيئ بما فيه الكفاية، ولكن ماذا لو أن مقدارًا وافرًا من المادة استطاع - على نحو متزامن - أن يندفع خارجًا من المتفردة؟ فكرة أن ثمة منطقة من الفضاء يمكن لكل شيء فيها أن ينبثق فجأة بدون سبب وبدون إنذار، هي من الأفكار المحببة كبدائية. أنها لن تمثل شيئًا أقل من مجرد كسر أو تحقيق هزيمة مدوية للنظام الكوني العقلاني.

ولهذا السبب قدم لنا السير روجر بنروز **Sir Roger Penrose** قانونًا للطبيعة ينجح في قبول هذا الاعتداء غير المقبول أو غير مُرحَّبًا به. لقد حدس أن المتفردات طالما هي فظيعة على هذا النحو فسوف تكون على الأغلب متسَدِّرة أو ملتصقة بالثقب الأسود، بحيث لن يتسنى لأي كائن في العالم الخارجي (عنها) أن يكون قادرًا على رؤيتها. ولا توجد سلطة فيزيائية غير مبررة يمكن أن تنطلق للكون العريض ليحدث مثل هذا الدمار، ولا حافة للزمان يمكنها أن تكون معرضة للتحديق في هذا المشهد العام.

وقد سمى بنروز هذا الأمر بـ "فرضية الرقابة الكونية".



كارل ساگان Carl Sagan

لن تكون هناك منفردات غير مكشوفة

وهذا ما تكمن فيه المتاعب المتعلقة بالتقوب السوداء مغزلية الحركة. إذا استطعت أن تنزل في واحد منها صاعداً بمركبتك صعوداً شمعدانياً للمنفردة الحلقيّة وخرجت إلى كون آخر، فهنا يمكن لكل ما يحيط بها من سخام أن يخرج معك وبالتالي ستصبح المنفردة مكشوفة أو عارية بالنسبة للكون الآخر ومستخفة بفكرة الرقابة الكونية.

والآن يجب أن يقال إن ذلك ليس قضية سدود تحول دون التقوب السوداء أو تمنع الذهاب إليها. فلا أحد قد برهن على فرضية الرقابة الكونية على أنها ربما تكون خاطئة. وأيضاً فقد تكون "المنفردة" نوعاً من الخيال الرياضى. بل وربما تنهار النظرية النسبية وحتى المفاهيم عن الزمكان قبل أن تتشكل "المنفردة"، وعليه فلم يزل، ولكل الأسباب السابقة، استخدام التقوب السوداء المغزلية الحركة كبوابة لكون آخر يبدو أنه أمر مشكوك فيه. وإذا كان الهدف هو العثور على شق دودى قابل للدخول والخروج منه فلا بد من وجود شيء آخر، يمكنه مقاومة وتحدى الجاذبية على نحو أكثر حيوية.

كيف تصنع شقاً دودياً قابلاً للدخول فيه والخروج منه

بدا مفهوم الارتحال في الزمن من عمل الخيال العلمى، وظل محصوراً في هذا المجال إلى وقت قريب. وعلى وجه العجب فقد تم قدح المسألة بحيث انتقل هذا النوع من الترحال من الخيال العلمى إلى عمل علمى جاد حالما ظهرت رواية للخيال العلمى بمعرفة الفلكى كارل ساجان **Karl Sagan** التى كتبه تحت عنوان "اتصال" **Contact** الذى تحول فيما بعد إلى فيلم سينمائى فى هوليود من بطولة جودى فوستر **Judie Foster**. والرواية لم تكن معنّية بالضبط بالارتحال فى الزمن وإنما حول رسالة راديوية وردت مما يعتقد أنه مجتمع فضائى أكثر تقدماً وهذه الرسالة تشتمل على تصميم لماكينه لإنشاء شق دودى فى الفضاء بين الأرض

والنجم فيجا Vega الذى يبعد عن الأرض بمقدار ٢٦ سنة ضوئية. ولقد وظف ساجان فكرة الشق الدودى كوسيلة خيالية لتجاوز السرعة النهائية للضوء، وتجاوز المخاوف من ذلك. وفى "اتصال" وصل العلماء إلى النجم "فيجا" فى دقائق قليلة.

ويختلف شق ساجان الدودى بفرق واحد عن الشقوق الدودية التى سبق شرحها هنا وهذا الفرق يشكل تفصيله هامة. الشقوق الدودية لتقرب أسود تُعتبر بوابة للولوج إلى كون آخر. بينما يمثل الشق الدودى لساجان نفقاً يصل بين نقطتين فى نفس الكون. لكن ساجان لم يقدم تفصيلاً مقنعاً أو كافياً عن كيفية بناء الشق الدودى. وفى الفيلم السينمائى صعدت جودى فوستر إلى ما يشبه كبسولة فضائية ودخلت إلى ما يقرب فى الشبه من خلاط ضخم وبعد ذلك أخذت تصدر صوتاً كالزئير وهى تمر عبر نفق ضيق لتبرز مرة أخرى فى موضع آخر من المجرة. لقد بدا الأمر رائعاً ولكن هل كان معقولاً أو مناسباً بدرجة كافية؟ كان ساجان يقوم بخدعة يبقى منها معرفة إذا ما كان يمكن استخدام الشق الدودى كطريق مختصر فى السفر ما بين النجوم وهل لذلك أساس علمى أو مصداقية علمية، وهو فى هذا اقترب من صديقه الفيزيائى النظرى كيب ثورن Kip Thorne الذى يعمل فى معهد التقنية بكاليفورنيا.

وافق ثورن وزملائه على فحص إمكانية تحويل رؤية ساجان الخيالية إلى حقيقة واقعية. وكانت وسيلتهم فى ذلك هى تبنى نوعاً من الهندسة العكسية للشئ الجاذب، كنجم ما مثلاً، ثم استخدام الجاذبية كما عبرت عنها النظرية النسبية كى تتنبأ بأن المكان القريب من النجم سوف ينحنى.

ومن أجل هذا المشروع بدأ ثورن فى كتابه الإجابة أولاً. هو يعرف أى نوع من الهندسة الفضائية سيكون متطلباً. بشئ ما يتخذ شكله نوعاً من الفوهات الكروية، ولكن لا بد له أن يكون شقاً دودياً غير خطر أو معقول بحيث يظل مفتوحاً لمدة تكفى لعبور جودى فوستر فيه دون أن تتمزق بفعل قوى الجاذبية أو تتعرض السطوح للنارية الحارقة المفعمة بطاقة لا نهائية. من الواضح أن الشق الدودى الذى ناقشته أنا لن يكون

كذلك. ولذا تساءل ثورن عن أى نوع من المادة يمكنه أن ينشئ شقاً دودياً ودوداً (إذا جاز التعبير).

وبعد ذلك بقليل بدا واضحاً أن أى نوع من المادة مألوفاً (الماء مثلاً... الماس... الهيدروجين... الضوء... النيوترونات... إلخ) لا يفى بهذا الغرض. ففي جميع هذه الأحوال سيتعرض حلقوم الشق الدودى إلى انهيار مؤكد قبل السماح لأى شىء باجتيازه - لا بد من مادة أخرى مجلوبة هى التى نحتاج إليها.

ليس من الصعب أن نحدد هذه المادة المتطلبة. وإذا كان الشق الدودى قابلاً للعبور فلا بد أن يكون له مدخل ومخرج، وفى هذه الحالة يجب أن يتألق الضوء خلاله ولكن السبب فى أنه ليس له مخرج أن الجاذبية فيه تحنى الضوء داخله وتميل به إلى التمرکز تجاه المتفردة، وإذا ما سمح الشق الدودى للضوء بالخروج من نهايته فلا بد أن يتم تعديل مسار الضوء فى مكان ما داخله مثلاً بحيث ينحنى فى اتجاه الخروج بعيداً عن "المنفردة".

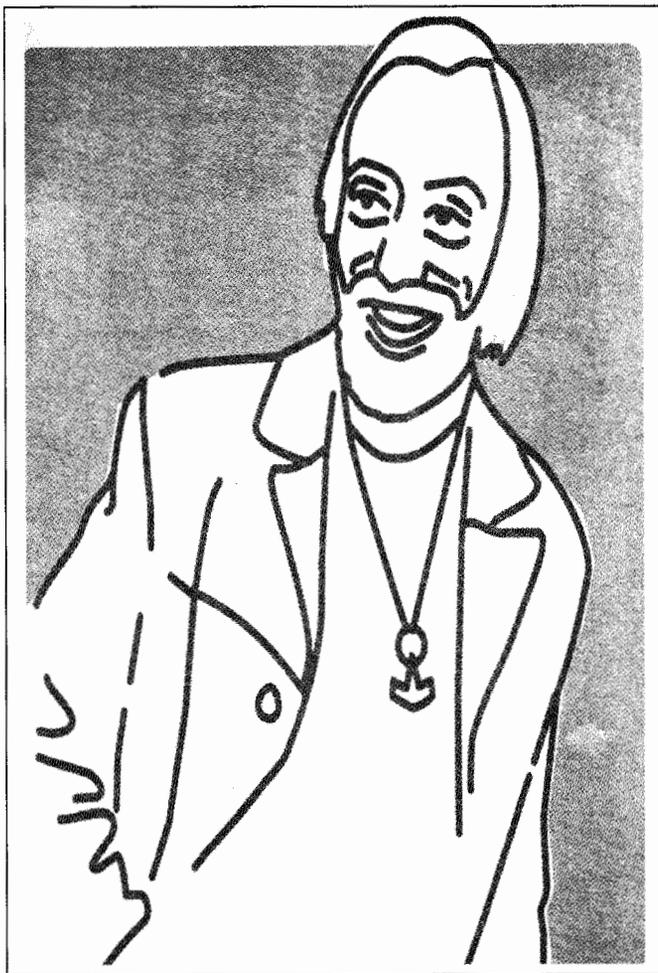
وتبين لثورن أن الطريقة التى يمكن استخدامها لتحقيق ذلك هى استعمال نوع من "الجاذبية المضادة". وليس هذا مفاجئاً - شىء قوى يصبح مطلوباً لدعم الشق الدودى لكى يصمد أمام ميل الجاذبية لتحطيمه وجذبه بعنف إلى "المنفردة" ويبعده عنها. ولكن هل يوجد مثل هذا الشىء ؟

إنه موجود بكثرة ضمن الفولكلور أو الأدب الشعبى والأساطير القديمة فالرفع إلى السماء والذى يجعل الأشياء تسبح فى الفضاء ورد فى الكثير من أديان العالم وعقائده الغامضة أو الصوفية، كما أن مضادات الجاذبية من الموضوعات المفضلة فى مجال الأطباق الطائرة "UFO" (*). والألوان الصفراء المسيرة لسفن فضاء الكائنات الفضائية. كما أسعدت هذه الفكرة عقول المفكرين المستقلين

(* اختصار بالأحرف الأولى لعبارة : unknown flying objects أى الأشياء الطائرة غير المعروفة (المترجم).

والمخترعين اللاعقلانيين وأصحاب الرؤى من المغامرين الرأسماليين، مُركّزين على حلم إبطال مفعول جاذبية الأرض والطيران إلى النجوم بدون حاجة إلى صواريخ وقد كانت مضادات الجاذبية ضمن ثمار الخيال العلمى عند ويلز Wells الذى تخيل نوعاً مما يحجب الجاذبية أسماه "الخفى" Cavonte فى عمله الذى حمل عنواناً: "أول رجال على القمر" **The First Men in the Moon**. أما أول ظهور لـ "مضاد الجاذبية" فى العلم فقد جاء على يد أينشتاين، ففى عام ١٩١٧ ظهرت نظريته العامة عن النسبية مفسحة المجال لمساهمة نوع من الجاذبية المتنافرة. وقد فعل ذلك ليقدم نموذجاً للكون، إذ إن أحدًا فى ذلك الوقت لم يكن يعرف بأن الكون يتمدد. فقد كان أينشتاين محيرًا وانتابه الارتباك (شأنه فى ذلك شأن نيوتن) حول كيف للكون أن يظل "ساكنًا" Static بينما القوة الوحيدة الصحيحة فى الكون هى الجاذبية، وهى التى تجعل كل الأشياء فى الكون تتجذب إلى بعضها. وعلى هذا فقد أضاف حدًا لمعادلته عن مجال الجاذبية لوصف ما يعرف بـ "الجاذبية المضادة". كى فقط يمكن القول بأن الجذب الذى تفعله قوة الجاذبية مع قوة الطرد التى تنمها الجاذبية المضادة هى التى تجعل بالإمكان الحصول على كون مستقر وثابت.

وبمجرد أن اكتُشف أن الكون يتمدد وليس ثابتًا، فقد هجر تلك القوة (الجاذبية المضادة) معتبراً أنها أكبر تخبّط عاناه على مدى حياته. ومن سخرية الأقدار أنه كان من الممكن أن يكون محقاً بعد كل شيء. ولو أن "الجاذبية المضادة" ربما لم تعد من متطلبات الكون الثابت الآن. فإن قوتها ربما لا تزال باقية وثمة دلائل فلكية تقترح صحة هذا الفرض، والواقع أنها كذلك. بصرف النظر عن كونها فى شكلها الكونى الفاسد، فالجاذبية المضادة التى اقترحها أينشتاين هى من الضعف بدرجة أنها لا تساعد فى نشوء شق دودى قابل للاجتياز.



كيب ثورن Kip Thorne

مضادات الجاذبية أثمرتها أيضاً فروع من الفيزياء، ولكن فقط ظلت مشارطات معتادة. والفكرة الرئيسية لها من السهل الإمساك بها. لأنه فى أى مادة عادية فإن الكتلة هى مصدر جاذبى ولأن الرابطة بين الكتلة والطاقة هى $(E=mc^2)$ فإن أنواع الطاقة كلها طاقات جاذبة. وإذا أردت مضاداً للجاذبية، فإنها يمكن أن تنشأ عن طاقة سالبة.

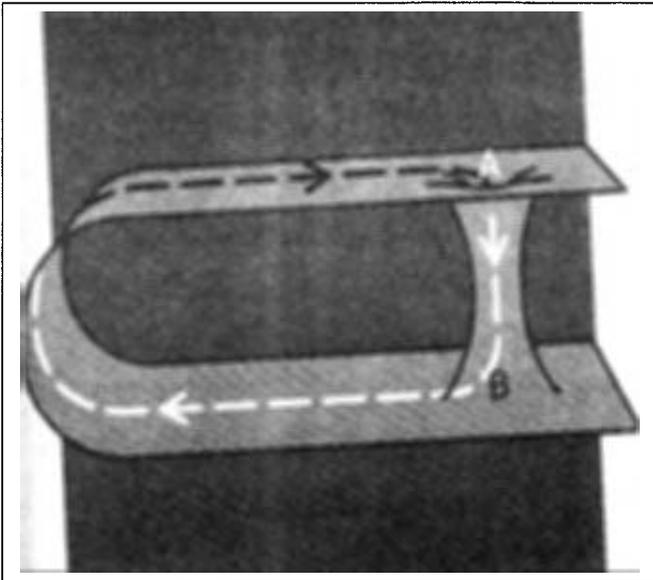
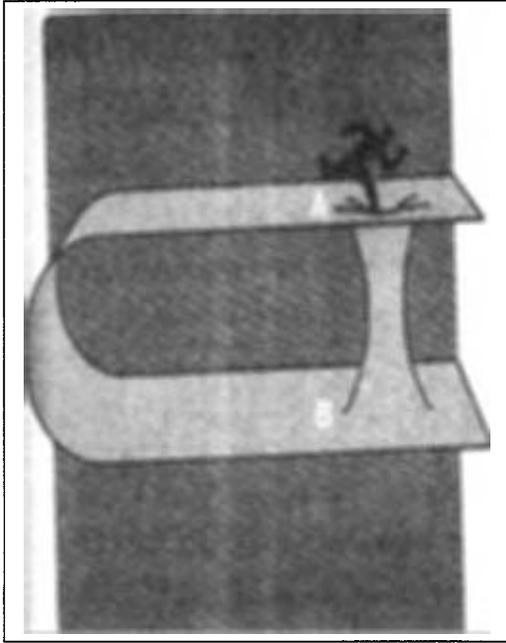
الجاذبية طاقة موجبة، والمضاد لها هو الطاقة السالبة

تبدو الطاقة السالبة لأول وهلة كنوع من الوجبة السلبية غير الواضحة. وبالتأكيد سواء حصلت على وجبة أو لم تحصل . ما الذى يمكن أن تحصل عليه ؟ هل حصلت على أقل من وجبة ؟

الإجابة تكمن فى الطاقة صفر. فلأن الطاقة تعتبر جاذبة فإن الطاقة صفر تشابه أنه ليس هناك حقل للجاذبية على الإطلاق. وفى النظرية العامة للنسبية وطبقاً لها فليس ثمة انحناء فى الزمن أو انحناء فى المكان وسيكونان بالضبط مسطحان تماماً، فإذا استطعنا أن ننشئ حالة طاقة أقل من الصفر، فهى إذن طاقة سالبة، وبذا نكون أنشأنا حالة الجاذبية المضادة.

تخيل صندوقاً مصنوعاً من مادة عادية ومملوءاً بطاقة سلبية لجعل الكتلة بكاملها للطاقة سلبية. هل يمكنها أن تطير لأعلى بدلاً من سقوطها لأسفل ؟ للأسف لا. ومن الصحيح أن الصندوق سوف يحس بقوة تجذبه لأعلى ولكن لأن كتلته سلبية فربما يتحرك نحو الاتجاه العكسى مثل السقوط لأسفل. وهكذا فإن الطاقة السلبية مثلها مثل الطاقة الإيجابية. ولا يمكن استخدامها فى التحليق نحو النجوم.

لكن مجال الجاذبية الذى تنشئه الطاقة السلبية هو بالتأكيد مجال طارد. فإن كرة من مادة عادية توضع بالقرب من الصندوق فإنها ستتسارع بعيداً عنه. ولو كانت الأرض مصنوعة من طاقة سلبية فسوف يُقذف بنا جميعاً إلى الفضاء.



وفى الفصل الثالث سوف أشرح كيفية إنشاء حالة طاقة سلبية، ولكن حالياً دعنا نفترض أن فى متناول أيدينا ثمة أنواع غريبة من المادة وأنه أمكننا شحنها فى حلقوم الشق الدودى. فإذا تضادت بقوة كافية مع الجاذبية هناك فإنها سوف توقف انهيار الحلقوم والسماح للضوء وربما رواد فضاء بالعبور خلاله. والشكل النهائى للشق الدودى يمكن تمثيله على فرخ مرن ذى بعدين، ولكن فى هذه الحالة سوف ينحنى الفرخ (الورقة) فى شكل دائرى حتى يقترب من النهايتين المتقاربتين معاً ومن ثم يتصلان ببعضهما خلال الشق الدودى. وبهذه الطريقة ستكون النقطتان، **A**، **B** متباعدتين جداً فى الفضاء ربما بما يوازى الكثير من السنوات الضوئية - ويمكن وصلهما فى شق دودى قصير تماماً كما حدث فى فيلم "اتصال" السابق الإشارة إليه.

يبدو طىّ الفرخ حول نفسه بالطريقة التى أبرزتها مثل انحناء متطرف لجزء كبير من الكون حين ينفرد من تلقاء نفسه. وهى مهمة أو هدف يمثل عبئاً ثقيلاً حتى لحضارة متميزة للغاية عنا. وللحقيقة فإن مثل هذا الغرض يعتبر، مما يساء فهمه على النحو الذى شرحتة. إذ من الحقيقى أن الجاذبية تؤدى إلى انحناء المكان ولكن استبدال الانحناء هنا ليس نوعاً من انحناء المكان القائم على الجاذبية، إذ إن عملية فرد الفرخ (الورقة) لا يؤثر على الخواص الهندسية بالنسبة للفرخ ذاته.

ولكى ترى هذا تخيل أشكالاً هندسية مرسومة على الفرخ "مثلثات ودوائر"، وببساطة عندما تتفرد الورقة أو الفرخ فليس ثمة تمدد ولا انكماش ولا شىء يتغير عند السطح، وكل الزوايا تظل كما هى والمربعات هى المربعات. قارن هذا بما لو حاولت أن تلتصق الفرخ (الورقة) على سطح كرة، فى هذه الحالة ستحتاج لأن تمدد الورقة، وهنا تتفرد الزوايا وتتشوه المربعات وهكذا (الاتجاه العكسى أيضاً صحيح هو الآخر، فقط فكر فى المقطع المتضمن على خريطة للأرض والسطوح

السلندرية (الأسطوانية) هو لا يعطى انحناءً فعلياً وإنما السطوح الكروية هي التي تفعل ذلك. وجملة مشابهة يمكن أن تقال عن أبعادهم الثلاثية المتساوية.

وعندما نأتى للشق الدودى الذى نترقبه هنا فليس ثمة انحناء جوهري أو حقيقى فى الفضاء العادى أو الفضاء الخارجى بين النقطتين **A**, **B**، على الرغم من الرجوع للخلف، وهندسة الوضع تظل على نفس البعد بينها، والزوايا لا تتغير... إلخ. فأنت لن تعرف أن ثمة شق دودى يربط بين مكانين متباعدين بشدة.

لم يكشف البحث الذى أجراه ثورن وزملاؤه عن أى شىء أساسى يُخَطَّى فكرة قابلية الشق الدودى للاجتياز، طالما أن شكلاً ما من مادة غريبة أو دخيلة يمكن أن تنتشر. وهذه المادة لا يستوجب الأمر أن تكون غريبة تماماً، إذ من المُعتقد أنها توجد فى بعض الأنظمة الفيزيائية المعروفة ولو بكميات ضئيلة. لقد كان هذا اكتشافاً له معنى فعلى الرغم من أنه لا يبرهن على أن الشقوق الدودية القابلة للاجتياز موجودة بشكل واضح ومحدد، فإنه لا يعطى إمكانية وجودها.

وكان هذا مثيراً كفايةً، وهناك الكثير مما يمكن مواصلة الحديث عنه، ومجرد أن تستطيع الأبحاث هضم إمكانية وجود الشقوق الدودية فى الفضاء، فسوف يبرز فجر إمكانية صناعة شق دودى، كما يمكنه أن يخدم فى مسألة "آلة الزمن". لأنه مع الثقب الأسود فإن حقل جاذبية الشق الدودى يمكن أن يعمل كوسيلة للوصول إلى المستقبل. ومع ذلك فإن الشق الدودى يمكن أن يفعل المزيد حيث يمكن استخدامه أيضاً للذهاب إلى الماضى. إذ بمجرد عبوره من النقطة **A** إلى النقطة **B** فمن الممكن الاتجاه خلفاً إلى الماضى فى أى وقت. وبالعودة السريعة عبوراً فى الفضاء العادى يمكنك العودة إلى **A** فيما قبل مغادرتك لها. وفى النهاية فقد عثر الفيزيائيون على طريقة مقبولة ظاهرياً أو جدية بالتصديق للارتجاع إلى الخلف وإلى الأمام فى الزمن.

ولكن كيف تصنع شقاً دودياً كآلة زمن ؟

الفصل الثالث

كيف تبني آلة زمن ؟

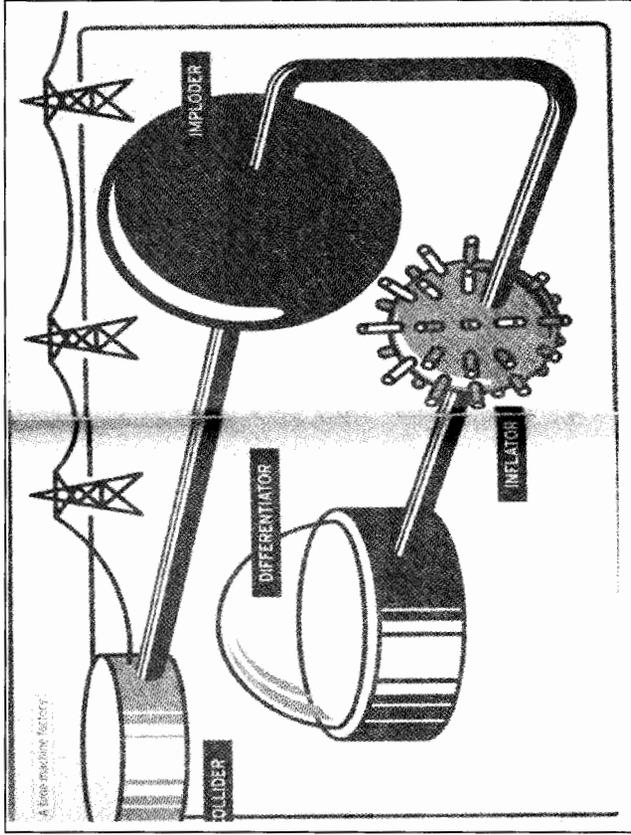
"الشقوق الدودية وآلات الزمن
اليوم ينظر إليها بمعرفة الكثير
من الفيزيائيين على أنها نوع من
الخيال المفرط"

كيب ثورن Kip Thorne

المصادم "وعاء التصادمات"

لعله يمثل المشكلة الواضحة والأكثر جذرية التي تقف في طريق أية محاولة لعمل شق دودي في منطقة عادية من الزمكان. فكّر فيما ستفعله حين تشرع في صنعه مستخدماً فرخاً من الورق، ولو أن هذه الورقة سيتم طيها حتى تلامس نفسها. فلا مهرب لك عند توصيل سطحى الورقة من أن تقوم بقطعها ثم لصقهما مع بعضهما مرة أخرى. ولا يهم ما تقوم به من لف أو تدوير أو سحب ودفغ، ففي مرحلة ما لا بد من أن تلجأ إلى شقها. والمشكلة هي نفسها لو أنك لجأت إلى كرة من السهل تكيفها مع الأحوال، وحوّلتها إلى شكل من أشكال الكعك **doughnut**. ليس هناك مفر من أن تنقب الكرة، وهو أمر يستحيل تجنبه. وهذه الصعوبة مستقلة تماماً عن الهندسة المعنوية بالمسألة، وإنما هي متعلقة بطوبولوجية النظام (تاريخ مكان معين) أو تركيبه البنوي أو هندسته اللاكمية (دراسة موقع الشيء بالنسبة للأشياء الأخرى، بدون اللجوء للمسافة أو الحجم).

وفي حالة الشق الدودي في الفضاء، باعتبار الورقة هي الفضاء نفسه، فمن المهم أن تميز أن الشق الدودي ليس ثقباً في أى شيء وإنما هو واقعياً مصنوع من الفضاء.

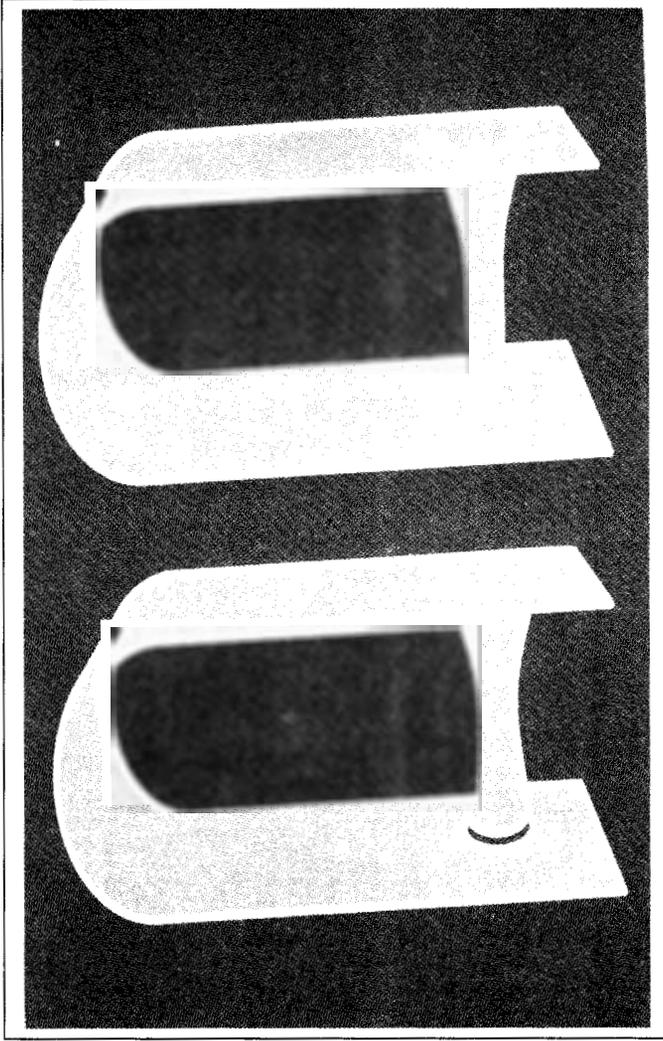


وبالتالى كيف يمكنك إجراء جراحة للفضاء ؟ لا أحد يعرف كيف يفعل ذلك
لا فى المدى الزمنى المتسع أو على نطاق معرفى واسع. فكر فيما يعنيه أن "تقطع"
الفضاء بالقرب من الأرض. وقبل أن "تلتصقه" أو تقوم بلمصقه مرة أخرى، فستكون
معرضاً لخطر حافة الفضاء الخام، وكما رأينا فى الفصل الثانى فإن حواف الفضاء
والتي سميت "منفردات ممكنة" ليست من قبيل الأشياء السارة، وإنما مؤشر جاد
للأنباء السيئة. وهى الطريقة التى أنشأ بها شوارزتشيلد الشق الدودى، عند منفردة
لها كثافة لا نهائية، ولكنها مدفونة فى داخل ثقب أسود. إن حافة مكشوفة من هذا

النوع تتطلب عمل شق دودى يمكن العبور منه سوف تكون منفردة مكشوفة. وإن كانت حافة من هذا النوع قد تحدث دماراً شديداً للطبيعة. وعلى أى حال، فبناء شق دودى بصنع منفردة زمكانية، هو أمر عنيف للغاية، نحن نحتاج لإنجاز العمل بشكل قابل السيطرة عليه.

هناك طريقة أخرى لتحقيق الغرض فى توظيف الفراغ الكمى أو ميكانيكا الكم المبنية على مبدأ "اللا يقين" لهايزنبرج **Heisenberg**، الذى يتنبأ بأن كل الكميات الفيزيائية تتموج أو تتردد فى الفراغ عشوائياً. وعلى المستوى الذرى، فإن خاصية مثل سرعة الطاقة لأى عنصر يمكن أن تكون لا يقينية بدرجة عالية. وكقاعدة عامة فكلما صغر المقياس كلما زاد عدم اليقين. وعند حد معين من الصغر فإن لا يقينية الكم سوف تكون كبيرة بحيث تنتج جاذبية لها تأثير محسوس. ويمكننا أن نرى هذا باعتبار الطاقة داخله فى مفهومنا. وطبقاً لمبدأ هايزنبرج الخاص باللا يقين ستكون الطاقة غير يقينية بالنسبة لاستمرارية مختصرة أو موجزة، وبما يعنى أن قيمتها ستتغير بطريقة غير قابلة للتنبؤ. وهناك طريقة واحدة للتفكير فى هذا فى حدود مصطلحات "الافتراض". مثلاً أى إلكترون يمكنه أن يقترب الطاقة من الطبيعة طالما سيردها مرة أخرى خلال فترة قصيرة. مبدأ اللا يقين أنه كلما كبر القرض كلما ازدادت فترة رده.

وبوضع ذلك فى شكل رقمى، فستجد أن استمرارية مختصرة مثل جزء من عشرة ملايين تريليون تريليون تريليون من الثانية والتي تعرف باسم "زمن بلانك" (نسبة إلى بلانك **Planck**)، تسمح بطاقة مقترضة كتلتها سوف تحنى الزمكان وتغير من شكله تغييراً جذرياً وليس واضحاً بالضبط كيف هو جوهر المسألة، إلا أن جون هويلر **John Wheeler** قد رسم صورة سريعة لمتاهة (شبكة من الممرات) من الأنابيب والأنفاق التى أعلن عن تسميتها: "رغوى الزمكان" وحجم هذا الشيء يقدر بـ ١٠^{٢٦} تريليون تريليون من السننيمتر (الذى يعرف بطول بلانك) والذى هو بالغ الصغر وهو فى الواقع أصغر بدرجة تقدر بـ ١٠^{٢٦} مرة عن نواة الذرة.



والآن، فإن الشق الدودي الكمي الذي أتحدث عنه ليس مُتضمناً على السدوام في الفضاء لأنه يعيش فقط زمناً مفترضاً. والطاقة المتطلبة لإحناء الفضاء إلى زبد أو رغاوى مُعقّدة فهي أيضاً عبارة عن قرض طبّقاً لمبدأ هايزنبرج عن اللاتيقين. وعلى هذا فالشق الدودي لا يبقى. إنه يأتي ويذهب في سرعة خاطفة.

ولكن ماذا عن مشكلتي "القطع" و "اللتصق" اللتين سبقت الإشارة إليهما؟ إن صعوبة المنفردات في مجال الكم هي صعوبة مراوغة. والتغييرات في الطبوغرافيا سوف تكون غارقة أو مغمورة بالزغب الناجم عن كل شيء. ومحاولة تحديد أين ينشق الفضاء مُنفتحًا هي بمثابة محاولة يائسة مثل محاولة تحديد موقع الإلكترون في مدار ذري. مثل هذه الأشياء غير قابلة للتحديد ولا يمكن معرفتها مسبقًا في فيزياء الكم.

والفيزيائيون يرون أنه أمر واقعي أن نميز بين الشق الدودي الكمي المؤقت وبين الكبير منها والدائم. فالشق الدودي الواقعي هو الذي يوجد بشكل سريع الزوال كما يذهب مبدأ هايزنبرج عن اللا يقين. إلا أن ثورن قد اقترح أنه من المحتمل أن حضارة أكثر تقدمًا مما نحن عليه ربما تطور تقنية تصل إلى "رغاوى" الفضاء لاقتلاع شق دودي تقديري، وتمديده إلى شق دائم وأكثر اتساعًا. وهذا يعنى التمكن من السيطرة على الطبيعة بمقياس يفوق إمكانياتنا الحالية وبدرجة تقدر بـ 10^{10} مرة مما نحن فيه.

لا أمل إذن في الوصول المباشر لما نريده، ولو أنه ربما توجد طريقة غير مباشرة لفعل ذلك. هناك مشكلة واحدة للحصول على شق دودي تقديري من رغاوى الزمكان، وهي أن هذه الرغاوى لا تمكث سوى بما يعادل زمن بلانك فقط قبل تلاشيها، ولإنشاء شق دودي يدوم فلا بد أن ندخل أو نحقق طاقة كافية إلى داخل رغاوى الزمكان لتنتقيتها من الدين (دين الطاقة) لحساب الشق الدودي وبذلك نحيله إلى شق دودي حقيقي وقد يبدو ذلك وهميًا أو خياليًا، ولكننا نفعل ذلك طول الوقت مع أجهزة إرسال الراديو. فكل مجال كهربي يمكن تخيُّله كسحابة من الفوتونات التقديرية التي تنطلق بسرعة حول كل جسيم مشحون مثل الإلكترون. فإذا غذيها المنظومة بالطاقة، قل مثل تسارع الإلكترون داخل سلك، فثمة بعض الفوتونات التقديرية تتحول إلى فوتونات حقيقية وتندفق بعيدًا عن السلك في شكل موجات.

وبشكل عرضي فإن مبدأ هايزنبرج للا يقين (الخاص بالطاقة والزمن) له توظيف مهم في طبيعة الفضاء الفارغ. أنه ليس ثمة شيء مثل الفراغ التام **Perfect vacuum**، لأنه حتى بعد إخلائه من كل العناصر المادية وكل الفوتونات سوف تبقى بعض الفوتونات التقديرية وأشكال تقديرية أخرى من كل الجسيمات الأخرى تتدافع في وجود مؤقت، كما ستتخلل الفوتونات التقديرية الفضاء كله، وتملأه بنشاط كمى هائل من التخمر المضطرب أو الهائج. والذي قد يبدو في البداية كفراغ كامل وهو في الواقع أشبه بخلية النحل التي تحلق فيها الأشباح، ويتناوب ظهورها واختفاؤها على نحو لا سبيل إلى التنبؤ به. وهذه ليست مجرد نظرية لأن الفوتونات التقديرية تعلن عن نفسها بوسائل أو بطرق متعددة. فهي مثلاً تتصادم مع الإليكترونات في مداراتها الذرية محدثة تغييرات صغيرة (ولكنها مما يمكن قياسه) في مستويات الطاقة. وهي تنتج أيضاً ما يسمى بتأثير كازيمير **Casimir Effect** والذي سأناقشه لاحقاً.

"التصادم" إذن هو أول مرحلة لإعطائنا الطاقة المتطلبية لرغاوى أو زغب الزمكان. إنه يتعلق بمُعجّل الأنوية الثقيلة من النوع المستخدم بمعهد بروكهافن **Brookhaven** الوطنى فى لونج أيلاند بنيويورك. هذه الماكينة مصممة لتزويد أنوية الذرات مثل ذرات الذهب واليورانيوم بطاقات هائلة ثم جعلها تتصادم مع بعضها البعض. وهذه الأنوية محبوسة بواسطة مجال مغناطيسى داخل حدود أنبوب مفرغ حلقى الشكل حيث يتم تسريعها بواسطة نبضات كهربية سبق ترتيبها بحيث إن حزمًا من الأشعة متضادة الاتجاهات تلتقى فى اتصال عالى السرعة. وهذه "المتصادمات" مصممة بحيث تكون فى غاية العنف حتى أنها باختصار تعيد إنشاء الظروف التى ظهرت فى الكون خلال ميكروثانية واحدة عقب الانفجار الكبير، حيث كانت الحرارة لافحة وتصل إلى عشرة تريليونات درجة.

وعندما تضرب الأنوية بعضها البعض بقوة خلال التصادم فإن بروتوناتها ونيوتروناتها الدائمة تتسحق، منشئة فقاعات من شظايا طاقة تعرف باسم بلازما القواركات والجلونات **quark- gluon plasma** (أحياناً ما يستخدم تعبير درامى فى هذا الشأن: إذابة الفراغات الكمية).

وكتأثير لكل ذلك فإن محتويات أنوية من قواركات وجلونات تنفطر وتنطحن مكونة فقاعة غير منتظمة الشكل. وبمجرد إنشاء فقاعة بلازما القواركات والجلونات، تكون المرحلة التالية متمثلة في إمرارها في "المفجر الداخلي".

المفجر الداخلي (الذي يثير التفجير في داخله)

ولو أنه بالمقاييس البشرية يعتبر ما يعرف بـ بلازما القواركات والجلونات من الأشياء عالية الطاقة جداً، فإنه لا يزال بعيداً جداً عن متطلباتنا الحالية. ذلك أن درجة الحرارة الهائلة التي تبلغ عشرة تريليونات درجة في داخل الفقاعة تصل بمقدار ١٠ مرفوعة إلى أس ١٩ عن الحرارة التي يمكن أن تؤثر على رغاوى الفضاء. وسنحتاج لضغط الفقاعة إلى درجة بليون بليون مرة لرفع درجة الحرارة لقيم بلانك. ومن المدهش أن مجموع الطاقة اللازمة لتحقيق ذلك تعتبر متواضعة جداً إذ إنها تكافئ (حوالي ١٠ بليون جول) أي ما تنتجه محطة توليد كهرباء في عدة ثوان قليلة. ومثل هذه الطاقة ليست معاملاً مُقْبِداً لهذه الخطوة ولكن التحدي الحقيقي هو كيف تركز هذه الطاقة الكبيرة في مجرد شيء صغير.

ليس واضحاً كيف يمكن أن نفعل ذلك، إلا أن انفجاراً مغناطيسياً ضاعطاً يمكن أن يطرح لنا وسيلة أو طريق إلى ذلك. هذا لأن المجالات المغناطيسية تستخدم بنجاح في حبس البلازما منخفضة الطاقة المألوفة كالغازات المتأينة مثلاً. وكان العلماء في بواكير خمسينيات القرن الماضي قد بدأوا في تجريب هذه التقنية التي تعرف بقرصة **Z** (**Z-Pinch**) كجزء من برنامج تفجير أو انصهار نووي يمكن السيطرة عليه وذلك بتمرير تيار كهربائي مكثف عبر غاز الهيدروجين الثقيل "deuterium" في غرفة ما فيتم تأيينه بسرعة ويقوم المجال المغناطيسي للتيار بقوة البلازما المنتجة ويعنف بالغ ويرفع درجة حرارتها بمقدار ملايين الدرجات وتعد أنقى قرصات في الوقت الحالي هي تلك المستخدمة في المعامل الوطنية في سانديا بنيوميكسيكو **Sandia National Laboratories** حيث يتم تركيز النبضات الكهربائية البالغة ٥٠ تريليون وات صادرة عن مكثفات مشحونة، في سلوك رقيقة للغاية من التنجستين **tungsten** (السلوك المستخدمة داخل المصابيح الكهربائية).

وهكذا فإن الضغط الذى يتطلبه الوصول لدرجة حرارة بلانك يتطلب قرصات تزيد بكثير جداً عن تلك المستخدمة فى المعامل "معامل نيوميكسكو". ومن هنا فإن مجموعة من القنابل النووية الحرارية يتم إعدادها فى نموذج كروى متركزة على الهدف، ربما يمكنها من تركيز حقل جاذبية كاف لتفجير فقاعة القواركات والجلونات. وأكرر هنا بأن الطاقة المطلوبة ليست كبيرة، وإنما يكون المهم توجيهها بدقة إلى الفقاعة المستهدفة بدلاً من قذفها إلى ما يحيط الفقاعة. وبافتراض إمكان حل مشكلة التركيز هذه. فإن جملة التأثير الناتج سوف تنشئ كرة رفيعة تقدر كثافتها بحوالى تريليون تريليون تريليون تريليون تريليون تريليون تريليون تريليون كيلوجرام فى كل متر مكعب أى أكثر بحوالى 10^{10} مرة من كثافة مادة النواه الذرية. وهذا كاف ليكون صنوا للطاقة الواسعة التى يسمح بها طول بلانك: وهو جزء من بليون تريليون تريليون من السنتيمتر. ويساوى المسافة التى يقطعها الضوء فى زمن بلانك. ومن الجميل أن النتيجة سوف تشكل إما تقبلاً أسود لمدة دقيقة أو شقاً دودياً سيصبح بذرة تنمو فيها آلة زمن.

لكى تتجز هذا الانضغاط فثمة مشاكل حقيقية فيزيائية يلزم الإشارة إليها بالتوازي مع التحديات الهندسية. نظرية الحقول الكمية ترى أنه إذا ما أصبح حقلاً جاذبياً فى حالة من القوة البالغة فربما يبدأ فى إنشاء عناصر تحت ذرية، ومن ثم يبدد نفسه أو يتلاشى. وأيضاً فإن الضغط المغناطيسى يعرف بعدم استقراره. ومثل هذه الصعوبات يمكنها أن تطوّق أو تراوغ الوضع باستخدامها طراز آخر من الحقول مثل تلك المعروفة باسم "حقل هيجز" **Higgs field** الذى لجأ إليه فيزيائيو العناصر كثيراً.

وكبديل يمكن توظيف معجل ليقوم بدور المفجر الداخلى. ومن خلال تقنية كهرومغناطيسية تقليدية، فإن طاقة بلانك يمكن الحصول عليها عبر بناء معجل كبير فى مثل حجم المجموعة الشمسية، ولكن تقنية المسرعات الذرية ربما تنشئ درجات عالية من الطاقة من خلال آلات مدمجة صغيرة الحجم. وأيضاً فإن بعض

النظريات تقترح أن تغييرات كبيرة للمكان والزمان يمكن أن تُظهر نفسها عند مستويات للطاقة أقل من طاقة بلانك، بل وربما تكمن فيما يُمكن بلوغه من تقنيات في المدى المرئي. وإذا أمكن إنتاج الطاقة (بصنع اليد) عند مستويات متواضعة، فإن الشقوق الدودية يمكن أن تنشأ دون حاجة لمثل هذا الانضغاط الهائل أو التسريع المتزايد.

بمجرد إنتاج شق دودي، ولو حتى صغير جدًا، فإن الخطوة التالية هي تضخيمه إلى أبعاد يمكن التحكم فيها والسيطرة عليها والتعامل معها.

المضخم The inflator:

طالما أن شقًا دوديًا له "حجم" بلانك لا طائل ورائه، فثمة بعض الطرق لمحاولة تكبيره بعنف. فكما رأينا أن العنصر الحافظ والحاسم في استقرار توازن واستقرار شق دودي يسمح بالمرور خلاله هو نوع غريب أو دخيل من مادة ذات خواص مضادة للجاذبية، وفي الخطوة التالية يتم تغذية الشق الدودي الناشئ أو الوليد ذي الحجم الميكروسكوبي بهذه المادة. حيث تقوم جاذبيتها المضادة بدفع حلقوم الشق الدودي إلى خارجه مُضخمة حجمه في ذات الوقت - هذه الطريقة تستخدم بنكا لليزر عالي القوة مع نظام من المرايا متعاقب بسرعة عالية.

وقبل كتابة مزيد من السطور عن "المضخم" فسأحتاج لشرح القليل عن الجاذبية المضادة ففي الفصل الثاني ناقشت كيف يمكن إنتاجها عبر الطاقة السلبية. إذن كيف تنشئ هذه الطاقة السلبية؟ لقد اكتشف الفيزيائي الهولندي هندريك كازيمير **Hendrik Casimir** عام ١٩٤٨ طريقة تتسم بالبساطة البالغة: وهذا ما سوف نفعله. خذ فرخين معينين وضعهما بالقرب من بعضهما البعض ووجهًا لوجه. وثبتهما بحيث لا يتحركان، ثم ضع هذه المنظومة داخل صندوق معدني غليظ القوام مستبعدًا منه أية مواد (بما فيها الغازات والشحنات الكهربائية، والعناصر المحايدة) ثم برّد الصندوق بما فيه حتى الصفر المطلق (- ٢٧٣ درجة سننتيجر). عندئذ ستكون الشريحة الفارغة بين الفرخين محتوية على "الطاقة السلبية".

أثر - كازيمير ذاك هو ظاهرة تعرف بـ "الفراغ الكمي" وبشكل مباشر فأنا لن أضعها كمثال على مادة غريبة لأنها تشير إلى حالة من الفضاء الخالي. إلا أن هذا يمثل مراوغة لفظية: التمييز بين الحقول المضطربة أو المهتاجة من المادة، وبين الفراغ هو نوع من الضبابية غير الواضحة في الفيزياء الكمية.

وهذا هو سبب ظهور التأثير الكازيميري الخاص بالطاقة السلبية، لأنه من الواضح أن المنطقة الفارغة بين الفرخين ليست "فراغاً" بالكامل وإنما هي مسكونة بكثلة مضطربة من الفوتونات التقديرية. ومثل أفرانها من الفوتونات الحقيقية، فإن التقديرية تلك ترتد من الألواح المعدنية، وبانحصارها بين الفرخين المعدنيين فهي ليست حرة في التحرك إلى أى اتجاه، وهذا الحصر أو التقييد سوف يؤثر على الفوتونات المتنوعة التي ستسكن ما بين الفرخين، بالمقارنة مع الفضاء خـارج الفرخين. ومن حيث التأثير فإن إمكانية وجود بعض أنواع الفوتونات التقديرية يتم استبعاده بوجود الفرخين ذاتهما. وكننتيجة فإن إجمالي الطاقة المستعارة (من خلال مبدأ هايزنبرج في اللاتيقين) داخل المنطقة بين الفرخين ستكون أقل قليلاً عما لو كانت هذه الطاقة قد وجدت بدون الفرخين.

وإذا ما وافقنا على أن هذا الفضاء الذى يبدو خالياً يحتوى على طاقة تساوى صفراً فى غياب الأفرخ المعدنية، فإن المنطقة بين الفرخين لا بد من احتوائها على طاقة سلبية. وهذه الطاقة السلبية تعلن عن نفسها من خلال ما تنتج من قوة قليلة الشأن من الجذب بين الفرخين.



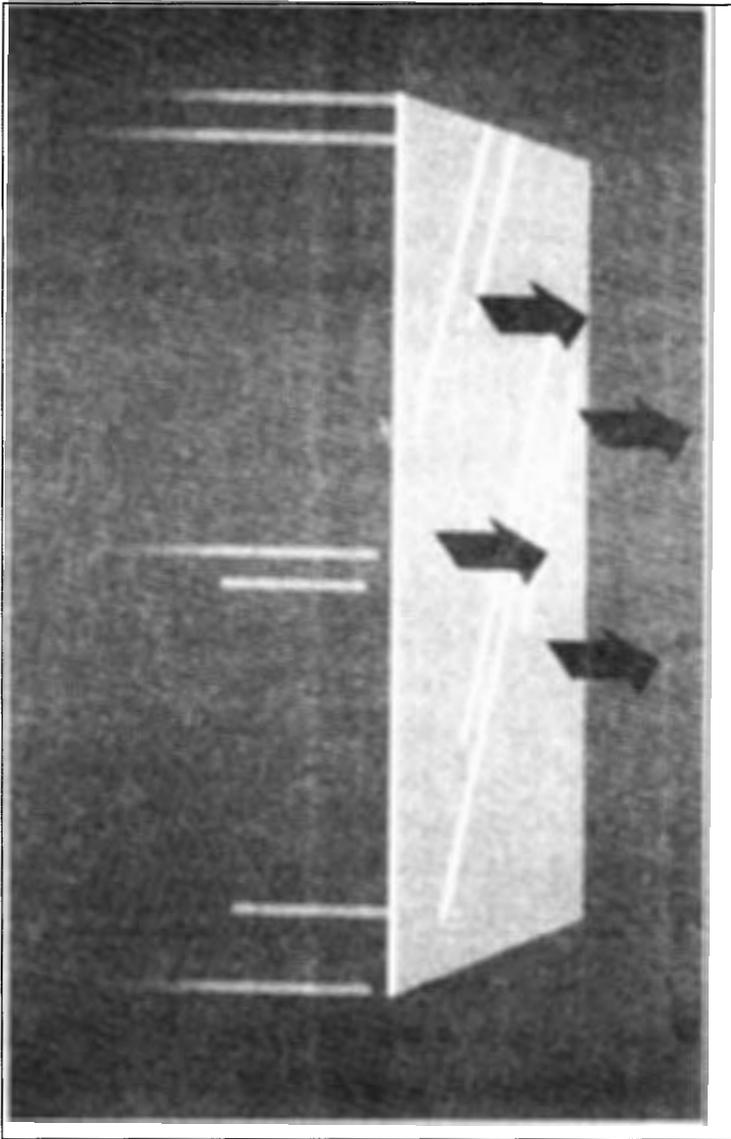
Hendrik Casimir هندريك كازيمير

هل يمكن أن يحدث ذلك ؟

نعم، تمّ عمل ذلك. هذه القوة التي قال بها كازيمير تمّ قياسها معمليًا عام ١٩٥٨، كما كانت محلاً لدراسات عديدة منذ ذلك الوقت. وخلال هذه التجارب لم يحاول أحد استبعاد كل العناصر الأخرى (الأكبر والأكثر إيجابية) التي قد تجتاح المنظومة طالما أن الغرض من التجربة هو مجرد اختبار تنبؤ كازيمير وليس إنشاء نطاق للطاقة السلبية بشكل فعلى. وأكّدت التجارب صحة النظرية، قوة الجذب بين لوحين معدنيين عاكسين جيدًا مساحة كل منهما متر مربع تقدر بما يعادل وزن جزء مليوني من الجرام. والجذب يشتد كلما تقارب اللوحان. أما بالنسبة لأفخر معدنية حقيقية غير تامة التسطح فإن الأثر يصيبه التعقيد لأسباب أخرى قبل أن يصبح الأثر الكازيميري أضخم. ولكن هذا لم يمنع خيال المنظرين من "اللعب" بالأفكار مستخدمين أثر كازيمير، وتأثيرات الـ "الخلاء الكمي" الأخرى، كأساس كنظام دفع أو تسيير سفينة فضاء.

وسائل أخرى لصنع طاقة سلبية

تأثير كازيمير ذاك هو الأكثر شهرة والأسهل لإنتاج طاقة سلبية عبر إحداث اضطراب في "فراغ" كمي. لكن مثل هذه الطاقة الفراغية الكمية السلبية يمكن إنتاجها أيضًا من سطح واحد عاكس (لمرأة مثلاً) إذا ما تم تحريك هذا السطح العاكس بقوة. ومع أواسط سبعينيات القرن الماضي درّست موضوع "المرأة المتحركة" هذا وتأثيرها ذلك وبتفصيل طويل مع زميلي ومساعدى ستيفن فولنج **Stephen Fulling** وحضّرنا الدراسة في نموذج له بعد واحد، ولكن تماثلت النتائج فيما لو أعطيناها أبعادًا ثلاثية. لقد وجدنا أنه إذا حركنا مرآة بشكل متزايد التسارع، فإن دفقًا من الطاقة السلبية يبرز من سطح المرآة ويندفع بها إلى الفراغ المقابل لها. ولكن لسوء الحظ فإن إجمالي الناتج من الطاقة السلبية كان أصغر بكثير مما يتطلبه إنتاج طاقة سالبة عمليًا.



طاقة فراغية كمية سلبية يمكن إنتاجها من سطح واحد عاكس (مراة مثلاً)
إذا تم تحريكه بقوة .

ربما يكون الموّاد الواعد للطاقة السلبية يكمن فى الليزر الذى يعتبر مصدرًا عاليًا للطاقة باعتباره - ضوءًا نقيًا جدًا ومتناسكًا. وفى الحالة النموذجية تمر حزمة الضوء الليزرى عبر كريستالة من الليثيوم (فلز فضى البياض) والنيوبيوم (فلز آخر) **lithium niobate** تأخذ شكلًا أسطوانيًا محاطًا بنهايات فضية لتعكس الضوء، وهكذا تشكل نوعًا من التحريف البصرى المضخم. وهذه الكريستالة لها تأثير إنتاج حزمة ضوء ثانوية ذات تردد أكثر انخفاضًا بحيث يعاد تشكيل نموذج الفوتونات فى حالة زوجية (اثان اثان) وهو ما يعرف فنيًا بـ: "عصر الضوء" **squeezing the light**. ومن وجهة نظر مصطلح الطاقة فإن الضوء المعصور الناتج يحتوى على نبضات من الطاقة السلبية تتناثر هنا وهناك مع الطاقة الإيجابية.

هذا والكريستال ليس هو الطريقة الوحيدة لعصر الضوء. لأنك لو استطعت إنتاج نبضات ضوء محتويه تحديدًا على: واحد أو اثنين أو ثلاثة... من الفوتونات لكل واحدة، فإنه يمكنها توحيدها بطريقة تنشئ حالات من العصر، وبوضع هذه الحالات فوق بعضها البعض فإنها تطفح بكميات مكثفة من الطاقة السلبية. وهذا ممكن من الناحية النظرية.

العقبة الرئيسية فى استخدام الليزر تتمثل فى قصر مدة استمرار الطاقة السلبية تلك. فهى من الناحية النموذجية لا تستمر الواحدة منها سوى 10^{-15} من الثانية قبل أن تعقبها بنبضة طاقة إيجابية تستمر نفس المدة. وهناك بعض الطرق لفصل الطاقة السلبية عن الطاقة الموجودة فى حزمة ضوء ليزرى. ويستخدم المضخم الذى أفتخره مجموعة من المرايا التى تدور بسرعة بحيث يسقط الضوء على سطوحها بزوايا ضئيلة، وسوف يضمن دوران المرايا انعكاس حزم الطاقة السلبية بزوايا مختلفة قليلاً عن حزم الطاقة الإيجابية. وبعيدًا عن المرايا سوف يكون هناك فصلاً قليلاً بين الطاقة الإيجابية والطاقة السلبية من بين محتوى الحزمة، ومن خلال مزيد من الأنظمة الخاصة بالانعكاس فإنها سوف تسمح بتوجيه الطاقة السلبية إلى الشق الدودى.

ومع تقنية الليزر الحالية، تبدو الأرقام مخيبة للآمال. حتى مع إمكان توجيه الطاقة السلبية إلى الشق الدودي بطريقة تبقى على طول أمده، وتتيح بقاءها فى حلوقم الشق الدودى، فإن الأمر سيتطلب إلى طول متسع من الوقت لهيئة إنشاء شق دودى ميكروسكوبى الطابع. ولقد قَدَّر الفيزيائى مات فيسر **Matt Visser** أن شقاً دودياً قياسه متر واحد سوف يحتاج لطاقة سلبية تعادل كتلة كوكب "المشترى". ومع فصل تام بين الطاقة الإيجابية والسلبية من بليون تيراوات **terawatt** من الليزرات تجرى خارج مسطحة ومستمرة فسوف يحتاج هذا إلى زمن يماثل عمر الكون لإنشاء مثل هذه الكمية المطلوبة من الطاقة السلبية.

مزايا أخرى للمضخم

هذا وتُحدث أيضاً طاقة فراغية، كمية سلبية كنتيجة ثانوية لمجالات معينة من الجاذبية. وكمثال بسيط لهذا هناك مجال جاذبية الأرض، الذى ينتج حولها سحابة من الطاقة السلبية عبر سحب بعض الفوتونات التقديرية إلى أسفل وفى حالة الأرض فإن التأثير يكون صغيراً جداً. ولكن طالما ينشأ حقل جاذبى فإن سحابة الطاقة السلبية تنمو وتزداد قوة. وبالقرب من سطح ثقب أسود فإن السحابة تكون هائلة. لأنه ليس ثمة سطح مادى للثقب وإنما فقط فضاء فارغ، وهذه الطاقة السلبية تتدفق داخل الثقب فى تيار مستقر، وكتأثير لهذا فإن الثقب الأسود يُخلى الفراغ الكمى.

وسوف يمتص ثقب أسود ذو كتلة شمسية وبإشعاع راديو بطول ٣ كيلومترات الطاقة السلبية بمعدل بليون بليون بليون جول فى الثانية الواحدة. ولا يزال هذا ضعيفاً على نحو ما. ولكن كلما صغر الثقب الأسود كلما كانت الجاذبية أشد عند سطحه، وازدادت كثافة سحابة الطاقة السلبية حوله. إن ثقباً أسود بحجم ذرة نووية (وكتلة جبل) سوف يبتلع طاقة سلبية بمعدل بليون جول (وحدة طاقة) فى الثانية، ومُنشأً نقصاً فى الطاقة يقدر بمليون كيلوات.

وفى عام ١٩٧٤ بحث ستيفن هوكنج **Stephen Howking** مسألة وجود الطاقة السلبية بالقرب من الثقوب السوداء. وقد تنبأ هوكنج بأن الثقب الأسود سوف يتوهج بشكل خابٍ أو خافت بفعل الإشعاع الحرارى والطاقة المشعة التى تأتيه من أى مكان، طالما أن لا شىء (حتى الطاقة) يمكن أن يخرج من ثقب أسود، فإن هذا يبدو التفسير الأوحى لتدفق الطاقة السلبية إلى داخل الثقب. وفى العام التالى أكدنا أنا وويليام أنروه **William Unruh** وستيفن فوللنج **Stephen Fulling** هذا التنبؤ الذى قال به هوكنج، وذلك عبر حساب مقدار الطاقة قريبًا من ثقب أسود من خلال نموذج رياضى مبسط ثنائى الأبعاد. لقد وجدنا بالطبع تدفق طاقة سلبية إلى الثقب بمعدل يكافئ الإشعاع الحرارى الخارج منه.



ستيفن هوكنج **Stephen Howking**

إن وضع آلتنا الزمنية بالقرب من سطح الثقب الأسود لكى تغمرها الطاقة السلبية يعد من قبيل الصعوبة العملية، ولكن الوجود الحقيقى للطاقة الكمية السلبية المتولدة عن مجال الجاذبية هى من الأشياء المعروفة جيداً. وطالما أن الشق الدودى نفسه ستكون لديه مجالات جاذبية قوية. فلربما يُؤد الطاقة السلبية المطلوبة من خلال الخلاء الكمى الذى يناسبه. لا أحد يعرف أن كان هذا ممكناً من عدمه. وإذا كان ممكناً، فربما يتسبب الشق الدودى فى عملية التضخيم مع مادة قليلة مجلوبة من داخله. ويمكن استخدام نظاماً من الليزر لبداية العملية، مشكلاً هندسة الشق الدودى المايكروسكوبى فى الهيئة المناسبة وبعد ذلك تقوم الطبيعة بعملها، مقدمة لنا شقاً دودياً كبيراً بدون مجهود من جانبنا. وسوف يبدو الشق الدودى كشيء غير واضح فى رغاوى الزمكان، هكذا وكما لو قلت أن هناك "وجبة مجانية". وإذا كان هذا مما يدهشك، تذكر أن الطاقة السلبية لها أيضاً كتلة سلبية، ومن ثم فإن كامل كتلة الشق الدودى سوف تكون قريبة من الصفر. وبكلمات أخرى فلربما تصبح التكلفة التى قد نتكدها من أجل الطاقة السلبية قليلة بل ربما لا نحتاج مالاً يغطى المسألة كلها من أجل إنتاج شق دودى؛ لأن الأجزاء المشتملة على طاقة سلبية هى التى ستدفع تكلفة الطاقة الإيجابية فى الأجزاء المحتوية عليها، فقط من خلال توجيهه جيد يقوم به مهندسو مصنع "المضخم".

المتطلب المبدئى فى عمل آلة زمن مفيدة، هو الإبقاء على حلقوم الشق الدودى مفتوحاً. ولكن استخدام الشق الدودى كوسيلة انتقال مجدبة يتطلب أن تعتبره ليس مجرد بوابة للانزلاق إلى أية أزمنة أو أمكنة أخرى. ولكن المرء عليه أن يُعتمر عبرها ويخرج من هذا "العصر" مبتسماً وفى حالة جيدة. وبدلاً من هذا العصر الذى يمكن أن يجعله أشبه بالمكرونة الإسباجتى أو لتجنب هذا الأمر، فإننا نحتاج لأن تكون حقول الجاذبية للشق الدودى رقيقة. وأيضاً أن تكون مدة استمرارية الرحلة معقولة. لأن الرحلة إلى الماضى التى قد تستغرق من المسافرين مائة عام لإتمامها لن تكون بالأمر المغرى جداً لأن تقوم به، ولذا فإن الشقوق الدودية الطويلة تصبح غير مجدبة.

هذان القيذان الإضافيان يضعان حدودًا للمادة المجلوبة للشق الدودى. الخبراء يتجادلون وربما يتخاصمون حول مدى غرابة المادة المجلوبة المقصودة، وعمّا إذا كانت محدودة أو ضيقة لتناسب منطقة عميقة فى الحلقوم الخاص بالشق الدودى أم تسمح باستبعادها من خلال مجموعة الأفواه، وإلى أى مدى يكون ضيقها أو محدوديتها، وعمّا إذا كان الإشعاع الخارج من أحد الأفواه يمكن أن يدخل فمًا آخرًا ويظل يدور حول نفسه بلا نهاية، ومحتاجًا بالتالى لمجموعة تقنيات أخرى.

المُفَرَّق :

لإحالة الشق الدودى إلى آلة زمن عليك أن تُثَبِّتَ فارقًا زمنيًا بين نهايتيه. وأبسط تقنية لذلك تتمثل فى استخدام تمدد الزمن العادى - أو تأثير التوعم. ولكى تفعل ذلك فلا بد أن تشدّ الشق الدودى بشحنة كهربائية (مثلاً بإطلاق الإليكترونات إلى داخله) حينما يكون لا يزال صغيرًا. قلّ مثلاً فى حجم عنصر تحت ذرى. أحد أفواه الشق الدودى سوف يكون قد تغذى بواسطة معجل عادى إلى ما يقترب من سرعة الضوء، بينما الآخر لا يزال مستقرًا بلا حراك. وهذا من شأنه أن يحدث أنساقًا زمنية متباينة بين فوهتى الشق الدودى. الآن دع هذه العملية تستغرق مدة ولتكن عشر سنوات، فى خلالها تصبح الفوهة المتحركة فى حالة راحة وتسمح حالتها بالاقتراب من الفوهة الأخرى. والشق الدودى الآن يمكنه أن يرسل عناصر من المادة إلى الماضى خلال مدة العشر سنوات. وفى الخطوة النهائية للعملية، يُعاد الشق الدودى لمصنع "المُفَرَّق" ليتم مطه أو تمديده بحيث يتسع لعبور كائن بشرى ونقل عشرة أمتار بقياساتنا. بينما يظل طول الشق الدودى قصيرًا بقدر الإمكان.

وثمة وسيلة أخرى لتحويل الشق الدودى إلى آلة زمن، وتتلخص فى استخدام مجال الجاذبية لنجم نيترونى بدلاً من استخدام المعجل كـ "مُفَرَّق". وهى تعمل على النحو التالى تخيل شقًا دوديًا قصيرًا فعلاً، دعنا نقول طوله فى حدود عشرة أمتار، ثم اسحب إحدى فوهاته - ولنسميها

الفوهة (أ) - إلى أقرب منطقة مجاورة لنجم نيترونى يبعد عدة سنوات ضوئية، ودع الفوهة الأخرى (ب) مستقرة فى النظام الشمسى. اتركها كذلك إلى أن تصل جاذبية النجم النيترونى بالفارق الزمنى إلى الكمية المطلوبة، ثم اسحب (أ) إلى النظام الشمسى وضعها بجوار (ب). وهنا ستكون آلة الزمن جاهزة للاستخدام.

ولكى ترى كيف يعمل هذا الإجراء، تخيل منبهين متماثلين كل منهما موضوع عند فوهتى الشق الدودى. جاذبية النجم النيترونى سوف تمدد الوقت عند الفوهة (أ) بحيث إن الوقت فى هذا المنبه سيجرى ببطء. ماذا عن المنبه عند الفوهة (ب)؛ لأنه يبعد عن النجم عدة سنوات ضوئية فمعدله لن يتأثر بجاذبية النجم، وبالتالي سيظل يتكثك بمعدله المعتاد أى بشكل أسرع مما عليه المنبه الآخر (أ). ولكن ثمة خدعة يمكن أن نمسك بها هنا. افترض أننا ننظر عبر الفوهة (أ) فى الشق الدودى والمتوضع بالقرب من النجم، سوف نرى المنبه (ب) يبعد عنا مجرد أمتار قليلة. وهكذا من خلال أحد الطرق يبدو المنبه (ب) وكأنه بعيد جداً عن النجم النيترونى، وبطريق آخر يبدو قريباً جداً. وبالتالي يجب أن يكون هناك فرقاً قليلاً بين معدلات المنبهات (أ)، (ب). إذن من منهما هو الصحيح؟ الجواب هو الوقت فى كليهما، بعد كل شيء، يكون نسبياً، والموقف هنا هو بالنظر من خلال الشق الدودى يكون الموقف متماثل فى النهايتين، ولكن بالنظر من خلال الفضاء الخارجى هناك فرق حقيقى بين (أ) و (ب) حيث يكون الأخير متقدماً أو سابقاً للأول.. وإذا أنت قفزت الآن عبر الشق الدودى من (أ) إلى (ب) سوف تكون قفزت إلى الوراء عشر سنوات إلى الماضى. وبالعودة إلى (أ) عبر الفضاء العادى تكون قد عدت إلى النقطة التى بدأت بها قبل أن تغادرها. وهكذا مرة أخرى بقيامك بقفزة مغلقة فى الفضاء فأنت تنفذ قفزة مغلقة فى الزمن. آلة الزمن هذه لها طريقتين، وإذا ذهبت عبر الشق الدودى فى اتجاه آخر من (ب) إلى (أ) يمكنك القفز عشر سنوات إلى المستقبل.

يختلف زمن الشق الدودى من وجهة النظر التى قدمها هـ. ج. ويلز H. G. Wells عن ذلك من ناحيتين حاسمتين أو محرجتين. فى روايته "آلة الزمن" قام المسافر الجسور بتحريك رافعة وإثر ذلك تحركت الآلة إلى الأمام فى الكون مثل لاعب فى الفيديو يقوم بتسريع الصور فى "الفيلم" الكونى بما يتناسب مع زمنه العقلى. وعند وصوله إلى حيث يريد فهو فقط يضغط على زر ليجد أنه يسافر إلى الخلف فى الزمن بوسيلة إعادة فيلم الزمن بشكل سريع. وآلة الزمن هناك تشارك المسافر فى رحلته الانتقالية المؤقتة ذاهبة إلى الوراء أو إلى الأمام وفقاً لزمن المسافر فى كلتا الحالتين. وهذا يختلف تماماً عن وقت آلة زمن الشق الدودى التى لا تتحرك عبر الزمن، وإنما الذى يتحرك فقط هو جزء من هندسة أو معمار الكون.



هربرت ج. ويلز H. G. Wells

وثانيًا فمسافر الزمن في روايته لا يذهب إلى أى مكان فى الفضاء. ولكن فكرة اللحظات تكشف غموض والتباس هذا الترتيب، لأنه فى الوقت على امتداد عمر المسافر فلا بد للأرض أن تكون تحركت عدة سنوات ضوئية عديدة عبر المجرة، وأن تكون المجرة ذاتها قد تحركت متناسبة مع الأخريات. وطالما أنه ليس هناك إطار مطلق لإمكان توقف أى منهما لقياس هذه السنوات، فإن الأنحاء المحيطة زمنيًا لآلة الزمن فى هذا التمرين المؤقت تكون غير محددة بالكامل. إذن فالوقت فى آلة زمن الشق الدودى يتصرف على نحو آخر مختلف عن ذلك. فبدلاً من إغواء الزمن بالجريان للخلف فإن المسافر فى الزمن سيهبط فى رحلته عبر الفضاء منتهيًا إلى الماضى.

الفصل الرابع

كيف لكل ذلك أن يسفر عن معنى معقول

"ماضى الزمن وحاضره ربما يظهران
فى زمن المستقبل والزمن فى
المستقبل يحتويه الزمن الذى مضى"

ت. إس. إليوت T. S. Eliot

طالما أن أحدًا لم يقدم لنا جدلية مفحمة عن استحالة آلة الزمن، ومهما كانت الصعوبات العملية لصنع آلة زمن محبطة، فإن تبعات السفر إلى الخلف في الزمن تحتاج لمواجهتها.

وكتب الخيال العلمي معنادون على الغريب وغير المؤلف وحتى المتناقض، فيما يتعلق بالتبعات التي يمكن أن تنتج إذا كان البشر قابلين لزيارة الماضي. فإن طريق الارتحال في الزمن يمكن أن يندمج في العلم الحقيقي.

كيف يمكن تجنب "سياح الزمن"؟

من الاعتراضات الرائجة جدًا إزاء السفر إلى الخلف في الزمن، هي أننا لم نواجه بعد أي شخص من المستقبل. إذا كان من الممكن زيارة الماضي، فربما نتوقع أن خلفاءنا، ربما بعد آلاف السنوات من الآن، سوف يكونون قد بنوا آلة زمن رحلوا بها للوراء إلينا لملاحظة أحوالنا، أو على الأقل ليذكروا لنا شيئًا عن أحوالهم. وستكون الأحداث التاريخية مثل عملية صلب المسيح مزدحمة بحشود المشاهدين المتحمسين دع عنك تقارير عن الأشباح والأطباق الطائرة وأشباه ذلك. لا ريب أن عدم وجود "سياح الزمن" يمثل مشكلة بالنسبة للمتحمسين للارتحال في الزمن.

من حسن الحظ أن ذلك الاعتراض يمكن تلافيه بواسطة آلات زمن الشق الدودي. وعلى الرغم من عدم إمكانية استخدام الشق الدودي في السفر في الزمن إلى الوراء أو إلى الأمام، فليس ممكنًا أن تستخدم واحدة منها قبل صناعتها أو إنشائها. وإذا بنينا واحدة الآن وأثبتناها، ولو على سبيل القول، فإن ثمة مائة سنة من الزمن تفرق بين النهائيتين، وهكذا فإن المرء عبر مائة سنة يمكنه إعادة زيارة عام ٢٠٠١، ولكنك لن تستطيع أن تستخدم الشق الدودي لرؤية الديناصورات. فقط لو كانت الشقوق الدودية موجودة في الطبيعة، أو أنها قد صنعت بمعرفة كائن فضائي من حضارة فضائية - هل نستطيع زيارة عصور سابقة على الحاضر؟ وهكذا فلو أن أول آلة زمن شق دودي قد أقيمت عام ٣٠٠٠، فلن يكون هناك وجود لسياح الزمن للعام ٢٠٠٠.

متناقضة الزمن: تغيير الماضي:

ربما تكون أشهر متناقضات الارتحال فى الزمن هى لو أن أحدهم سافر إلى الماضى وقتل واحداً من أسلافه (أمه على سبيل المثال) والمشكلة هنا واضحة. فلو أن الأم قد قتلت قبل أن تلد الطفل فلن يكون للمسافر أى وجود على الإطلاق. وفى هذه الحالة لن يكون قابلاً حتى لارتكاب الجريمة. وهكذا فإن المرأة (الأم) لو بقيت حية، فإنها ستموت، وإذا ماتت ستبقى حية! إذن أى من الطريقتين سيؤدى إلى نتيجة متناقضة وبلا معنى.

ربما تكون قصص الخيال العلمى عن الارتحال فى الزمن قد جاءت بما يناهض هذه المشكلة الشائكة والواضحة. فى فيلم: "العودة إلى المستقبل" **Back to the Future** لم يحاول مسافر الزمن مارتى ماكفلاى **Marty Mcfly** قتل أمه الشابة، وبديلاً عن ذلك أصبح متورطاً فى حياتها العاطفية وغامر بالتدخل فى خطط زواجها، وكنتيجة لذلك راح يتأرجح أو يتردد على حافة الطمس أو الإلغاء لظروف ما. وبالطبع فإن عدم ظهوره لن يحل المتناقضة أيضاً لأنه لن يكون قابلاً لزيارة الماضى للتدخل فى التاريخ.

وظاهرة متناقضة كهذه تظهر لأن الماضى مرتبط علماً أو سببياً بالحاضر. لا يمكنك تغيير الماضى ما لم يكن ذلك تغييراً للحاضر أيضاً، وهذا ينشئ قفزة أو ثغرة سببية. لأن سلوك الكثير من النظم الفيزيائية حساسة للغاية للتغيرات الصغيرة، حتى مجرد تغييرات طفيفة فى الماضى يمكن أن تؤدى إلى تغييرات بالجملة فى الحاضر. ما كيف سيكون عليه العالم لو أن أدولف هتلر قد أُغتيل عام ١٩٣٩، أو لو أن العوامل الوراثية الصغيرة جداً التى أثمرت أول آدمى لم تأخذ مكانها الصحيح لأنها قد دُفعت للتحرك قليلاً لمجرد سنتيمتر واحد إلى اليسار، وكان هذا سيتجنب الأشعة الكونية التى أثمرت التحول إلى النوع الإنسانى. وفى قصة راي برادبورى **Ray Brodbrury**: "صوت الرعد" **A Sound of Thunder** سافر مرتحل الزمن إلى الوراء لمشاهدة الديناصورات تقتل فراشة واحدة ولكن هذا أدى إلى سلسلة متقاطرة من الأحداث التى حولت مجرى التاريخ كله.

والثغرات السببية ليست متناقضة حقيقة، طالما تكون متماسكة. من الواضح أن التغيير في الماضي يمثل تناقضاً واضحاً، فالماضى، بعد كل شيء، هو ماضى ولكن التأثير في الماضى ليس مرفوضاً منطقياً، أى أن ما أعنيه هو أنه ما دام ليس هناك عائق شرعى لأن تكون بعض الأحداث لم تتسبب فى أحداث لاحقة أو تخلط بين أحداث سابقة وأخرى لاحقة. وعلى سبيل المثال تخيل رأسمالياً مغامراً أتت ثروته الواسعة الموروثة عبر محسن أو متبرع غامض تصادف أن كان صديقاً لجدته منذ قرن مضى. وإن هذا الرأسمالى مولّ عملية إنشاء آلة زمن، وبعدها استخدم هذه الآلة البدائية وسافر بها إلى الوراء ليكتشف مصدر ثروته. فهو لن يستطيع مقاومة إثبات رحلته الزمنية بأخذ نسخة من الصحف معه والتي سيقدّمها إلى جدته الشابة، فلكونها صاحبة روح مغامرة فسوف تلقى نظرة على الأسعار المالية وبمساعدة خبراتها السابقة سوف تقوم بعمليات استثمار حاذقة أو ماهرة وتتسم بالدهاء. وهذه الاستثمارات بالطبع هى مصدر ثروتها وثروة حفيدها الهائلة، ومسافر الزمن هو نفسه المحسن أو المتبرع الغامض. وليس ثمة تناقضاً هنا لأن الثغرة السببية هنا هى نفسها متماسكة وكل شيء يناسب الآخر على نحو دقيق.

تتوهج أو تبرز التناقضات فقط عندما نربط بين الثغرات السببية مع الإرادة الحرة. ولكن إذا وجد مسافر الزمن نفسه أو نفسها غير راغب أو راغبة ببساطة فى إحداث ما من شأنه الإزعاج أو إيقاع المآثر التى تثمر نتائج غير متماسكة تاريخياً مثل قتل والدته - فبالتالى يمكن تجنب مثل هذا التناقض.

لماذا يجب أن تكون الإرادة الحرة مقيدة؟ ربما تستطيع زيارة الماضى، ولكنك عند وصولك هناك فإنك ستجد نفسك منخرطاً دوماً فى وضع محرج وفيما تحاول أن تفعله. إذا حاولت قتل والدتك، ربما يمكن للبنديقية أن تتكبح ذاتياً، أو أن يقبض عليك قبل إتمام الفعل بسبب السلوك الذى يثير الاشتباه... إلخ. أو ربما تتسق الرغبات التى حددتها لنفسك وحددت بالتالى سلوكك أثناء زيارة الماضى مع عالم المستقبل الذى أتيت منه. وعلى أية حال فإن الإرادة الحرة هى مفهوم مراوغ وصعب التصالح بينه وبين قوانين الفيزياء حتى بدون الارتحال فى الزمن. وكثير من العلماء والفلاسفة يستبعدونه باعتباره مجرد وهم.

وليس من الضروري الارتحال إلى الوراء في الزمن لفتح نتائج متناقضة. ومن حيث المبدأ فإن أى جسيم واحد (أو أى عنصر فيزيائى قليل التأثير) يُرسل إلى الماضى يمكنه أن يطلق الأذى. افترض أن خاصية حساسة قد تم برمجتها على الانفجار ، و فقط إذا، وصلتها إشارة من ساعة واحدة من المستقبل، قل مثلاً عند وصول فوتون ذى تردد معين، فإن هذه الميزة أو الوسيلة ستوضع بجوار القاذف وبالتالي فإن إرسال هذا الفوتون إلى الماضى سوف يفتح زناد الوسيلة وبالتالي يتحطم القاذف نفسه. ومرة أخرى نحصل على ما هو غير متلائم مع نفسه.

وحتى لو أنه من غير العملى بناء آلة زمن يمكنها نقل البشر إلى الماضى، فربما يكون ممكناً إرسال إشارات إلى الزمن الماضى. وثمة تخمين مبكر من هذا النوع انبنى على عناصر افتراضية أطلق عليها اسم "طاخيون" **Tachyon** التى يمكنها الارتحال بسرعة أكبر من سرعة الضوء. ولقد طالما عرفنا أن لا شىء يمكنه ذلك ولكن هذا ليس صحيحاً كلياً. وكما شرحت فى الفصل الأول بأن نظرية النسبية قد قدمت حائلاً للزمن لا يمكن تجاوزه. إذ إن أى عنصر من مادة عادية لا يمكن تسريعه إلى حدود تتجاوز سرعة الضوء وإذا ما حاولت أن تقوم بذلك فإن العنصر سيصبح أثقل وأثقل بدلاً من تسارعه ثم تسارعه أكثر. ولكن حائل الضوء يتصرف فى اتجاهين، إذا وُجد جسيم سرعته أكثر من سرعة الضوء فلا يمكن إبطاؤه بعدها إلى سرعة أقل من سرعة الضوء وهكذا فإن الطاخيون موجود على الجانب البعيد عن حائل الضوء ومجبر على الارتحال إلى ما بعد سرعة الضوء.

وإذا ما كانت "الطاخيونات" موجودة، ويمكن التعامل معها بشرياً فإنه يتسنى إرسال إشارة إلى الماضى. ولكى تفعل ذلك فستكون بحاجة إلى مشارك. أولاً سترسل إشارة إلى صديقة لك مستخدماً حزمة من "الطاخيونات" المرتحلة إليها، قل مثلاً فى سرعة تماثل عشر مرات من سرعة الضوء بالنسبة إليك. وفوراً سترسل هذه الصديقة هذه الإشارة إليك بسرعة تعادل عشر مرات سرعة الضوء بالنسبة إليها. فإذا ما كانت هذه الصديقة متحركة فى اتجاهك بسرعة تساوى جزءاً كبيراً من سرعة الضوء، فإن الإشارة العائدة ستصلك قبل إرسالك للإشارة الأولى إليها.

ما هي النظرة العامة لأن تكون هذه "الطاخيونات" موجودة بالفعل ؟ معظم الفيزيائيين متشككين بالنسبة لها. بعيداً تماماً عن النقص في الدلائل الاختبارية، فلا بد أن تكون لها خواص فريدة. وعلى سبيل المثال فلا بد أن لها كتلة تخيالية (من المنظور الرياضى) تجعلها متصالحة مع ميكانيكا الكم. كما أنه ليس هناك ضمان لأنها ستفاعل مع أى مادة عادية، بما يعنى فى هذه الحالة استحالة استخدامها فى إرسال أية إشارة على أية حال.

وحتى لو أن هذه "الطاخيونات" غير موجودة، فإن الشقوق الدودية والحيل الأخرى يمكن استخدامها فى إرسال عناصر إلى الماضى. ويمكنك الآن تخيل كرة بلياردو (بمنظور مشابه لمتناقضة الأم السابق ذكرها). ولقد درس كيب ثورن **Kip Thorne** وزملاؤه مسألة ثغرة الوقت فى البلياردو. فى لعبة معدلة فإن جيوب مائدة البلياردو تمثل المداخل والمخارج فى آلة زمن شق دودى. تخيل كرة متجهة إلى جيب نهاية وتنزل فيه ثم تظهر مرة أخرى من جيب جانبى فى عدة دقائق مسبقاً لنزولها فى الجيب النهائى لدرجة أنها تتصادم مع ذاتها السابقة. فسيكون هذا التصادم مفسداً لتوجهها للجيب النهائى ومانعاً لها من النزول فيه. ليس إذن ثمة حرية للإرادة فى تعقيد الأشياء، ولكن فقط، كما فى حالة قاتل أمه (كمتناقضة)، فإن النتيجة الموصوفة تَوّاً تكون غير متماسكة ومن ثم لن تحدث.

ولكن يمكن حل هذه المتناقضة. يمكننا تخيل قصة مختلفة عن ذلك قليلاً. بأن الكرة هنا ستبدأ فى التحرك بطريقة تجعلها تخطئ الوصول لجيب النهاية حيث عانت من دفعه راقصة من كرة ظهرت من جيب جانبى. التصادم هنا أدى إلى تغيير اتجاه الكرة بحيث استطاعت بالفعل بعده من الوصول إلى جيب النهاية ثم ظهرت من جيب جانبى قبل فترة قصيرة فى هيئة الكرة التى أحدثت الضربة الراقصة. وقد أظهر ثورن أن هذه النتيجة - تصادم كرة مع ذاتها السابقة هى

طريقة مُصمَّمة لإنشاء ثغرة سببية متماسكة ذاتياً - متماسكة تماماً ومتسقة مع قوانين الفيزياء. وعلى الرغم من أن هذه النتيجة مربكة، فقد أظهر ثورن أيضاً أن هناك أكثر من واقعة ذاتية التماسك. وحينما تظهر الثغرات السببية فإن قوانين الميكانيكا النيوتونية لن تصبح قادرة على التنبؤ ولو بأى حقيقة منفردة.

كيف تصنع المال ؟

السفر إلى الماضي سيصبح مثاراً للعبثية حين يقابل مسافر الزمن ذاته الأصغر سناً، لأنه في ذلك الوقت سيكون هناك اثنان منه. ولاحظ أنك لن تتدهش من مقابلة نفسك الأصغر بهذه الطريقة لأنك ستكون متذكراً هذه الواجهة منذ شبابك.

الفرق في السن لا يحتاج لأن يكون عظيماً أو كبيراً. من حيث المبدأ يمكن أن يكون مثلاً مجرد يوم واحد. في هذه الحالة سيكون هناك شخصان تقديريان متمثلان وقد يكون هذا خطأ عاثراً ولا يحتاج الأمر للتوقف عنده. ويمكنك دعوة نفسك الأصغر منك بقليل لمصاحبتك في رحلة مشابهة للوراء يوماً ما، عندها يكون هناك ثلاثة منك. وليس هناك ما يمنع من إعادة هذه العملية مرات ومرات. وبعمل قفزات كاشفة ناجحة إلى الوراء في الزمن فإن مسافر الزمن يمكنه أن يراكم العديد من النسخ من ذاته في مكان واحد.

مثل هذا السيناريو يؤدي إلى استراتيجية للوصول إلى الغنى بسرعة. خذ قضيباً من الذهب وإعطه لذاتك السابقة حتى تصل هي أو هو لموعد الهبوط في المحطة. وأذاك سيكون هناك قضيبان من الذهب واحد معك وواحد معها. أى أنك ضاعفت ثروتك أو استثماراتك بدون مجهود. إنها وسيلة سهلة لمضاعفة قضيب الذهب كما يفعل بعض الناس.



عمل وثبات كاشفة ناجحة إلى الماضي

ومن وجهة نظر الفيزيائيين فإن مضاعفة الجواهر (الذات) تمثل شيئاً من الإرباك، لأنها تنتهك كل أنواع ما يسمى بقوانين حفظ الطاقة وغيرها. افترض أن قضيب الذهب قد تم إحلاله من خلال عنصر مشحون كهربياً؟ إذن ستظهر شحنتان كهربيتان من شحنة واحدة. وهذا ينتهك قانون بقاء أو حفظ الشحنة الكهربائية. ومرة أخرى، فإنه يمكن تجنب التناقض بالبقاء أو الالتصاق بالثغرات ذاتية التماسك. وعلى سبيل المثال، فإن عنصراً مشحوناً كهربياً بشكل إيجابي سيترك عند قذفه داخل شق دودي حقل كهربيته في شكل خيط في الثقب ومعطياً شحنة إيجابية مؤثرة عند الدخول (في المستقبل) وشحنة سالبة عند الخروج (في الماضي). وهذه الشحنة السلبية سوف تلغى أو تحذف تحديداً الشحنة الإضافية الإيجابية التي نشأت بسبب رحلة العودة. وهذا ينفذ القانون المستقر في الذهن عن حفظ أو بقاء الأشياء.

كيف تجنى معلومات من الهواء ؟

مما يعد أكثر حيرة وإرباكاً بشأن متناقضات السفر في الزمن، يمكن إضاءته أو تسليط الضوء عليه عبر المقولة التالية: بنى أستاذ ما آلة زمن في العام ٢٠٠٥، وقرر الذهاب إلى عام ٢٠١٠ (ليس ثمة مشكلة هنا)، وعند وصوله اتجه إلى مكتبه بالجامعة، وتصفح الجرائد السائدة وقتئذ. وفي قطاع الرياضيات لاحظ وجود نظرية جديدة رائعة، ودَوَّن على عجل وبدون اختصار التفاصيل الخاصة بها، ثم عاد للعام ٢٠٠٥، واستدعى واحداً من الطلاب الماهرين، وأعطاه الخطوط العامة للنظرية الجديدة، ومن جانبه أثرى المناقشة، وأعدَّ بحثاً ونشره في إحدى المجلات العلمية المحكمة والمسجلة دولياً والمختصة بالرياضيات لقد كان هو نفس البحث في ذات المجلة الذي قرأه الأستاذ عام ٢٠١٠.

وأيضاً مرة أخرى ليس هناك تناقض هنا، لأن القصة تحتوى على ثغرة سببية ذاتية التماسك. وبكلام مباشر فهذا ليس تناقضاً وإنما هو ببساطة حالة مُكهنَّة للأمور حتى ولو تضمنت أو تعلقت القصة بأصل المعلومات: من أين جاءت النظرية الجديدة بالضبط ؟ ليس من الأستاذ نفسه، لأنه فقط قرأها في الجريدة. وأيضاً ليس من الطالب الماهر لأنه نسخها عبر الخطوط العامة التي ذكرها له الأستاذ. إنها أشبه بما لو أن هذه المعلومات قد جاءت من الهواء.

هذا التناقض يجوز تبنيه كشيء أشبه بالجرس المنذر، فإن سيناريو "شيء من لا شيء"، سبق منذ مدة طويلة أن حاول مخترعون من خارج الدائرة المتعلقة بموضوعنا دراسته بحثاً عن "حركة أبدية دائمة". وكل هذه الماكينات فشلت لأسباب ترجع للقانون الأول والثاني للديناميكا الحرارية، والتي على نحو بدائي تقرر أنه لا يمكنك الحصول على شيء من منظومة مغلقة أكثر مما وضعت فيها. وماكينات الحركة الدائمة المقترحة دائماً ما ينتج عنها فقد ضائع من الحرارة أثناء الاحتكاك وغيره من المحيطات ودائماً ما تصل آخر الأمر إلى حالة توقف أو انقطاع. إن الأنطروبيا **Entropy** (عامل رياضي لقياس فقد الطاقة في منظومة ديناميكية

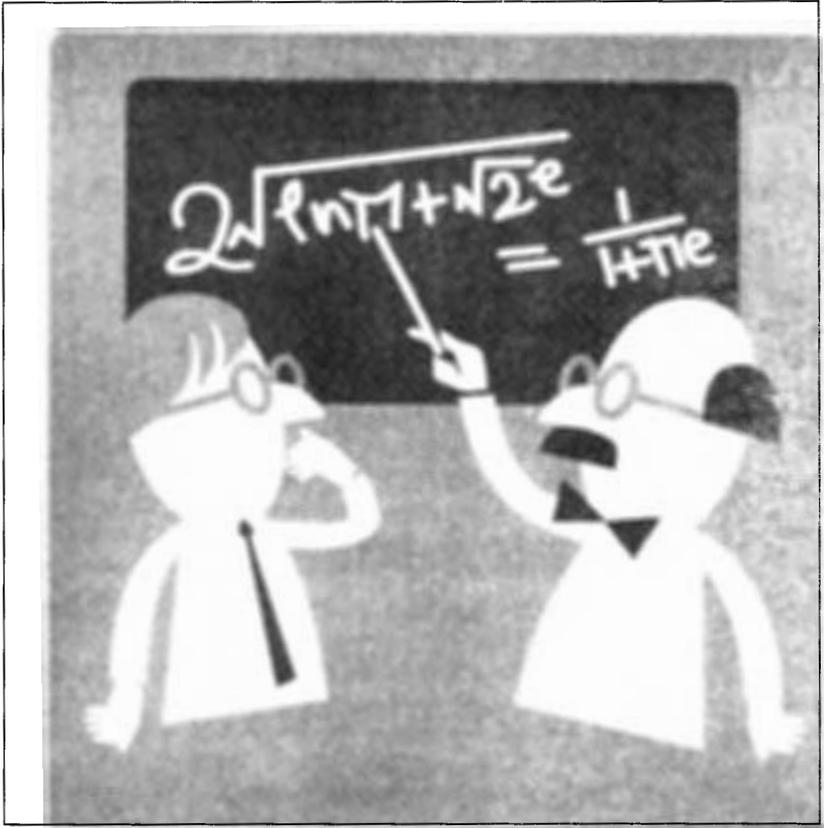
حرارية لها علاقة بالمعلومات المطلوبة) (فنيًا فإن زيادة الأنطروبي يماثل فقدان المعلومات) وهكذا فإن الحصول على المعلومات بدون مقابل هو من وجهة نظر الفيزيائيين معادل لتدفق الحرارة في الاتجاه العكسي أى من البارد إلى الساخن.

هذا ويعتقد خبير الارتحال فى الزمن دافيد دويتش أن المعلومات التى تدخل الأكوان من لا مكان تتعادل تمامًا مع المعجزات، ومن هنا تضرب قلب النظام العقلانى للطبيعة، ولهذا السبب نفسه يعتقد أن التناقض الثالث ربما يكون الأكثر تسببًا فى الحيرة والإرباك من بين التناقضات الثلاثة. وربما يكون علينا أن نضعه بجوار الحركة الأبدية والمجس الكونى أو رقابة الفضاء على قائمة تناقضاتنا، طالما تتعلق بمعلومات لا سبب لها نتفحم الكون من لا مكان.

كيف تصنع كونًا آخر؟

توجد مشكلة السببية فى قلب التناقضات الخاصة بالارتحال فى الزمن - ما حدث بالأمس يؤثر فيما يحدث اليوم. اذهب إلى الوراء (الماضى) وحاول أن تغير ما حدث بالأمس وستجد نفسك مهددًا بتغيير ما يحدث اليوم أيضًا، عن طريق إحداث ثغرات أو قفزات مُسببة والتي هى بطبيعتها تمثل إشكالية موروثية فى الكون. ولكن ربما هناك مخرجًا نستطيع أن نفهمه أكثر من التوجيه الصارم لتلك الثغرات أو ربطها بالتماسك الذاتى التفصيلى.

السببية ليست رابطة صارمة يفترضها الناس لأنه من الحقيقى أنه فى حياتنا اليومية تكون الرابطة أو الصلة بين السبب والأثر لا مفر منها. ومع ذلك فإن العالم المعتاد على المناضد والكراسى والبشر عادة ما يخفى وراءه المجال المصغر الضبابى لميكانيكا الكم حيث تصبح السببية إلى حد ما غامضة وغير واضحة.

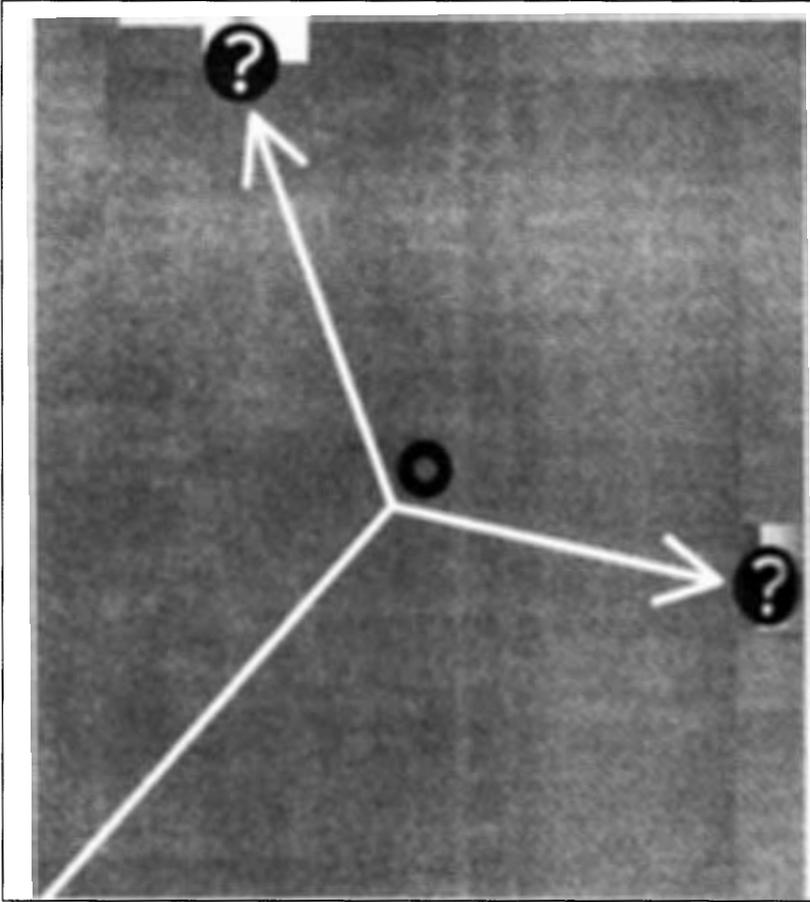


وهنا تمدنا مباراة البلياردو بمثل يضىء لنا السببية المعتادة وهى فى حالة عمل. اضرب الكرة الرئيسية محدثاً لها سرعة معينة بحيث تصطم بكرة أخرى. فى حالة غياب الثغرات السببية فإن حركة الكرتين بعد الاصطدام ستتحدد كلية بناء على السرعة الابتدائية واتجاه الكرة الرئيسية. وباستخدام قوانين نيوتن للحركة فإنه يمكنك معرفة ما سيحدث عقب الإصطدام بشكل استباقي، لأن هذه القوانين محددة بشكل مباشر. الحركة المبدئية كافية لتقرير ما ستكون عليه الحركة النهائية. وهذا يعنى أنه لو

أعيدت التجربة في ظل ذات المشاركات فإن النتائج ستكون هي نفسها. إذا سقطت الكرة التي أحدثت الاصطدام في جيب معين من مائدة البلياردوا، فهي ستفعل ذلك غداً طالما كل شيء متماثلاً. وهذا هو النظام الذى يؤكد به وبضمنه كوننا الكبير.

تختلف الأمور تماماً لو حاولت لعب البلياردو بواسطة الذرات أو عناصر مثل الإليكترونات أو البروتونات. فالיום قد يصطدم إليكترون مع بروتون ثم ينحرف إلى اليسار وغداً في ظل نفس المشاركات ينحرف إلى اليمين. وقوانين نيوتن لا تنطبق هنا ولا بد أن تحل محلها قواعد ميكانيكا الكم، والتي هي غير محددة. وهذا كأن نقول إن حالة نظام فيزيائى فى لحظة ما لن تكون وافية بالعرض فى تحديد ما سيحدث فى اللحظة التالية. اللاتيقين فى مجالات العوالم الصغيرة يكمن فى مبدأ هايزنبرج عن اللاتيقين. وعلى هذا فإن التنبؤ يكون مبنياً على الصدفة أو منطقياً على مخاطرة فيما يتعلق بالنظرية الذرية. وعادة فإن أحسن ما يمكن عمله هو أن تعقد الرهان على هذا أو ذاك من النتائج. حيث لو تصادم إليكترون مع بروتون فقد ينحرف إلى مدى كبير من الزوايا بعضها قد يتشابه أو يكون قريباً من الآخر وميكانيكا الكم تعطى قدراً كبيراً للاحتمالات، ولكنها لن تقول لك ماذا سيحدث فى أية حالة محددة.

والفيزيائيون مقتنعون أن اللاتيقين فى ميكانيكا الكم هو من الأمور الجوهرية فى الطبيعة وليس ناجماً عن جهل البشر بالعمليات المتعلقة بالأمر. وبكلمات أخرى فحتى الإليكترون لا يعرف أى طريق سيسلكه حتى يقع التصادم بالفعل. وهكذا حتى مع بقاء القول صحيحاً من حيث الحس العام بأن التصادم مع البروتون سيسبب انحرافاً فى مسار الإليكترون، فإن العلاقة السببية تظل هي الأخرى غامضة وضبابية لأن المسار الفعلى والنهائى للإليكترون غير محدد مسبقاً.



اللا يقين فى ميكانيكا الكم

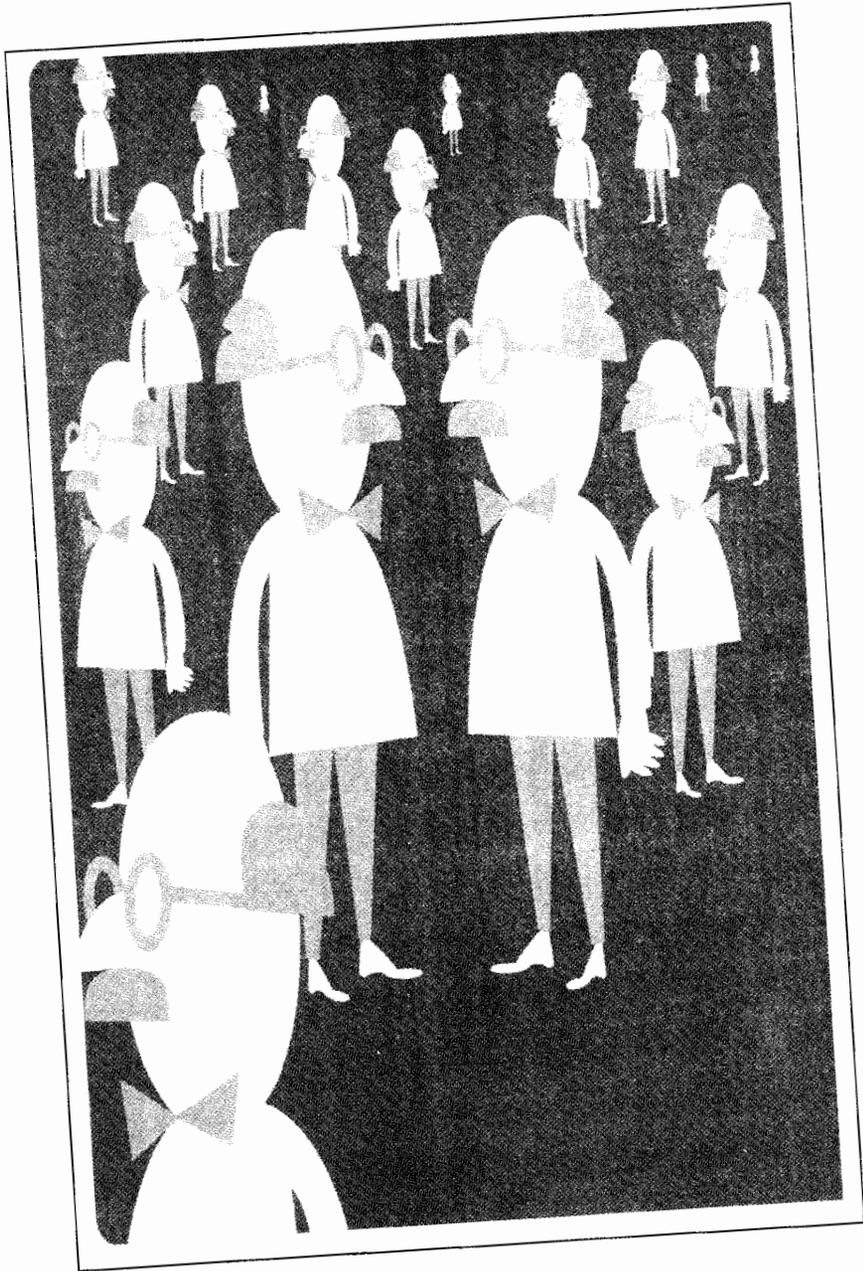
وليس التصادمات البسيطة فقط هى التى تسبب اللا يقينية فى الفيزياء الذرية، ولكن اللا يقينية موجودة فى كل العمليات. وعلى سبيل المثال فإن أى جزء من عنصر نشط إشعاعياً كاليورانيوم ربما يتلاشى أو لا يتلاشى خلال العام القادم، وأى ذرة تصطدم بجائل ربما تنعكس للخلف، أو ربما تظهر على الجانب الآخر من الحائل متخذة نفقاً عبر الحائل. أين يجب أن تكون بالضبط وفى أى لحظة هذا من غير المتيقن؟

واللا يقينية تلك تعتبر واضحة وجليّة تمامًا فيما يتعلق بمجالات الذرات. والعناصر دون الذرية. أما فى المنظومات الأكبر حجمًا فتكون المسألة أقل حدة. وعندما نأتى للجزئيات الكبيرة ستكون تأثيرات ميكانيكا الكم ليست بذات الأهمية الكبيرة. ولكن اللا يقينية الكمية لا تختفى أبدًا على نحو كامل، من حيث المبدأ، هى موجودة حتى مع كرات البلياردو.

وإذا كانت الأحداث فى عالمنا الصغير ليست بالكامل ملتصقة بالسبب والنتيجة أو الأثر، فثمة تعقيدات الثغرات أو القفزات السببية المتعلقة بتناقضات الارتحال فى الزمن وتغيراته. هناك طريق للتفكير بشأن اللا يقينية الكمية يكمن فى تعبيرات: العوالم الممكنة. إن الإليكترون الذى يصطدم ببيروتون فإما ينحرف مساره لليمين أو الشمال. أى أنه ثمة عالمان ممكنان: واحد يتحرك فيه الإليكترون للييسار، وآخر للييمين. وعلى نحو أكثر عمومية فإن عملية ذرية أو خاصة بالجزئيات دون الذرة، ستكون لها نتائج محتملة عديدة، وربما عدد لا نهائى من النتائج، ومن ثم عديد من الأكوان البديلة معروضة تقريبًا معظم الوقت لما يمكن أن يحدث لعنصر تحت ذرى.

إذن مسألة اللا يقينية الكمية هذه تفرض نفسها علينا إذا ما أردنا أن نسأل فى حالة معينة: أى من الأكوان الممكنة هو الذى يتطابق مع الكون الفعلى؟ بالطبع لن نستطيع أن نعرف مقدمًا باعتبار أن هذه طبيعة اللا يقينية الكمية، ولكن معظم الناس يفترضون أنه ليس هناك سوى عالم واحد حقيقى، أما العوالم الأخرى المقال بها فهى لا تمثل سوى عوالم فشل التيقن منها إذ إنها مجرد مطامح لدى البعض أو مجرد خيالات واعدة لم يتسنى تحقّقها. وإذا ما كان الأمر كذلك فثمة مشكلة عميقة فيما يتعلق بالربط السهل أو الناعم بين التعدد الذى تطمح إليه مجالات الكم وبين ما يسمى الواقع الكلاسيكى ومجاله الحياة اليومية حيث لا توجد سوى حقيقة واحدة فقط.

وفى الواقع، فليس هناك اتفاق عن كيفية القيام بالربط بين الأكوان البديلة. هناك عدد متنامى من الفيزيائيين يعتقدون أن أفضل طريقة للاقتراب من المشكلة هي بافتراض أن كلاً من هذه الأكوان البديلة هو حقيقى فى كل جزء ولو صغير منه مثل الآخرين. وبكلمات أخرى، فليست هناك حاجة للقيام بالانتقال أو التحول من عديد من العوالم الممكنة إلى واحد فعلى، لأن كل العوالم الكمية الممكنة موجودة بالفعل. وفى هذه العوالم المتعددة التى تراها ميكانيكا الكم، فهناك عوالم لا نهائية متوازية مع ما لها من بدائل كمية ممكنة تتمثل أو تظهر فى عالم بمكان ما. سيكون هناك كون تتموضع فيه ذرات جسدك على نحو مختلف عما هى عليه عندك حالياً، وسيكون هناك كون لم يُغتل فيه الرئيس كنيدي، وكون ليس فيه كوكب الأرض، وهكذا. وكل عالم ممكن سيكون هناك فى مكان ما، إلا أن "هناك" لا تعنى الفضاء الخارجى ولكن بمعنى ما إلى جوار فضائنا وزمننا (طالما أنها أكوان متوازية). وثمة عدد ضخم غير محدد Zillions من هذه الأكوان سوف يكون بها نسخاً منك كل منها يشعر منفرداً ويفترض أن عالمه أو عالمها الذى يسكنه أو تسكنه هو وحده العالم الحقيقى.



الأكوان المتعددة

وعملية حل تناقضات الارتحال في الزمن من خلال توازي الحقائق كما وصفناه كانت هي الحيلة أو الوسيلة التي طالما استخدمها كُتّاب الخيال العلمي. والفكرة الأساسية تتحصل في أن مسافر الزمن عندما يتدخل في التاريخ فإن الكون يتفرع إلى فرعين أو أكثر. ومن بين الفيزيائيين الذين يقترحون مثل هذا المهرب دافيد دويتس **David Deutsch** الذي أوضح أن تعدد الأكوان كتأويل أو تفسير لميكانيكا الكم يحل بشكل طبيعي متناقضات الارتحال في الزمن. وانظر مثلاً إلى متناقضة قاتل أمه، وافترض أن مسافر الزمن ذهب إلى الماضي وأخذ على عاتقه ارتكاب جريمة القتل. في هذه الحالة ليس ثمة خطأ، الأم ماتت. ولكن أى أم؟ تذكر إن هناك مجموعة عريضة من الأمهات موجودة وسط العدد الهائل والمذهل من الحقائق المتوازية. وفي تعددية العوالم الكمية المتوازية يمكنك تغيير الماضي لعالم موازى بينما يظل عالمك أنت وكان أحداً لم يلمسه. وفي الواقع فإن فعل القتل يقسم الحقيقة إلى مجموعتين أو نظامين، واحد يتعلق بالأم المتوفاة، والآخر مع التي بقيت حية. وكلا الإمكانيتين توجد جنباً إلى جنب في المدى الواسع لتعدد الأكوان الكمي. كما أن أى فرع ما في التعدد (مثل الملاحظ تحديداً) سيكون متماسك ذاتياً بشكل شامل، لكن سببية التفاعل بين الفروع المختلفة لن تحتاج لأن تأخذ في اعتبارها النظام النهائي للتسلسل الزمني. من خلال نظام دويتس يمكنك أن تكون لديك كعكة وتستطيع أن تأكلها: الارتحال في الزمن والإرادة الحرة غير المقيدة يسمحان كلاهما بذلك بوضوح.

ولكن العلماء منقسمين حول الرغبة في التصريح بالتعددية الكمية للأكوان كحلٍ لتناقضات الارتحال في الزمن. البعض يرى أن الحقائق المتوازية تُعدّ أكثر سخفاً من مسألة الثغرات أو القفزات الزمنية ومن الأفضل ألا نأخذ بأيهما. وسواء ابتلعنا أو لم نبتلع تأويل الأكوان المتعددة

لميكانيكا الكم، فإن الطبيعة ذاتها خاضعة لها، وأى تحليل نهائى للحالات الفيزيائية يجب أن يُحمل على المستوى الكمي. كما يبدو أن فكرة الثغرات أو القفزات السببية التي تبرز جراء الارتحال في الزمن، تحمل في طياتها تأثير توسيع أو تضخيم ظاهرة الكم المتعلقة عادة بالمجال الذرى حتى إلى مجالات الحياة اليومية، ومن ثم لا يمكننا تجنب إضافة الحقيقة الكمية إلى غرابة الارتحال في الزمن.

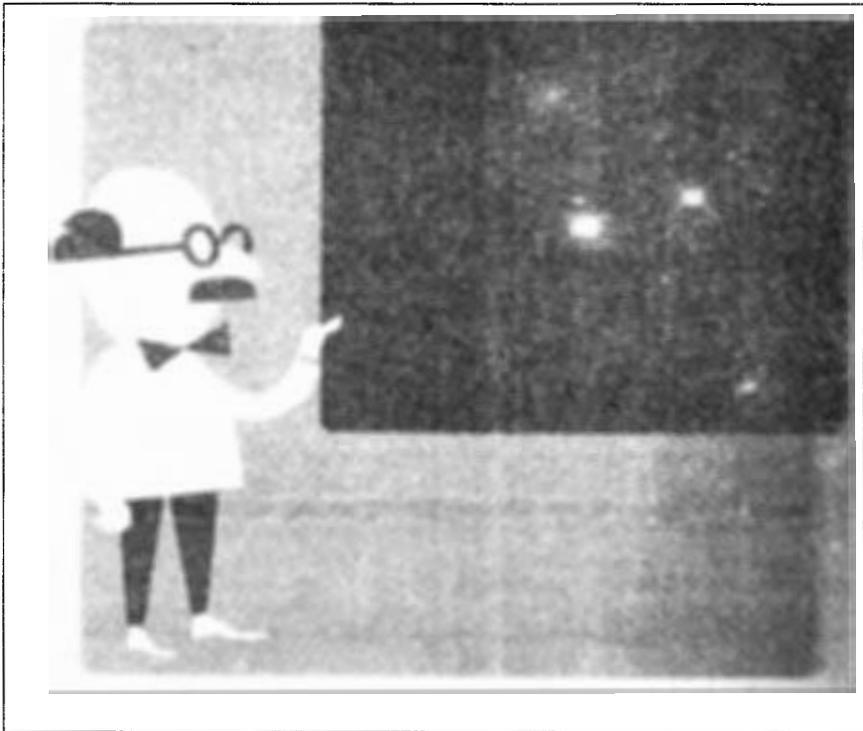
الحماية التي يوفرها التسلسل الزمني

يبدو الارتحال في الزمن كملهاه تنفخ الروح في الخيال العلمى، إلا أن الفكرة مروعة لدى كثير من الفيزيائيين. والمشكلة تكمن جزئياً في وفرة التناقضات التي تطلقها أو تبعثها عملية السفر للماضى. بالإضافة إلى أن الثغرات أو القفزات السببية الوشيكة الوقوع أو المُسلطة على رأس المرء تبدو أشبه بمرض فيزيائى وقد تثمر آثاراً فيزيائية، واقعيًا ستمثل موقفاً حرجاً لأية محاولة لإنشاء آلة زمن. وكان ستيفن هوكنج واحداً بين النظريين الذين عبّروا عن شكوكهم في أن الشقوق الدودية أو غيرها من آلات الزمن عملية إعلامية لا أكثر. وقد اقترح حدسًا يتمثل في حماية بحققها التسلسل الزمني، والذي هو في مصطلحات مبسطة، يقول بأن الطبيعة دائماً ما تقوم بدور العائق الذي يحول دون السفر إلى الماضى زمنياً والذي "يجعل الكون آمناً للمؤرخين" على حد تعبيره هو.

أين الخطأ إذن ؟ إذا ما حضارة متقدمة عنا حاولت بناء آلة زمن من خلال شق دودى ؟ واحدة من الممكنات أن مضادات الجاذبية ظاهرة شديدة التقلب في مجال استخدامها في تحقيق سيناريوهات الشق الدودى. وشيء واحد لتحقيق أو السيطرة على الأمر هو أن الطاقة السلبية ممكنة فيزيائياً تحت ظروف أو مشارطات غير عادية، لدرجة تَوَقَّع ظهورها داخل الشق الدودى أو أى نظام آخر لآلة زمن، وبالقوة اللازمة لإنجاز آلة زمن. بينما تبقى الأشياء المؤقتة الأخرى خارج هذا الأمر. هذا والدراسات

الرياضية تقترح أن حالات مضادات الجاذبية تحدث في ظل مستوى عريض من المشاركات، ولكن حاليًا فليست هناك نظرية عامة توضح حدود ذلك بالضبط.

وحتى أنه من المضمون أن مضادات الجاذبية يمكن توظيفها بطريقة مناسبة (أو بواسطة مادة غريبة حاسمة وملزمة موجودة بالطبيعة)، لكن ثمة مشاكل أخرى غامضة أو غير واضحة. المادة الحاسمة التي تتخلل أو تنتشر في حلقوم الشق الدودي ربما تتفاعل مع أي مادة عادية في محاولة لاحتجاز الشق الدودي أو تعويقه أو حتى تدمره.



صور لأشباه النجوم

وئمة صعوبة أخرى تتعلق بسلوك الفراغ الكمي فى سرعة الشق الدودى أو أى نوع آخر من آلات الزمن. وتتمثل أو تتركز هذه المشكلة فيما يمكن أن يحدث عند الربط بين منطقة الزمكان التى تسمح بالحلقات الزمنية وبين الزمكان العادى حيث الماضى والمستقبل غير مشتبكين ويطلق على المواجهة بين المنطقتين: أفق التسلسل الزمنى. وعبور هذه الأخيرة يتطلب الدخول فى منطقة من الزمكان حيث تستطيع العناصر أن تدور وتدور فى حلقات سببية لا نهاية لها. وهذا يتضمن حالة الفوتونات التقديرية فى الفراغ الكمي. وبقول صحيح فإنه فى كل مرة يقوم فيها الفوتون بجولته الدورية فى الزمن، يكون بذلك مضاعفاً للطاقة "المقترضة". والحسابات الرياضية تظهر أنه كلما اقترب أفق التسلسل الزمنى كلما زادت دورات الفوتونات التقديرية لدرجة أنها تقريباً تغلق الحلقة السببية، وكلما اقتربت من ذلك الأفق كلما زاد إغلاقها للحلقة بحيث يصبح منتجاً لآثاره الخطرة.

وبوجود اللا يقينية الموروثة فى سلوك العناصر الكمية مثل الفوتونات، فإن هذا الأفق لا يعمل كمحيط حاد. ومجرد التهديد الوشيك بإغلاق الحلقة السببية كاف لدعم الفوتونات وسلوكها بغير حدود. منشئاً ما يتعين قبوله، على كراهيته، من المزيد والمزيد من الطاقة كلما اقترب ذاك الأفق. وهذا الانطلاق التصاعدي للطاقة ربما يؤلّد مجال جاذبية ضخم يحنى الزمكان محطماً مع هذا الانحناء آلة الزمن. وقد قلت "ربما" لأننا لا نملك بعد نظرية جيدة كافية عن الجاذبية الكمية لنعرف أو نختبر من خلالها ما سوف يحدث فعلاً فى ظل هذه الظروف الشديدة التطرف. وهكذا فإن الفراغ الكمي ومأساته الجدلية لم تزل الحلقة موضع مناقشة ومقترحات ولكنها حتى الآن ليست محسومة. وفى وقت كتابة هذا الكتاب لم تزل الحلقة أو الصلة من الحماية التى يوفرها التسلسل الزمنى فى منطقة انتقالية من الفكر أشبه بحفلة معلومات رسمية أو غير رسمية مفتوحة أمام الآخرين.

نماذج بديلة لآلات الزمن:

يظل الشق الدودي هو التصميم المفضل لآلة الزمن لكنه ليس الوحيد. ولقد أشرت بالفعل إلى العمل المبكر لـ فان ستوكوم **Stockum** وجودل **Godel** بشأن "المادة المتعاقبة". وثمة اقتراح مختلف تماماً لآلة الزمن أجراه ج. ريتشارد جوت الثالث **J. Richard Gott III**، يقوم على الجواهر الافتراضية المسماه "الأوتار الكونية" **Cosmic Strings**. الوتر الكوني هو خط طويل فلكي يحتوى على قدر واسع من الكتلة، حتى أن كيلومتراً واحداً منها يزن بما يعادل وزن الكرة الأرضية. ويعتقد بعض علماء الأكوان أن هذه الأوتار ربما تشكلت عبر حرارة الانفجار الكبير "big bang" حينما انتشرت كثافة الطاقة في الفضاء، وتم اقتناصها داخل هذه الأنابيب، وبقيت مُحافظاً عليها داخلها للأخلاف.

هذه الأوتار الكونية ستكون قائمة على المادة الغريبة الحاسمة، ولكن في هذه الحالة ما الذى يجعل تلك المادة متعلقة بالطاقة وليس الضغط. ونحن طبيعياً لم نلاحظ أن الضغط هو من مصادر الجاذبية، ولكن طبقاً لنظرية أينشتاين العامة فى النسبية فإن الضغط ينشئ حقلاً للجاذبية أيضاً. فإذا ما كان هائلاً حقيقة فإن الضغط يمكن أن ينافس الطاقة فى القوة الجانبية. والأمر أن الضغط داخل وتركونى يكون هائلاً وسلبياً، وهو كأن تقول إن الوتر فى حالة توتر. ولأن الضغط يجذب، فإن التوتر (ضغط سلبى) يُطرد. وفى مقطع مستقيم من الوتر فإن مضاد الجاذبية الناجم من التوتر سوف يُلغى بالضبط الجاذبية الناجمة من كتلة الطاقة، والنتيجة أن الوتر لن يؤثر بقوة جاذبية على الأجسام القريبة منه، على الرغم من كتلته الضخمة.

ومع ذلك، فإن الوتر يظل يغيّر من هندسة المكان بالقرب منه، وبطريقة مميزة ومزدانة جيداً مثل العمود المزين بالأشرطة الذى ينصب للرقص حوله فى عيد أول مايو فإذا ما وثب الراقص حوله مرة، فهو بالضبط سيكون قد دار حول نفسه لفة كاملة (٣٦٠ درجة). وبدلاً من ذلك

لو كان هذا العمود هو الوتر الكونى، فإن الراقص سيجد نفسه قد عاد مباشرة إلى النقطة التى بدأ منها قبل ما يقل عن الـ ٣٦٠ درجة. ويرسم دائرة حول الوتر الكونى فلن تحتوى على أربع زوايا كتلك التى نرسمها على سبورة.

نقص الزاوية الذى يسببه الوتر الكونى مقداره ثوانى قليلة من القوس (كسور الزاوية)، ومع ذلك فهو يقود إلى آثار مميزة. فزوج من الخطوط المتوازية المستقيمة التى قد تمتد فى غير نظام عبر الوتر الكونى سوف يلتقيان فى نهاية الأمر. فإذا كانت هذه الخطوط تمثل أشعة ضوئية قادمة مثلاً من شبه نجم أو مجرة بعيدة فإن الملاحظ سوف يرى نسختان من أى منهما كما لو أن الوتر كان موجوداً بينهما وبين الملاحظ. وهذه الصورة المزدوجة معروفة عند الفلكيين، كما يمكن إيجادها بطرق أخرى أيضاً ولكن ليس ثمة دليل قاطع على أن الأوتار الكونية موجودة بالفعل.

وعلى الرغم من ذلك فهناك مزيد من الدراسات. وقد أشار جوت إلى أن الفوتونات القادمة من مصدر بعيد تأخذ والتى موضعها بغير نظام عند الوتر ثم تتجمع أو تتقارب، لا تحتاج لأن تصل إلى نقطة العبور لهذا الوتر فى نفس الوقت، إذا ما كان المصدر والملاحظ غير مصطفين فى حركة نسبية. وكنتيجة لذلك، فسيكون ممكناً لكائن فضائى مرتحلاً بسرعة قريبة من سرعة الضوء حول جانب واحد من الوتر أن يصل لنقطة التجمع قبل الفوتونات القادمة من الجانب الآخر. وذلك ينجم كأثر من جراء أن الكائن الفضائى سيكون خارج نسبة التقدم فى السرعة الخاصة بنبضات الضوء المتباطئة بأخذه طريقاً بديلاً عبر الفضاء، تماماً كما هى الحالة فى الشق الدودى. وهذه المناقشة أو الجدل الفيزيائى يقترح أن الترحال فى الزمن قد يكون ممكناً باستخدام الأوتار الكونية أيضاً. وقد برهن جوت رياضياً أنه لو أن اثنين من الأوتار الكونية المتوازية يتحركان متباعدين

بسرعة قريبة جدًا من سرعة الضوء فسوف يوجدان منطقة يستطيع منها الكائن الفضائي الارتحال إلى الوراء في الزمن من خلال إنجاز قفزة حلقية حول الوترين.

اقترح جوت هذا من الصعب أن يكون عمليًا، لأنه سيواجه عديدًا من العقبات على أرضية فيزيائية. مثل أن الأوتار المستقيمة اللانهائية الطول غير موجودة بينما الحلقات حول الوتر وهى محدودة مهددة بالانهيار داخل الثقب الأسود قبل تحولها لآلات زمنية. ولكنها تؤكد أن السفر في الزمن من ملامح نظرية أينشتاين فى النسبية وليس مجرد خاصية لأحد السيناريوهات.

ولأن جوت أصبح متحمسًا بشأن الارتحال فى الزمن فقد اقترح أن الكون كله ربما يكون واحدًا، مشيرًا إلى أن الكون قد يكون قد أنشأ نفسه. ومجرد أن المسافر فى الزمن أو المسافرة يمكن أن يصبح، من حيث المبدأ والد نفسه أو تصبح والدتها، هكذا يمكن للكون أن يثب عائداً فى الزمن مقدماً نفسه للوجود عبر انفجار كبير جديد بدون الحاجة لمصدر غامض من اللا شيء أو من الزمن القديم. وبهذه الطريقة وبمعنى من المعانى سيكون الكون دائم الوجود حتى ولو بقى الزمن نفسه نهائيًا فى الماضى.

هذا المسح البحثى بدون شك قد عالج بل استنزف مختلف التصميمات المعروضة لآلة الزمن. ومعظم المقترحات المتعلقة بالموضوعات متصلة بدرجة ما بعملية "القطع" و "الاصق" للزمان، كما لو أن هناك مقصًا هائلًا فوق العادة ومتميزًا بالسرعة الكافية لعمل ثقب فى الفضاء وقادرًا على انتزاع ولّى الحواف هناك ثم يعيد لاصقها مرة أخرى فى نموذج مختلف، ولو أن هذه الأساليب اصطناعية بالكامل فإنها تصف الزمكانات، وتخدم كوسائل اختبار لاكتشاف النتائج الفيزيائية المدهشة للارتحال فى الزمن.

الزمن العائد للوراء:

لا موجب للخلط بين الارتحال فى الزمن وبين الموضوع المدهش بشكل درامى ألا وهو "عودة الزمن للوراء". منذ زمن أفلاطون يقوم الفلاسفة والعلماء بإعمال تأملاتهم فيما يعرف بفكرة "عودة الزمن للوراء فى الاتجاه العكسى". والواقع يشير إلى أن هذه تسمية يجانبها الصواب، طالما أن الزمن نفسه لا يجرى إلى أى مكان. ومن الأكثر دقة أن نتحدث عن أنظمة فيزيائية تعود إلى الوراء فى الاتجاه العكسى للزمن. كما تدير فيلمًا على نحو عكسى. هل يمكن أن يحدث هذا؟ هل للماء أن يجرى نحو قمة التل أو يعود البيض بعد كسره إلى حالته الأولى؟

لتأخذ فكرة عما ندور حوله هنا، تخيل صندوقًا صلبًا يحتجز بداخله دسنة من جزيئات الغاز تتدافع حول بعضها بطريقة عشوائية متصادمة مع بعضها ومع حوائط الصندوق. وتخيل أن هذه الجزيئات فى لحظة ما قد تزاومت فى أحد أركان الصندوق. هذا الترتيب لن يبقى طويلًا، لأن الجزيئات المتسارعة سرعان ما تنتهض منتشرة عبر الفراغ المتاح. والانتقال هنا من التراكم فى ركن الصندوق إلى حالة الانتشار العشوائى فى فضاء الصندوق يقدم لنا "سهمًا للزمن" الذى يساعد فى التمييز بين الماضى والمستقبل. هذا ووجود مثل هذه الانتقالات فى العالم حولنا يعطينا الانطباع بأن الزمن له اتجاه وحيد لصيق به. وعودة الزمن للوراء. سوف يتعلق إذن بأشياء معينة مثل الانتشار المتسع لجزيئات الغاز المندفعة من أحد أركان الصندوق. هل يعقل مثل هذا الشئ أو يقبل التصديق؟ هو بالفعل كذلك. وعلى الإنسان بعد وقت معين طويل من البقاء أو الدوام أن يتوقع أن دسنة من الجزيئات الغازية المتحركة عشوائيًا ربما تجد نفسها عائدة لأحد أركان الصندوق مع بعضها، كصدفة بحتة. وفى الواقع من الممكن البرهنة على ذلك رياضياً. وبأن مثل هذه الحالات متكررة.

وبالطبع إنه أمر يتعلق بحفنة من الجزئيات تعود إلى الخلف،
ويختلف تماماً عن أن الكون بأسره يمكن أن يعكس اتجاه سلوكه. إن
الانتظار يحتاج من الأشياء العودة إلى ترتيبها الأول لينمو بسرعة كل
عنصر مرتبط بالأمر. وأية غرفة عادية تحتوى على أكثر من تريليون
تريليون جزيء من الهواء يمكن أن تستغرق وقتاً أكثر اتساعاً من عمر
الأرض لكي تحشد الهواء في زمن ما بأحد أركان الغرفة، وهكذا ليس
هناك ما يدعو للقلق لأن تجد نفسك فجأة غير قادر على التنفس. والذى
يعنيه هذا أنه بينما، من حيث المبدأ، يستطيع الكون أن يعود لحالته
الماضية، ولنقل عام ١٩٠٠، فسيكون فائق للعادة أو مفترطاً للغاية أن
يحدث مثل هذا في حياة المرء ما لم تكن هناك مؤامرة قائمة داخل بناء
الكون بين محتواه المسبق من العناصر.

وبعض الفيزيائيين قد حدسوا بأنه ربما تكون هناك مثل هذه المؤامرة سبق
برمجتها داخل الشروط المبدئية لنشأة الكون، والتي قد تجبر كل الكون في نهاية
الأمر إلى العودة للمشاركات الأولى للانفجار الكبير. ونحن ربما لا نعرف ما إذا
كانت سائر العناصر في الكون قد تم برمجتها بمهارة لتجد طريقها للاتجاه العكسى
إلى الوراء يوماً ما، منشئة بذلك حالة "ماضى". وإذا كانت هذه الحالة الغريبة
أو الشاذة ستحدث، فإنها ستكون مختلفة عن نوع السفر في الزمن إلى الماضى التى
ناقشتها عبر هذا الكتاب وعلى نحو أساسى. عودة الزمن للوراء تعنى إعادة إنشاء
الماضى، وليس زيارته. وإذا كان الكون سوف يرجع إلى الوراء فستكون أنشطة
الأمم البشرية كذلك ولن نرى "فيلم" عودة الكون للخلف، والنجوم تمتص الضوء
وتنفث الثقوب السوداء الغازات، لأن عقولنا ومراكز الحس لدينا لن تكون على
نفس الممر العكسى أيضاً. وباختصار فإن الحياة فى كون حيث يعود فيه الزمن إلى
الوراء سوف لن تختلف عن الحياة فى الكون الذى نحيا فيه ونلاحظه الآن.

الخلاصة

لماذا نتدارس الارتحال فى الزمن ؟ لقد أمدَّ الموضوع قصاصى الخيال العلمى بأرض خصبة طوال القرن الماضى بما أثمر تكراراً متواصلًا فى ذات التيار. كما أسفر عن تحدٍ ممتد (يتصف أحيانًا بالإرباك) بين الفلاسفة حول طبيعة الزمن، والتناقضات المنطقية التى تبدو أنها تقع حين الارتحال إلى الماضى. ومع ذلك فقد قام العلماء المحترفون بإعطاء الموضوع لفاحة أو بذرة وافرة حتى مؤخرًا. والآن يُعتبر البحث فى مجال الارتحال فى الزمن أنه أصبح جزءًا من صناعة التاريخ فى مجتمع الفيزياء. وبعض الناس يرون ذلك مفاجئًا. وقد رأينا كيف لا يزال الأمر نوعًا من الوهم أو الخيال الغريب التَشكُّل فوق الأفكار المسرحية البحثية للشقوق الدودية، والهندسة الكونية والتشكلات الغريبة أو الحرجة للمادة. كيف للعلماء المحترفين أن يقوموا ما ينفقونه من وقتهم الثمين وميزانيات أبحاثهم على مثل هذا الموضوع العبثى أو التافه ؟

بالطبع ليس ثمة إنكار أنه نوعًا من المتعة، وأن بعض العلماء يتعاملون مع الموضوع على أنه مباراة عقلية. ولكن هناك بالقطع جانب جاد فيه:

"اختبار الفكرة **Thought experiment**" هو وقت منظم كجزء من العمليات العلمية. ويقوم فى أحلام العلماء كسيناريو يمكن أن يظهر فى وقت ما على أنه شىء مدهش لدرجة دفع النظريات السائدة إلى حدودها الخارجية القصوى. والغرض من القيام بهذا هو هجر أو التخلي عن أى تدفق منطقى أو غير متماسك فى النظرية. واختبار الفكرة ذاك مكن

جاليليو من استنتاج "قانون سقوط الأجسام" بالتسبيب المحض وحده. كما أدى باينشتاين لتصحيح تنبؤه عن تأثير تدفق الزمن.

وفي ثلاثينيات القرن الماضي لعب "اختبار الفكرة" دوراً مهماً في مجال مناقضة "القطعة" الشهيرة لشروودنجر **Schrödinger** وكتصحيح لمعنى ميكانيكا الكم. وفي حقيقة الأمر، فإن التقدم في مجال التقنية قد مكن "اختبار الفكرة" ليصبح حالياً معروفاً أو مشهوراً كالتجارب الحقيقية.

و فقط لأن الارتحال في الزمن يبدو مشكوكاً فيه، أو حتى مستحيلاً، على الأقل فيما نعرفه اليوم، فإن هذا لا يعنى أنه يمكننا تجاهل تطبيقاته. وربما تكتشف وسائل أسهل لصنع آلة زمن لا تتطلب مهارة حضارة أكثر تقدماً منا. ولكن نفس إمكانية زيارة الماضي أو إطلاق إشارة إليها، تقدم تحدياً حالياً لفهمنا للفيزياء سواء أصبح الارتحال في الزمن أو لم يصبح غرضاً أو اقتراحاً عملياً. وتوافق البحوث على أن أية محاولة لصنع آلة زمن سوف تؤدي قطعياً إلى فراغ كمى درامى، وهى النتائج التى لا يمكن اكتشافها بالكامل بدون وجود نظرية للجاذبية الكمية موثوق بها ومنذ أصبح إنجاز مثل هذه النظرية من الأولويات العظمى لدى الفيزيائيين النظريين، فقد أصبحت معها دراسة حلقات الزمن، وتسليط الضوء على البناء السببى العميق للكون، من الأمور العاجلة.

وجزاء من روعة الارتحال في الزمن يتعلق بالتناقض الشديد والقوى الذى يهدد الأمر فور السفر للماضى وكيف أنه مأخوذ بعين الاعتبار. هذا والغرض من العلم يتمثل فى إمدادنا بصورة متماسكة للحقيقة، وهكذا فلو أن نظرية علمية أثمرت تناقضاً حقيقياً (أكثر من مجرد تضادها مع الحدس) فى تنبؤاتها، فسوف يكون هذا سبباً كافياً. لرفض النظرية. وكما رأينا فإن الارتحال فى الزمن يطرح بالتناقضات. والآن تختلف الآراء وبشكل واضح فى كيفية التعامل معه. وربما يمكن جعل الحلقات أو الفجوات السببية ذاتية التماسك. وربما تشتمل الحقيقة على أكوان متعددة، أو ربما يحتاج وصفنا للطبيعة ككل إلى المراجعة على نحو جذرى. ومن

الناحية الأخرى فربما لا يكون هناك طريق آخر لتجنب الطبيعة التناقضية للارتحال في الزمن، وأن نكون مضطرين للتصريح أو الإعلان مع هوكنج بحدس الحماية التي يوفرها التسلسل الزمني، وبالتالي نبذ كل النظريات التي تسمح بالسفر إلى الماضي.

... ومعظم المحاولات الحالية لإمدادنا بوصف كمى للجاذبية تتشكل مع البيئة أو المحيط المتسع للنظرية الكاملة لتوحيد قوى الطبيعة، التي تتضام فيها أو تختلط بشكل كامل كل عناصر الطبيعة وقواها، إلى جوار المكان والزمان، في نظام رياضي واحد ومما يأخذ شكل "الموضه" لمثل هذه الأفكار : نظرية "كل شيء" ونظرية "الأوتار الكونية العظمى"، والمشروع الأقرب للفهم فيها يعرف على نحو غامض بـ "نظرية م" **M-theory**.

هذا ومن المدهش التفكير بأن الحماية التي يوفرها التسلسل الزمني يمكنها أن تكون مبدءًا عالميًا للطبيعة متكافئًا مثلاً مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ونحن ربما نصنف أو نؤلف قائمة من التابوهات الكونية:

ليس ثمة آلات زمن !

وليس ثمة آلات للحركة الأبدية !

وليس ثمة "متفردات" عارية !

..... إلخ.

واستخدام هذه القائمة كفلتر أو مرشح للنظريات الفيزيائية بحيث يمكن رفض أية نظرية لا تحترم هذه المحرّمات "التابوهات"، وهذا سيكون بمثابة طريقة ممتازة لغربلة النظريات المتنافسة. وإذا ما كانت القائمة طويلة كفاية، فلربما يحدث أن نظرية واحدة مثل "نظرية كل شيء" يمكنها أن تجتاز الغريلة، وربما نعرف وقتئذ الإجابة على السؤال العلمى المطلق: لماذا هذا الكون بالذات دوناً عن غيره ؟

Page 137

> **Bibliography**

> **Non-fiction** الكتب العلمية

Al-Khalali, Jim, *Black Holes, Wormholes & Time Machines*, Institute of Physics Publishing, Bristol, 1999. A good, clear introduction to relativity, cosmology and gravitation, with a large section on time travel.

Berry, Adrian, *The Iron Sun*, Jonathan Cape, 1977. An early Speculation about crossing the universe using a black hole/ wormhole.

Davies, Pual. *About Time*, Penguin, London, 1995. An in-depth survey of the subject of time in its many aspects.

Deutsch, David. *The Fabric of Reality*, Penguin, London, 1997. An exposition of the many-universes

interpretation of quantum mechanics, including its relevance for time travel^(*).

Gott III, J. Richard. *Time Travel in Einstein's Universe*, Houghton Mifflin, Boston, 2001. A Good technical Summary of time travel, with special emphasis on the cosmic strings model.

Greene, Brian. *The Elegant Universe*, Norton, New York, 1999. A lucid account of recent attempts to unify the fundamental forces and particles of nature.

Novikov, Igor D. *The River of Time*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998. A very readable account of relativity. Includes a section on time travel.

Nahin, Pual J. *Time Machines*, AIP Press, New York, 1993. A Fascinating Survey of time travel in fiction and non-fiction. Many references.

Pickover, Clifford. *Time: a traveller's guide*, Oxford University Press, Oxford, 1999. A readable survey.

Thorne, Kip S. *Black Holes & Timewarps*, Norton, New York, 1994. An extensive, detailed account of the general theory of relativity, black holes and wormholes by one of the key players. Many

(*) قمت بترجمته إلى العربية وبمراجعة وتقديم لنفس المراجع :
أ.د. عادل أبو المجد - وهو حاليا من الإصدارات تحت الطبع للمركز القومي للترجمة بعنوان
نسيج الحقيقة (المترجم).

references to the original literature.

Wheeler, John A. *A Journey into Gravity and Spacetime*, Scientific American Library, New York, 1990. From the man who coined the terms "black hole", "Wormhole", "Spacetime foam" and much else.

Will, Clifford, *Was Einstein Right ?*, Basic Books, New York, 1986. An excellent Introduction to the theory of relativity and experimental tests thereof.

> **Fiction** كتب الخيال

Benford, Gregory. *Timescape*, Spectra, New York, 1996, reissue. Written by a professional physicist, this award-winning science-fiction story includes this author as a character !

Benford, Gregory. *Cosm,Orbit*, London, 1998. A hard sci-fi story about the creation of a baby universe in the laboratory, Initiated by a heavy-ion collision at the Brookhaven National Laboratory.

Bradbury, Ray. "A sound of thunder", in: *The Stories of Ray Bradbury*, Alfred A. Knopf, New York, 1980. Short story illustrating how the future depends delicately on small details of past states.

Crichton, Michael. *Timeline*, Random House, New York, 1999. Drawing upon ideas of quantum wormholes, Crichton weaves an actionpacked time travel drama,

with an attempt at a self-consistent history.

Sagan, Carl. *Contact*, Simon & Schuster, New York, 1985.

The novel that launched time travel as a serious topic.

Wells, H. G. *The Time Machine and Other Stories*, Penguin, London, 1946. The classic, founding story by the master himself.

> **Technical** (كتب الوسيلة (التقنية)

Gödel, K. "An example of a new type of cosmological solution of Einstein's field equations of gravitation", *Reviews of Modern Physics*, 21 (1949), 447.

Hawking, S. W. "The chronology protection conjecture", *Physical Review D*. 46, (1992) 603.

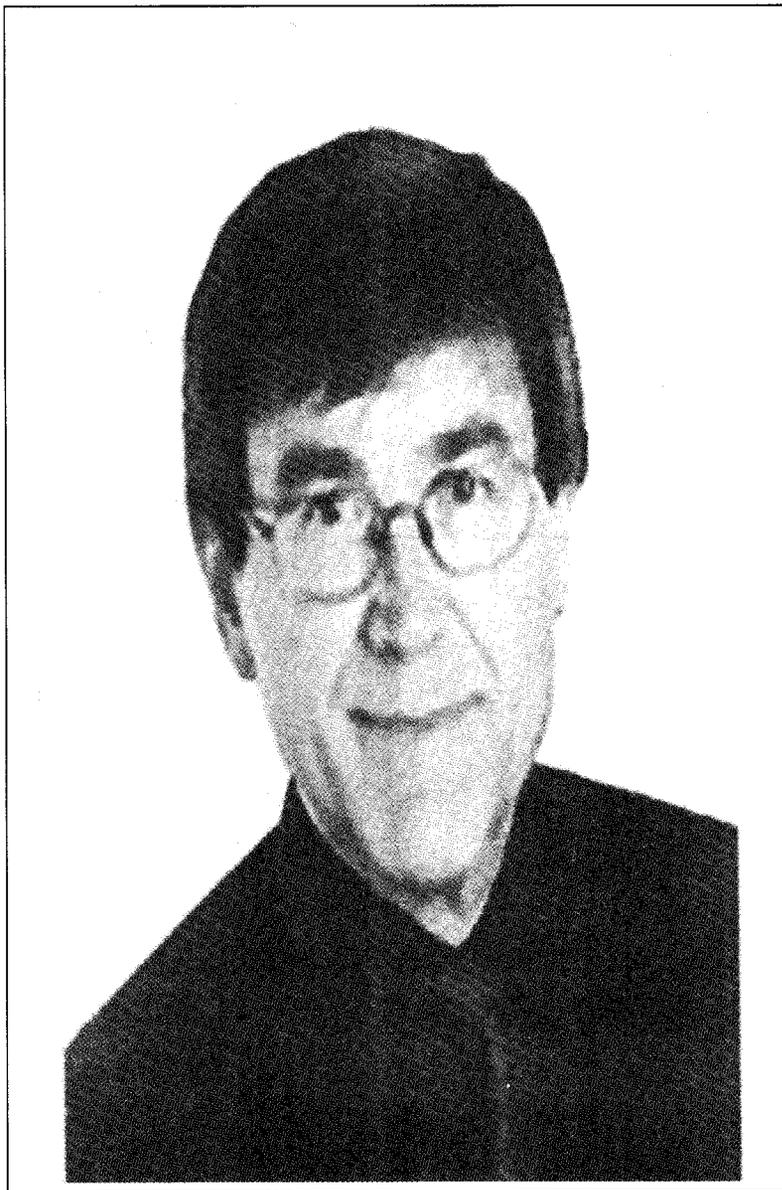
Morris, M. S. and Thorne, K. S. "Wormholes in spacetime and their use for interstellar travel: a tool for teaching general relativity", *American Journal of Physics*, 56 (1988), 395.

Roman, T. A. "Inflating Lorentzian Wormholes", *Physical Review D*, 47, (1993) 1370.

Tippler, F. J. "Rotating Cylinders and the possibility of global causality violation", *Physical Review D*, 9 (1974), 2203.

Visser, Matt. *Lorentzian Wormholes from Einstein to*

Hawking, AIP Press, New York, 1995.



تعريف موجز بالأسماء والموضوعات (*) :

أ- الأسماء "مرتبة وفقاً للأبجدية الإنجليزية:

ألبرت أينشتين **Albert Einstein**:

• (١٨٧٩-١٩٥٥)

• فيزيائي أمريكي، ألماني المولد يعرف بتطويره للنظريتين الخاصة ثم العامة عن النسبية، والتكافؤ بين الكتلة والطاقة، والنظرية الفوتونية للضوء، كما حصل على جائزة نوبل عام ١٩٢١ عن القانون "الكهروضوئي" وأعماله النظرية في الفيزياء.

• لم تبرز شهرته إلا في عام ١٩١٩ عندما أعلن أنه قد تم التحقق من تنبؤات نظريته العامة للنسبية والتي كانت من بين أربعة أو خمسة بحوث طبعها ونشرها عام ١٩٠٥ ولم يكن بعد جاوز مرحلة الدراسات العليا، واحتوى كل منها على كشف ضخم في عالم الفيزياء.

• من بين ما يعرف عنه أن كان من أبرز الموقعين مع العالم الإيطالي إنريكو فيرمي عن خطورة إمكانية سبق العلماء الألمان لحقيقة الإنشطار النووي، مما نتج عنه اقتناع الرئيس الأمريكي روزفلت بإنشاء مشروع مناهاتن لتطوير القنبلة الذرية، والذي كان وراء السبق الأمريكي في هذا المجال.

أندرو هوايت **Dr. Andrew White**:

• محاضر رئيسي في الرياضيات بمدرسة الرياضيات وعلوم الكمبيوتر بجامعة هيريوت - وات في ريكارتون بأدنبره.

• يُعرف باهتماماته البحثية في "تأهيل الديناميات" و "تخطيط نظم المحاكاه وتجسيمها".

(*) معظم المعلومات الواردة هنا وفي ثنايا الكتاب (بتوقيع المترجم) مستقاة من دائرة المعارف البريطانية والمعاجم الفلسفية والعلمية والطبية والعامة وشبكة المعلومات الكمبيوترية "النت". (المترجم).

كارل ساجان Carl Sagan:

- (١٩٣٤-١٩٩٦)
- فلكى أمريكى قدم لنا نظرة لها قيمتها إزاء فهم أصل الحياة فى بيئة الأرض البدائية حين أعلن عن إنتاج الحامض الأمينى فى خليط الميثان والأمونيا والمياه وغاز سلفات الهيدروجين المعالج بالطاقة المشعة عبر موجات طويلة من إشعاعات فوق بنفسجية المصدر.
- أدار مع آخرين "جيمس بولاك" و "ريتشارد جولدشتين" دراسات عن الرادار أظهرت أن ثمة سلسلة من الجبال والمرتفعات فوق كوكب المريخ، وأن ثمة خواص معينة وملحوظة تتكون على كوكب الزهرة فى مستوى حرارى يصل إلى ٤٥٠ درجة مئوية.
- قام بإنتاج والتعليق على مسلسل تليفزيونى باسم "الكون" عام ١٩٨٠.
- من مؤلفاته "الغلاف الجوى وكوكب الزهرة" و "الاكتشافات الكوكبية" و "كوكب التنين فى جنة عدن" و "مشاهد من ثورة الذكاء الإنسانى" و "مشاهد لرومانسية العلم" و "اتصال" وهذا الأخير تحول لفيلم سينمائى هوليوذى بنفس الاسم عن آلة الزمن كنوع من الخيال العلمى.

دافيد ل. ويلتشير Dr David L. Wiltshire:

- فيزيائى نيوزيلندى.
- محاضر رئيسى فى الفيزياء، يهتم فى أبحاثه بموضوعات النسبية العامة والجاذبية الكمية، والكونيات.
- أتمّ دراسته الجامعية فى الفيزياء والرياضيات بجامعة كانتربرى بنيوزيلندا عام ١٩٨٣، وحصل على الدكتوراه فى موضوع: "النماذج الفعالة للجاذبية فى ظل الأبعاد الكبيرة Effective Models of Gravity in Higher Dimention من جامعة كمبريدج.

- عمل لمدة تزيد عن عشر سنوات ضمن مجموعة يرأسها بول دافيز تسمى مجموعة الفيزياء الرياضية بجامعة أديليد **Adelaide** بأستراليا، ثم عاد عام ٢٠٠١ لجامعته الأصلية "كانتربرى" كمحاضر في ميكانيكا الكم، والديناميكا المتقدمة، وفيزياء الكمبيوتر، والفروق الهندسية والنسبية، والكونيات.

فرانك تبلر **Frank Tipler**:

- فيزيائي أمريكي، ويعمل أستاذًا للرياضيات بجامعة تولان **Tulane** بولاية نيو أورليانز.
- يعد من أكبر المناصرين للمبدأ الأنثروبولوجي في أقصى تشكلاته، كما أنه عضو بالجمعية الدولية لـ "التعقيد والمعلوماتية والتصميم"، كما شارك مع جون د. بورو **John D. Borrow** في تأليف كتابهما "المبدأ الأنثروبولوجي الكوني"، كما تم تصنيف كتابه "فيزياء الخلود" **The Physics of Immortality** على أنه الكتاب الأكثر مبيعًا وقت ظهوره.
- ومبدأ الأنثروبولوجي **Anthropic Princible** تتحدر تسميته من الكلمة اليونانية **anthropos** وتعنى الإنسان والأصل **morphe** وتعنى شكل **form** وقد تأسس هذا العلم كفرع يركز على الإنسان من حيث أصوله وتنوعاته الثقافية والشكلية واللونية... إلخ. وكذا تنوع أنشطته، وتطور هذا العلم على أيدي علماء أبرزهم دارون ومندل ولامبروزو وغيرهم وهكذا أصبح شائعًا الحديث عن المبدأ الأنثروبولوجي أي عالم الأحياء الذى يحكمه ويسيطر عليه الإنسان.

جاليليو جاليليه Galileo Galilei:

- (١٥٦٤-١٦٤٢)
- فيزيائي وفلكي ورياضي إيطالي قام بعدة إسهامات للعلم الحديث كأول مستخدم للتلسكوب (الذي صنعه بنفسه) في دراسة ما جرى في الفضاء والوصول إلى أدلة دوران الأرض حول الشمس مخالفاً لما كان سائداً آنذاك والذي يتناسب مع المفهوم الديني وقتئذٍ باعتبار الأرض مركز الكون وأن سائر الكواكب ومن بينها الشمس (النظام البطليموسي لمركزية الأرض) وكأنه بهذا الكشف قد قلب الموازين رأساً على عقب، مما أدى لمثوله أمام محاكم التفتيش بتهمة الهرطقة وإجباره على الاعتراف بهجره لأفكاره، وبالتالي تخفيف الحكم عليه إلى البقاء في منزله الثماني سنوات الأخيرة من عمره، والتي قضاها مستمراً في أبحاثه (كتابه عن ذلك بعنوان "نظام الكون" حول النظرية البطلمية والكوبرنيقية).
- يعتبر مؤسساً للميكانيكا الحديثة والفيزياء التجريبية بسبب جمعه بين التحليل الرياضي والتجريب العلمي، وبحوثه الطليعية عن الجاذبية الحركية لدرجة أنه عرّض المبادئ التي شملها أول قانونين عن الحركة بمعرفة نيوتن "لموقف حرج على الأقل من حيث الشكل".
- من أهم إنجازاته فضلاً عما سبق إعادة تأسيس علاقات رياضية ضد المنطق الصوري لأرسطو (عبارته الشهيرة في ذلك: كتاب الطبيعة مكتوب بشكل رياضي) - ذلك إلى جانب ملاحظاته الفلكية العديدة، وتوازن الموانع وغيرها^(*).

(*) ومما يذكر هنا أن البابا قبل الحالي حث الرئيسي الأمريكي بوش على عدم دعم الأبحاث الجارية حول "الخلايا الجذعية" التي ستمثل في منتهاها انقلاباً طبيياً، وذلك بدعوى أنها من عمل الشيطان، وهو نفس ما ووجه به جاليليو أمام محاكم التفتيش. "المترجم".

جيرارد ميلبورن Gerard Milburn

- يعمل حالياً أستاذاً بجامعة كوينزلاند **University of Queensland** ونائباً لمدير مركز تقنية الكمبيوتر الكمي (CQCT) ومدير برامج نظرية المعلومات بذات المركز، وأيضاً زميل بمجلس الأبحاث الفيدرالي الأسترالي، وزميل بالجمعية الفيزيائية الأمريكية.
- عمل في مجالات البصريات الكمية، والقياسات الكمية وعمليات التشوش، والبصريات الذرية، والهيولى الكمي، والأليكترونات الميكروسكوبية ومؤخراً جداً عمل على المعلومات الكمية، والحوسبة الكمبيوترية الكمية.
- وله أكثر من مائتي بحث منشور بالمجلات العالمية المحكمة وأكثر من ٦٠٠٠ تنويه يُشير بتفوقه.
- كتب وشارك في تأليف عدة كتب من بينها اثنان سعياً إلى شرح وتفسير الظاهرة الكمية للقارئ العام.

هيو إيفريت Hugh Everett:

- اقترح عام ١٩٥٧ أنه عند قياس نظام ما، وعندما تكون الدالة الموجية وقتئذٍ خليط من حالات متعددة، فإن التماثلات الكونية المتعددة سواء أكانت متفاعلة أو غير متفاعلة مع بعضها البعض، تجعل نتائج القياس تحدث ولكن في كون آخر.

هيربرت جورج ويلز (H.G. Wells):

(١٨٦٦-١٩٤٦)

- كاتب إنجليزي وروائي مرموق وصحفي ومؤرخ، وتحققت شهرته بسبب روايات الخيال العلمي التي أبدعها وأبرزها "آلة الزمن **The Time Machine**" و "الرجل الخفي **The Invisible Man**" و "أول الرجال فوق القمر **The First Men on the Moon**" و "جزيرة الدكتور مورو **The Island of Doctor Moreau**"، هذا بخلاف إبداعه في مجالات مختلفة مثل الروايات التي لا تصنف خيالاً علمياً، والتاريخ، وميدان الاجتماعيات.
- يعرف أيضاً كمتحدث مؤمن بالاشتراكية الفابية، كما تأثر كثيراً بنظرية دارون المتعلقة بأصل الأنواع والنشوء والارتقاء، وبعديد غيره من الفلاسفة.
- عمل لفترة من حياته كمدرس في المرحلة الثانوية، وحصل على منحة دراسية ساندته في الالتحاق بالمرحلة الجامعية في مجال البيولوجيا والفيزياء إلا أن مادة الجيولوجيا عطلته عن الحصول على الدرجة العلمية حتى عام ١٨٩٠ والتي حصل عليها في "علم الحيوان".

جورج زكيرس (George Szekeres):

(١٩١١-٢٠٠٥)

- رياضي مجري أسترالي، ولد في بودابست، وحصل على درجته العلمية منها، ولأنه من أسرة يهودية فقد هربت من النازي حيث حصل على وظيفة في الصين التي عاش فيها طوال الحرب العالمية الثانية التي نجتة بعدها وظيفة أخرى بجامعة أدليد بأستراليا ثم بسيدني العاصمة.

- عمل كثيراً بالقرب من الرياضيين المبرزين خلال مواعده الجامعية سواء بجامعة أدليد أو جامعة نيوتوث ويلز بسيدنى.
- وثمة طرافة علمية تحكى عنه مؤداها، أنه كان يلتقى بعدد من الرياضيين وبعض تلامذته ببودابست لمناقشة مفتوحة فى الرياضيات، وفى إحدى المرات طرحت الرياضية المعروفة "إيستر **Esther**" معضلة إنه عند وجود خمس نقاط فى أماكن عامة بطائرة ما، فإن أربع منها سيشكلون محذب رباعى الأضلاع، وراحت تبرهن مقولتها لكن جورج وزميله الرياضى الشهير "بول إيردوس **Paul Erdos**" كتباً معاً بحثاً عمّم به هذا البرهان وأصبح أحد أساسيات الهندسة، وبعد ذلك أسماه الأخير، المعضلة ذات النهاية السعيدة **The Happy Ending Problem** وكان السبب أن "جورج" و "إيستر" تزوجا بعد ذلك، والغريب أنهما توفيا فى يوم واحد بفارق نصف ساعة فقط.

هنريك كازيمير **Hendrik Brugt Gerhard Casimir**:

- (١٩٠٩-٢٠٠٠)
- فيزيائى هولندى يعرف ببحثه مع زميل له "س. ج. جورتير **G. J. Gorter**" فى مجال النموذج الثنائى للسوائل كموصل للحرارة والكهرباء والصوت عام ١٩٣٤، وكذا ما أصبح يوسم باسمه "ظاهرة كازيمير **Casimir effect** مع زميل له آخر هو "د. بولدر **D. Polder**" عام ١٩٦٤.
- على الرغم من قضائه معظم حياته المهنية فى مجال الصناعة، فقد أصبح من أشهر الفيزيائيين النظريين الهولنديين، إذ إنه بعد حصوله على الدكتوراه من جامعة ليدن عام ١٩٣١ والتي كانت تتعلق بالحركة المغزلية لجسم صلب وعلاقة ذلك بالجزئيات المتعاقبة، تتابعت بحوثه ومساهماته فى مجالات الرياضة البحتة، والمجموعات الكاذبة، وحسابات جزئيات اللحظات الرباعية،

ودرجات الحرارة المنخفضة، والجاذبية، والديناميكا الحرارية للموصلات الفائقة، والتطبيقات على نظرية ظاهرة عدم الانعكاس.

- فضلاً عن مساعده في تأسيس "الجمعية الأوربية للفيزياء"، وتلقيه العديد من الجوائز العلمية ذات الشأن.

إسحق نيوتن Isaac Newton:

• (١٧٢٧-١٦٤٢)

- عالم ورياضي إنجليزي يعتبر الأشهر على مستوى العالم منذ وقت رحيل جاليليو.

- فضلاً عن قانون الجاذبية، تتركز إنجازاته في الرياضيات وعلوم البصر والفيزياء، وهي الإنجازات التي مهدت الطريق للعلم الحديث وفجرت الثورة العلمية.

- تلقى علومه في كلية ترينتي وجامعة كمبريدج التي عاش فيها من عام ١٦٦١ إلى العام ١٦٩٦، وقدم أثناءها معظم أعماله كإكتشاف طريقة لحساب الأعداد الصحيحة، وبالإشتراك مع ليبنز قدما حساب "التفاضل" فضلاً عن عثوره على صيغة للبحث عن سرعة الضوء والغاز وهي الصيغة التي صححها لابلاس من بعده.

- تعتبر قوانينه حالياً من كلاسيكيات العلم، وإن استمر العمل بها حتى اليوم على الأقل بالنسبة للأجسام الكبيرة، أما على المستوى الذري ودون الذري كالجزيئات وما شابه فقد تسيدت بشأنها نظرية ميكانيكا الكم ومبدأ اللاتيقين.

جون هويلر John Weeler:

- (ولد عام ١٩١١)
- فيزيائى أمريكى وأول أمريكى له دخل بتطوير نظرية القنبلة الذرية كما أعد نوعاً من الاقتراب الجدى لنظرية توحيد القوى الكبرى المسيطرة على الكون "نظرية كل شىء".
- حصل على الدكتوراه عام ١٩٣٣، كما شارك العالم نيلز بوهر، وكتب معه أطروحة "ميكانيزم الانشطار النووى، التى قدم فيها اليورانيوم ٢٣٥ لاستخدامه فى تطوير القنبلة الذرية، كما ساهم أيضاً فيما بين عامى ٤٩-١٩٥١ فى تطوير القنبلة الهيدروجينية بلوس ألاموس.
- فى عام ١٩٦٨ منحته المؤسسة الأمريكية للطاقة النووية جائزة فيرمى فى مجال الانشطار الذرى، كما حصل على الجائزة الذهبية العالية لنيلز بوهر عام ١٩٨٢م.
- من مؤلفاته "نظرية الجاذبية والانهيال الجاذبى" و "رؤية أينشتاين" و "الجاذبية" (مع آخر) و "حدود الزمن" و "نظرية الكم والقياس (مع آخر)".

جون ريتشارد جوت الثالث John Richard Gott III:

- يعمل أستاذاً لعلم الفيزياء الفلكية بجامعة برنستون Princeton ويُعرف بشكل خاص بتطويره ومناصرته لنظريتين كونيتين (لهما طعم الخيال العلمى) هما: السفر فى الزمن، وجدلية يوم الدينونه.
- أشار إليه بول ديفيز مؤلف الكتاب الحالى (الأكثر مبيعاً) فيما يخص اقتراحه بشأن استخدام الأوتار الكونية فى بناء آلة زمن وذلك على النحو المشروح عبر الكتاب، وكذا اقتراحه المتعلق بـ "مرآة الزمن" والتي يرى أن موقعها سيكون مجاوراً لبقعة أو ثقب أسود يبعد عن

الأرض لمئات أو أكثر من السنوات الضوئية، والتي ستعمل كجامعة للضوء والتي سنتشوه أشعة الضوء وتحنيه، وهذا التجميع سوف يكشف الزمن الماضي (المتأخر) مفصلاً في صور أصلها أراضى.

- أما بالنسبة ليوم الدينونه فقد استخدم بشأنه طريقة كوبرنيكوس كمبدأ يتيح بقاء البشرية إلى حوالى من ٥,١ إلى ٧,٨ ملايين السنين، وهو ما كان اقترحه قبله **Brandon Carter** لكن بحثه فى الأمر كان مستقلاً، وقد تعرض بسبب هذا لهجمات فلسفية عديدة، هذا وبرغم نسبه كمواطن إلى الكنيسة البروتستانتية المشيخية فإن له قدرة فذة فى التفرة بين ما هو فيزيائى وما هو بعد فيزيائى.

كيرت جودل **Kurt Gödel**:

• (١٩٧٨-١٩٠٦)

- رياضى ومنطقى أمريكى نساوى المولد، وهو صاحب برهان جودل الموسوم باسمه والذى أصبح من أشهر البراهين الرياضية فى القرن الـ ٢٠ بأسره وتستمر المناقشات حوله حتى اليوم، والقائل بأنه مع أى نظام منطق رياضى صارم لا يمكن البرهنة على أسئلة أو فرضيات معينة على أساس من البديهيات التى تدخل فى النظام، وبالتالي يصبح من غير الثابت أن البديهيات الأساسية أو القاعدية للحساب سوف لن تسمح بظهور التناقضات.

- ظهر هذا البرهان عام ١٩٣١ فى مقال "حول اقتراحات عدم التحديد كمبدأ شكلاى" ضمن كتاب "مبادئ الرياضيات" للرياضيين الأشهرين برتراند رسل وهوايتهد، وهى المقالة التى أنهت قرناً فى المحاولة لتأسيس بديهيات يمكنها أن تعطى قاعدة صارمة لكل الرياضيات أو معظمها تقريباً، والتى بعده أصبحت من الكلاسيكيات بالنسبة للرياضة الحديثة، أى بعد المحاولة الناجحة التى قدمها جودل والتى أصبحت من المبادئ الرياضية.

كينجلى أميس Sir Kingsley William Amis:

- (١٩٢٢-١٩٩٥)
- روائى إنجليزى وشاعر وناقد ومُعلّم وكتب أكثر من عشرين رواية وثلاثه مجموعات شعرية، كما كتب القصة القصيرة وعدة نصوص إذاعية وتليفزيونية وكتبًا عن النقد الأدبى الاجتماعى.
- فى العام ١٩٤٧ أنهى درجته العلمية الجامعية فى اللغة الإنجليزية بترتيب الأول على دفعته وقرر بعدها أن يهب وقته للكتابة، وإن أصبح محاضرًا فى اللغة الإنجليزية بجامعة ويلزسوانسى Wales Swansea الفترة من (١٩٤٨-١٩٦١).
- حقق شهرته منذ روايته الأولى "جيم المحفوظ" Lucky Jim التى اعتبرها الكثيرون تحذيرية وتضم بذور التطور المتوقع فى خمسينيات القرن الماضى، كما كانت سابقة فى زمنها عن جيل جديد من الكتاب ظهر فيما بعد.
- من أهم ما وجّه إليه من نقد هو ما أشار إليه ريتشارد برادفورد Ritchard Bradford من أنه لم يخترع روايته وإنما قص ما يعرفه سواء ما يتعلق بحياته هو أو من هم بالقرب منه، وهو نقد صحيح على وجه العموم.
- اهتمامه النقدى بروايات الخيال العلمى أدى إلى تأليفه واحدة بعنوان "خرائط جديدة لجهنم" New Maps of Hell صاغ فيها تعبير "جهنم المضحكة" Comic inferno. كما كانت له محاولات فى روايات "جيمس بوند" ذلك الجاسوس الذى ابتكره الكاتب أيان فليمنج Ian Fleming فضلاً عن محاولات فى إتمام مخطوطة روايته الأخيرة بعد موته بطلب من الناشرين وإن لم ينجح تمامًا فى ذلك.

كيب ستيفين ثورن Kip Stephen Thorne:

- مولود بلوجان Logan بولاية أوتاه Utah الأمريكية فى يناير ١٩٤٠.
- فيزيائى أمريكى، انجذب للعلم منذ الثامنة من عمره وبعد حضوره محاضرة عن النظام الشمسى (والداه أستاذان بجامعة الولاية)، شارك والدته د. أليسون Alison فى حسابات نموذجهما للنظام الشمسى.
- حصل على الدكتوراه عام ١٩٦٥ (أى عندما كان سنه ٢٥ سنة) وكانت حول: الديناميكا الهندسية للأنظمة الأسطوانية.
- معروف بقدرته الخلاقة على نقل الإثارة مقرونة بالمعرفة فيما يتعلق بالجاذبية والفيزياء الفلكية سواء كان مستمعيه من الأساتذة أو الطلاب، وأيضاً يعرف بالأسئلة التى سيجد القرن ٢١ نفسه مطالباً بالإجابة عليها مثل:
 - هل هناك جانب مظلم للكون، وهى التى صارت شائعة باسم "البقع السوداء" الجاذبية ؟
 - هل سنشاهد ميلاد كون جديد وجانبه المظلم مستخدماً الأشعة المسماة "موجات الجاذبية"؟.
 - هل ستكشف تقنية القرن ٢١ سلوكاً كمياً فى مجال الأجسام المشابهة كحجم الإنسان ؟
- تركّزت بحوثه أساساً على الفيزياء الفلكية النسبية وفيزياء الجاذبية وبتركيز أكثر على النجوم النسبية، والثقوب السوداء، والموجات الجاذبية، ويشتهر بين العامة بسبب نظريته المعاصرة بشأن الشقوق الدودية وإمكانية فهم استخدامها كوسيلة للسفر فى الزمن، فضلاً عن مساهمته المركزية فى مجال الطبيعة العامة للفضاء والزمن، والجاذبية التى تكاد تسع كافة موضوعات النسبية العامة.

كارل شوارزشيلد **Karl Schwarzschild**:

(١٨٧٣-١٩١٦)

- فيزيائي ألماني شهير، كان يلقب بأبي الفيزياء الفلكية.
- مما يذكر عنه أنه كان أشبه بالطفل المعجزة، حيث ظهر له وهو لم يتعد بعد السادسة عشر من العمر، بحثاً منشوراً عن "المدارات الفلكية"، كما أصبح فيما بعد والدًا للفلكي الشهير "مارتن".
- حصل على درجة الدكتوراه عام ١٨٩٦ عن نظريات بوانكاريه وفي السنة التالية عمل مساعدًا لرئيس مرصد في فيينا حيث طور طريقه لحساب الكثافة البصرية لمادة يجرى تصويرها وهي الطريقة التي أصبحت معروفة باسمه.
- في أثناء عمله بالجيش على الجبهة الشرقية في روسيا عام ١٩١٦ كتب ثلاثة بحوث اثنان منهما عن النسبية والثالث عن ميكانيكا الكم، وكان عمله ذلك في مجال النسبية قد أثمر أول حل صحيح لمعادلة أينشتاين في النسبية العامة والذي أيده أينشتاين.
- كما أرسى اثنين من خواص الثقوب السوداء حملتا اسمه هما "القياس المترى" و "نصف القطر للأفق لثقب أسود غير متعاقب".

لى سمولن **Lee Smolin**:

(ولد عام ١٩٥٥ بنيويورك)

- فيزيائي أمريكي نظري وباحث، حصل على الدكتوراه من هارفارد.
- من أكثر ما يعرف به هو استنباطه طرقًا مختلفة للجاذبية الكمية وبصفة خاصة حلقات الجاذبية الكمية، كما يعد من المناصرين للاقترايين الأوليين للجاذبية الكمية: حلقة الجاذبية الكمية، ونظرية الأوتار، هذا وتتركز بحوثه

أيضاً فضلاً عن ذلك في مجالات الكونيات، ونظرية العناصر الأولية، وتأسيس ميكانيكا الكم، والبيولوجيا النظرية.

- من بين أهم مقترحاته: نظرية تتعلق بـ "الكون المثمر" والمعروفة أيضاً بـ "الاختيار الطبيعي الكوني" التي حاولت أن توظف مبادئ البيولوجيا في الكونيات، مقترحاً أن الكون نشأ أو ظهر لخدمة البقع أو الثقوب السوداء.
- من كتبه: "حياة الكون **The Life of the Cosmos**" عام ١٩٩٩، "ثلاث طرق للجاذبية الكمية **Three Roads to Quantum Gravity**" عام ٢٠٠١، و "المشكلة مع الفيزياء: نشأة نظرية الأوتار وسقوط العلم وما الذى يأتي بعد ذلك **The Trouble with Physics**" عام ٢٠٠٦.

لودفيج فلام **Ludwig Flame**:

- ولد لأسرة نمساوية وعمل منذ ١٩٢٢ حتى تقاعد فى ١٩٦٥ كأستاذ منتهجى دقيق فى جامعة فيينا التقنية للفيزياء، وفى الفترة من ٢٩ إلى ١٩٣١ كان مديراً للجامعة، وحصل على جائزة شرودنجر عام ١٩٦٣ على مجمل أعماله، كما أصبح ابنه "ديتير" **Dieter** منذ عام ١٩٧٣ أستاذاً للفيزياء النظرية بنفس الجامعة.
- تعددت مساهماته فى الفيزياء النظرية بدءاً من البحث فى سمات الاحتراق فى المجال الجاذبى حتى إلى ميكانيكا موجات شرودنجر.
- رغم عدم استعماله لمصطلح "الشق الدودى" الذى لم يكن ظهر بعد فقد اعتبر عمله فى هذا المجال هو الذى أدى إلى نفق إلى الشق الدودى والذى وصف بعد ذلك (١٩٣٥) بمعرفة أينشتاين وناثان روزن وأطلق عليه قنطرة أينشتاين - روزن.
- ورغم أنها مجرد معادلات فى عمل نظرى فلا يعنى هذا بعد أن ثمة أدلة فعلية على حقيقة وجودها.

ماكس بلانك Max Planck:

• (١٨٥٨-١٩٤٧)

- فيزيائي نظري ألماني، وهو الذي وضع أول لبنة في نظرية ميكانيكا الكم والتي حصل من أجلها على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩١٨.
- فضلا عن عشقه للموسيقى، وكان موضوع الدكتوراه الخاصة به عن القانون الثاني للديناميكا الحرارية وهو ما يدخل في إطار الفيزياء البحثية.
- في عام ١٩٠٠ أعد النظرية الرياضية الصحيحة لوصف الإشعاع الحراري من جسم أسود يقوم بعملية استيعاب ما، موضحًا أن هذا التَشكُّل الذي يستلزم عمليات غير متواصلة من القذف والاستيعاب تتطلب بدورها كميات غير مترابطة من الطاقة - وهذا ما أهله لنوعين من الاكتشافات:

١. ثابت بلانك الفيزيائي والأساسي في ميكانيكا الكم، والذي يصف سلوك العناصر والموجات على المستوى الذري متضمنًا عنصر الضوء، وتتمثل أبعاده في ناتج ضرب الطاقة في الزمن وتقدر وحدته بـ: $٦,٦ \times ١٠^{-٣٤}$ ثانية.

٢. قانون بلانك للإشعاع والقائل بأن مصادر الإشعاعات تكون من ذرات في حالة من التذبذب، وأن طاقة كل ذبذبة منها تحدّد تردد الموجات الكهرومغناطيسية التي تشعها.

ميشيل كريتون Michael Crichton:

- ولد في شيكاغو عام ١٩٤٢ بولاية أليينوى الأمريكية.
- مؤلف روائى أمريكى، ومنتج ومخرج سينمائي، ومنتج تليفزيوني أيضًا.

- من أكثر ما يعرف عنه: أعماله القائمة على روايات مثيرة تقنياً سواء فى السينما أو التلفزيون والمعتمدة على أسلوب حركى متميز تقنياً، كما أن كثير من روايته عن المستقبل تعكس إشارات علمية لخلفيته العملية وتدريبه الطبى فى الجامعات الأمريكية (هارفارد) والإنجليزية (كمبريدج).
- أول أعماله رواية بعنوان "حالة احتياج **A Case of Need**" كتبها وهو فى مدرسة الطب تحت اسم مستعار، والتي حازت جائزة إدجار **Edgar** عام ١٩٦٩.
- كثيراً ما يتكرر عبر أعماله قدر من التحذير بشأن التقدم العلمى وكيف يمكن أن ينحرف عن أهدافه، وتكاد تصبح تيمه رئيسية عنده: الفشل المرضى لنظم الحماية المعقدة بيولوجيا (جوراسيك بارك **Jurassic Park**) أو عبر النظم الحربية (قيد المرأة المقيّدة بالسلاسل = **The Andromeda Strain***) أو (العالم الغربى = **Westworld**) وهى أفلام حازت شهرة عالمية، وعادة ما كان يعتمد على وثائق علمية غير تامة وملاحظات علمية فى الطريق إلى اكتمال الفكرة أو الهدف.

مات فيزر **Matt Visser**:

- ولد فى **Wellington**، ودرس فى جامعة فيكتوريا وأكمل الدكتوراه بجامعة كاليفورنيا فى بيركلى وأصبح أستاذاً للرياضيات بجامعة فيكتوريا فى ويلنجتون.
- تنصب اهتماماته فى بحوثه على النسبية العامة ومجال الميكانيكا الكمية والكونيات، حيث أنتج عدداً كبيراً منها حول موضوع "الشقوق الدودية" و "أفق الجاذبية" و "الأشياء التى تظهر عن القياسات السمعية".

(*) أندروميذا **Andromeda** (أميرة حبشية شُدت بالسلاسل إلى جرف عال لكى يلتهمها غول ولكن أنقذها بيرسيوس وتزوجها والقصة من أصول ميثولوجية يونانية) ويكنى بها عن المرأة المُسَلَّمة (أو المقيده بأكثر من قيد) (المترجم).

- صاحب كتاب يدور حول نظرية الشقوق الدودية "تحديد مواقع الشقوق الدودية منذ أينشتاين حتى هوكنج". **Loretzian Wormholes – From Einstein to Hawking** الصادر عام ١٦٩٦، كما كان مؤلفاً مشاركاً فى كتاب "الثقوب السوداء الاصطناعية **Artificial Black Holes**" الصادر عام ٢٠٠٢.

مارتن كروسكال **Martin Kruskal**:

- (١٩٢٥-٢٠٠٦)
- فيزيائى ورياضى أمريكى درس فى جامعة شيكاغو، وحصل على الدكتوراه من جامعة نيويورك، حيث عمل على المتقاربات، والمعزولات، والأرقام الحقيقية، واستطاع مع جورج زكيريس **George Szekeres** أن ينتجا الروابط المتساوية (المسماه باسميهما: كروسكال - زكيريس) لضبط (علم الحساب) شوارزشيلد عند **Schwarzschild**، والحل لمجال "الخلأ" **vacuum** المتمائل أو المتوازن فى معادلة أينشتاين.
- فضلاً عن ابتكاره لإجراء الحساب الكروسكالى.
- مما يذكر أن له شقيقان جوزيف **Joseph** مكتشف ميزان الحساب الكروسكالى وويليام **William** مكتشف التحليل الأحادى للتفاوت أو الاختلاف والمسمى أيضاً باسمه **Kruskal- Willis one-way analysis of variance**، هذا وأبناؤه أيضاً كلايد وكارين وكيرى **Clyde, Karen and Kerry** عملوا جميعاً بالرياضيات.

مارتن د. ليفاين **Martin D. Levine**:

- أتم دراسته الجامعية فى الهندسة الكهربائية الكمبيوترية من جامعة ماك جيل **McGill University** عام ١٩٦٠ ومنها حصل على الماجستير فى ذات المجال عام ١٩٦٣، ثم حصل على الدكتوراه فى الهندسة الكهربائية من الكلية الملكية للعلوم والتكنولوجيا بجامعة لندن عام ١٩٦٥.
- حالياً يشغل منصب الأستاذية فى قطاع الهندسة الكهربائية فى مجال الكمبيوتر بجامعة الأصلية "ماك جيل" والمدير المؤسس لمركز الجامعة للألات الذكية (١٩٨٦-١٩٩٦)، كما عمل أستاذاً زائراً فى العامين ٧٩، ١٩٨٠ لعلوم الكمبيوتر بالجامعة اليهودية بالقدس وأيضاً عمل مستشاراً لعدة حكومات ومؤسسات اقتصادية كبرى فى هذا المجال.
- تدور اهتماماته البحثية حول بصيرة الكمبيوتر، وعمليات الرموز والذكاء الاصطناعى وله منشورات عديدة فى هذه المجالات من أبرزها كتاب "البصيرة عند الإنسان وفى الآلة" **Vision in Man and Machin**، وشارك فى تأليف كتاب بعنوان "التحليل الكمبيوترية المساعدة فى مجال ارتحال الخلية والانجذاب الكيماوى **Compte Assisted Analyses of Cell Locomotion and Chemotoxis**"

نيلز بور **Niels Bohr**:

- (١٨٨٥-١٩٦٢)
- فيزيائى دانماركى حاصل على جائزة نوبل.
- يعد المسئول الأول عن تقدم ميكانيكا الكم، فضلاً عن مشاركته فى مشروع القنبلة الذرية الذى أقيم فى لوس ألاموس بالولايات المتحدة الأمريكية فى بواكير عام ١٩٤٤.

- من أبرز مؤلفاته كتاب بعنوان "الفيزياء الذرية والمعرفة البشرية" **The Atomic Physics and Human Knowledge** والذي ضمّته مناقشة دارت بينه وبين ألبرت أينشتاين حول نظرية الكم جرت على مدى أكثر من عقدين من الزمان.

نathan روزن **Nathan Rosen**:

- (١٩٠٩-١٩٩٥)
- فيزيائي إسرائيلي، وفي عام ١٩٣٥ أصبح مساعدًا لأينشتاين في مجال الدراسات المتقدمة بجامعة برينستون حتى شجعه أينشتاين على تكملة مستقبله في إسرائيل.
- اشترك في بحث منشور مع أينشتاين وبوريس بودولسكى **Boris Podolsky** بعنوان: "هل يمكن اعتبار وصف أو تفسير ميكانيكا الكم للحقائق الفيزيائية عملاً متكاملًا أو تامًا؟"، كما اشترك مع أينشتاين أيضًا في اكتشاف "قنطرة أينشتاين - روزن" في النسبية العامة.
- أسس أكثر من معهد فيزيائي في إسرائيل، وعدة معاهد تعليمية عليا أخرى هناك.

روى كير **Roy Kerr**:

- ولد عام ١٩٣٤ في نيوزيلندا، ولمعت موهبته الرياضية عندما كان طالبًا بكلية سانت أندرو، ثم حصل على درجته الجامعية من كلية كانتربري بجامعة نيوزيلندا ثم الدكتوراه من جامعة كمبريدج عام ١٩٦٠، حيث كان توجّهه يتعلّق بالمعضلات الصعبة لمعادلات الحركة في النسبية العامة.

- بعد ذلك تنقل في عدة مناصب جامعية بأمريكا، وفي العام ١٩٦٢ انتقل لجامعة تكساس بأوستن حيث اكتشف في العام التالي حلّه المشهور والتام للفراغ (= Vacuum) والذي يقال إنه وجده بالصدفة حيث كان يبحث عن شيء آخر (أبدا لم يشر إلى ماهو هذا الشيء الآخر) كما أراد أن يعمم الحل المعروف باسم حل شوارزتشيلد.
- وفي عام ١٩٦٥ استطاع أن يقدم مع ألفريد شيلد **Alfred Schild** الزمكان الموسوم باسميهما **Kerr- Schild spactime**.
- في عام ٢٠٠٦ حصل على جائزة مارسيل جروسمان **Morcel Grossmann**.

راى برادبرى Ray Bradbury:

- ولد بولاية إيلينوى الأمريكية عام ١٩٢٠.
- كاتب أمريكي يؤلف الروايات الأدبية والمسرحيات، وإن تحققت شهرته من روايات الخيال العلمي، والمبنية على الأخيلة. فضلاً عن روايات الرعب والغموض. والكتاب الأكثر شهرة في كل ذلك "التاريخ الزمنى للمريخ **The Mertian Chronicks**" عام ١٩٥٠ الذى صنف أحياناً كرواية وأحياناً أخرى كمجموعة قصصية وفي العام ١٩٥٣ جاءت روايته القمة رغم غرابتها "٤٥١ فهرنهايت" **Fohrenheit 451**، التى تحولت إلى فيلم سينمائى شهير.
- على الرغم من أنه يوصف عادة بأنه كاتب خيال علمى فقد حرص على عدم تقييد نفسه في هذا المجال وحده، ومن أقواله في ذلك: "أولاً أنا لا أكتب خيال علمى، واحدة فقط من رواياتى (٤٥١ فهرنهايت) تعتبر كذلك لأن الخيال العلمى تصوير للواقع بينما الخيال تصوير لغير الواقعى ولذلك فـ: "التاريخ الزمنى للمريخ" ليست من قبيل الخيال العلمى، إنها مجرد خيال لأنها لا يمكن أن تحدث... هى أسطورة يونانية منذ زمن طويل ولم تزل لها قوتها".

ريتشارد س. كيتنج Richard C. Keating:

- أستاذ طب في مجال الروماتيزم وظل حتى تقاعده ليصبح أستاذاً فخرياً بجامعة جنوب إيلينوي، ومفوض لجنة الحفاظ على الحياة، ورئيس مجلس إدارة مؤسسة الحفاظ على الحياة في إدوارد زفيل Edwardsville.
- أتم دراسته الجامعية عام ١٩٥٩ بجامعة كولجيت Colgate وحصل على الماجستير عام ١٩٦٢ من جامعة سينسيناتي Cincinnati ١٩٦٢، وعلى الدكتوراه من نفس الجامعة عام ١٩٦٥.
- تشمل بحوثه، مع ذلك، علم التشريح المقارن للنباتات ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين، وتكيف أوراق النباتات المزهرة في نباتات ذات ضغط عالي، وتقنية الميكرو واستعمالات المجاهر (التلسكوبات) والتصوير.

ستيفن هوكنج Stephen Hawking:

- ولد عام ١٩٤٢.
- فيزيائي نظري إنجليزي، صاحب نظرية عن الثقوب أو البقع السوداء تقوم على نظريتي النسبية وميكانيكا الكم.
- رغم مرضه الشديد (قعيد كرسى متحرك ولا يمكنه الكلام، وقد صُمم الكرسى ومعه جهاز للتحدث للتواؤم مع حالته خصيصاً) فقد عمل في مجال النظرية النسبية وبصفة أساسية في الثقوب السوداء، حيث قدم عام ١٩٧١ حدساً بالتشكل الذي وقع فور الانفجار الكبير من أن بلايين الأطنان من الكتلة شغلت الفضاء فيما يسمى بالبقع السوداء المصغرة والتي كانت فريدة في كتلتها الهائلة وتطلبت جاذبيتها أن تُحكم بواسطة قوانين النسبية بينما تطلبت حالتها اللحظية أن تنطبق عليها قوانين ميكانيكا الكم ومن خلال هذه الأخيرة فإن هذه

البعق قذفت أو نفثت عناصر أقل من ذرية لكي تشحن نفسها بالطاقة إلى أن انفجرت.

- مساهمات هوكينج في الفيزياء جلبت له تشريفات متعددة، ومن بين كتبه كتاب بعنوان: "تاريخ موجز للزمان"، عام ١٩٨٨ وهو مترجم للعربية وكتاب آخر بعنوان: "الكون في قشرة جوز" وهو مترجم بدوره للعربية.

ستيفن أ. فولنج Stephen A. Fulling:

- أنهى دراسته الجامعية بجامعة هارفارد في الرياضيات عام ١٩٦٧ ثم حصل على الماجستير في ١٩٦٩، والدكتوراه في ١٩٧٢ من جامعة برنستون.
- تتركز اهتماماته في نظرية المجال الكمي في الزمكان المنحني، وطاقة الفراغ الكمي وكل ما يتعلق بالنظرية الكمية في التمدد والتقريب الشبه تقليدي والتحليل الرمزي لمعادلات الفروق وعمليات الفروق الزائفة والجبر (الرموز) الكمبيوتر، والكمبيوتر الكمي وتوظيفات نظرية المجموعات والأعداد والبرمجة الحرفية.

هايزنبرج Werner Heisenberg:

- (١٩٧٦-١٩٠١)
- فيزيائي وفيلسوف ألماني، اكتشف طريقة جديدة لتشكل ميكانيكا الكم مصمماً وضابطاً لقواعدها مما ساعد على تقدم الفيزياء النووية والذرية، وبسببها حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٣٢.

- وفي عام ١٩٢٧ (بعد حصوله على الدكتوراه) بأربع سنوات تقريباً أعلن عن مبدأ "عدم اليقين" (عدم استطاعته تحديد سرعة ومكان جزيء في نفس الوقت لأنك إذا حددت سرعته يكون موقعه قد تغير، وإذا حددت موقعه تكون سرعته قد تغيرت، وبالتالي لا يصبح من المفيد في الأمر سوى التقريب) وهو المبدأ الذي أصبح راسخاً في الوسط العلمي.

- عمل مساعداً لماكس بور ومديراً لمعهد ماكس بلانك، كما كتب عام ١٩٣٠ "المبادئ الفيزيائية لميكانيكا الكم"، وربما بعض الكتب والأبحاث حول نفس الموضوع وعن فلسفته التي بناها على مبدأ عدم اليقين ذلك.

ويليام ج. أونرو William G. Unruh:

- ولد عام ١٩٤٥ في وينيبيج Winnipeg بمانيتوبا Manitoba بكندا.
- فيزيائي كندي، حصل على درجته العلمية عام ١٩٦٧ من جامعة برنسيبتون وأُعقبها الماجستير والدكتوراه من ذات الجامعة، ثم صار أستاذا للفيزياء بجامعة بريتش كولومبيا بفانكوفر في كندا.

- في عام ١٩٧٦ اكتشف ما سمي أثر أونرو **Unruh Effect** والذي يمثل تنبؤاً بأن ملاحظ متسارع سوف يلاحظ إشعاعات الجسم الأسود، بينما الملاحظ الداخلي لن يلاحظها. وبكلمات أخرى فإن الملاحظ المتسارع سوف يجد أو تجد نفسه أو نفسها في خلفية دودية. أما الحالة الكمية التي نراها كأرضية للملاحظين في أنظمة داخلية أو مغلقة نجدها كنوع من الاتزان الحراري بالنسبة للملاحظ المتخذ لهيئة أو شكل متسارع. وهذا الأثر إذن يعني أن فكرة الفراغ **Vacuum** تعتمد على الممر أو الطريق الذي يتخذه الملاحظ عبر الزمكان.

- حصل أونرو على العديد من الجوائز العلمية.

ويليام جاكوب فان ستوكوم William Jacob van Stockuum :

• (١٩١٠-١٩٤٤)

• فيزيائي هولندي قدم إسهامًا هامًا في تطوير النسبية العامة في مرحلتها الباكرة، وحيث انتقلت أسرته إلى أيرلندا في أواخر عشرينيات القرن الماضي فقد درس الرياضيات في كلية ترينتي بدبلن التي فاز فيها بالميدالية الذهبية، وحصل على الماجستير من جامعة تورونتو، وعلى الدكتوراه من جامعة أدنبره.

• في عام ١٩٣٧ نشر بحثًا اشتمل على أول حل صحيح للنسبية العامة (وكانت حديثة وقتئذٍ نسبيًا) والذي قدم حقل الجاذبية كنموذج يأخذ شكل مادة دوارة **rotating matter**، وفي هذا البحث كان أول من لاحظ إمكانية تمثيل الزمن المغلق في شكل يشبه الانحناء وهو واحد من أغرب الظواهر في النسبية العامة.

• بعدها حاول أن يدرس على يد أينشتاين نفسه ولسوء الحظ لم يحقق ذلك وبسبب انفجار الحرب العالمية الثانية التحق بالقوات في عدة مناصب انتهت بسلاح الطيران وفي إحدى الطلعات أصيبت طائرته ومات كل من عليها حيث دفنوا جميعًا وبينهم ويليام في الموقع الذي سقطت فيه الطائرة.

(ب) الموضوعات: "مرتبة وفقًا للألفبائية الإنجليزية:

المادة المضادة Anti matter :

• في ديسمبر من عام ١٩٢٧ طور "بول ديراك Paul Dirac" معادلة في النسبية تتعلق بالإلكترون أصبحت تعرف باسم معادلة ديراك، وقد عثرت هذه المعادلة على حل للطاقة السلبية بالإضافة إلى الطاقة الإيجابية العادية وهذا

شكل معضلة لأن الإليكترون عادة ما يحوى أقل مستوى من الطاقة، وإحياؤه لطاقة سلبية هو من قبيل التوافق: وفي محاولته للخروج من هذه المشكلة أو الالتفاف حولها اقترح أن "الخلاء" Vacuum مملوء ببحر من الإليكترونات ذات الطاقة السلبية، وهو الذى أُطلق عليه بحر ديراك، وبمزيد من التفكير اعتقد ديراك أن هناك ثقبًا فى هذا البحر تكون لديه طاقة إيجابية ضامنًا أنه البروتون. لكن "هيرمان ويل" Hermann Weyl أشار موضحًا أنها جميعًا لها نفس كتلة الإليكترون وتؤكد هذا تجريبيًا عام ١٩٣٢ بواسطة كارل د. أندرسون Carl D. Anderson وكان هذا المضاد للمادة وقتئذ يسمى "المضاد الأرضى للمادة": Contraterrene matter إلا أنه اليوم يعد النموذج المعيارى الذى يظهر أن كل عنصر له عنصر مضاد يمثل رقمه الجمعى الكمى القيمة السلبية لقيمة العنصر نفسه.

- أصبحت استعمالات هذه الأجسام المضادة تمتد لمجالات الطب والوقود والمجال الحربى والمستوى الفلكى الكونى المضاد Antiuiverse وبالتالي أعمال "الخيال العلمى".
- تعتبر المادة المضادة من الناحية المادية الفعلية من أقيم ما هو موجود بتقدير يصل إلى ٣٠٠ بليون دولار للمليجرام الواحد وذلك لصعوبة إنتاجها، (قليل من ذراتها يمكن أن ينتجها التفاعل فى مُعَجَل للعناصر).

أكويلا Aquila:

- وأحيانًا ما يطلق عليها الاسم اللاتينى Vulture الذى يعنى النسر وهى مجموعة نجوم ثابتة من بين ٤٨ مجموعة أعد بطليموس "Protemy" قائمتها وهى نفس المجموعة التى أشار إليها أودوكوس Eudoxus (القرن ٤٨ قبل الميلاد) وأراتوس Aratus (القرن ٣ قبل الميلاد) وهى الآن ضمن ٨٨ مجموعة تعرف باختصار

IAU، وتقع وبطريقة غير دقيقة عند خط الاستواء السماوى، كما تمثل ذروة أو قمة مجموعة الكواكب الصغيرة الثلاثية "الصيفية".

• كان بطليموس قد سجل ١٩ نجماً مرتبطاً فى هذه المجموعة، ومجموعة أنطونيوس **Antinous** (حظيت بهذا الاسم فى عهد الإمبراطور هارديان **Hardian**) ولكن أحياناً وعلى سبيل الخطأ تنسب إلى تاكو براه **Tycho Brahe** والذى صنّف ١٢ نجماً فى أكويلا، وسبعة نجوم فى أنطونيوس، والمعروف حالياً أنه يضم مجموعة مبهرة من النجوم.

• ثمة نجمين مُستعران لوحظا منذ قبل الميلاد فى هذه المجموعة، الأول منهما له بريق أشبه بالبريق المنبعث من كوكب الزهرة **Venus** والثانى أكثر بريقاً من التير **Al tair** (ويعنى النسر الطائر) ولأن الأخير يعتبر ألمع نجوم مجموعة أكويلا فقد لقيت المجموعة بالاسم الأخير باعتباره الطائر الذى يخص زيوس **Zeus** (كبير آلهة اليونان) وبهذا الاعتبار كان الأمر فى هذه التسمية يتعلق بدور ما فى الميتالوجيا اليونانية والرومانية والصين والهند.

الانفجار الكبير... الاسحاق الكبير **Big bang... big crunch**:

• ثمة نظرية تقول بأن الكون بدأ من بذرة حجمها أقل من أى شىء يمكن أن يوجد، ويطلق عليها اسم "منفردة" **singularity** وقد احتوت على كل ما فى الكون من مادة وطاقة، ثم انفجرت فى لحظة **big bang**، وفى ميدان العلوم قدرت ساعة الصفر هذه بزمن بلانك (واحد على يساره ٤٣ صفراً ثم فاصلة) وبعدها تضاعف حجمها من بذرة إلى ذرة إلى ما يعادل حجم البرتقالة وفى ذلك وعبر ملايين السنين تشكلت أولى النوى ثم الإليكترونات ثم تموجات غازية بفعل الجاذبية والتي أخذت شكل عناقيد أصبحت فيما بعد المجرات والكواكب، وهذه الأخيرة تتباعد عن بعضها البعض فى جميع الاتجاهات

وبذات المستوى وإلى أبعد ما يمكن ملاحظته في حدود وسائل الملاحظة الحالية وذلك دون الرجوع إلى نقطة مركزية مفترضة، هذا وقد تولدت العناصر كلها في النصف ساعة الأولى من الانفجار، ولم يتم بعدها تولد عناصر أخرى.

- تلك هي النظرية السائدة بين معظم العلماء عن نشأة الكون، ولكن استتبع الأمر ظهور نظرية أخرى تعرف باسم "الكون النابض" **pulsating universe** والى تقول بأن المادة تتطاير متناثرة من كتلة منضغطة ولكنها سوف تبدأ بالتقلص بتأثير الجاذبية أيضاً والمشاركة بين أقسامها المختلفة فيما يسمى بالانسحاق الكبير **big crunch** إلى أن تصل إلى درجة معينة من التركيز والكثافة تنفجر معها من جديد وعبر هذه العملية وتكررها تتخلق المادة ولا تزول بل يعاد توزيعها مرة بعد مرة.

• مذنب شوميكرو- ليفي ٩ (SL9 اختصاراً) Comet Shoemaker- Levy:

- هذا المذنب هو الذي اصطدم بكوكب المشتري عام ١٩٩٤، وإن كان قد تم اكتشافه في ٢٤ مارس ١٩٩٣ بمعرفة كارولين **Carolyn** و إيوجين م. شوميكرو **Eugene M. Shoemaker** ودافيد ليفي **David Levy**.

- بحدوث هذا الاصطدام، والذي كان مُتنبأً به من قبل، أمكن لأول مرة رصد اصطدام جسمين من النظام الشمسي، وهو الأمر الذي احتل نصيباً وافراً من الإعلام العالمي، كما كان محل مراقبة عن كثب من الفلكيين بطول العالم وعرضه. وهذه الواقعة كشفت الكثير عن كوكب المشتري وجوه ودوره في إنفاص حطام الفضاء داخل النظام الشمسي (اصطدم بالزهرة بسرعة ٦٠ كم في الثانية).

- وهو أول مذنب يدور حول كوكب بدلاً من الدوران حول الشمس، وفي مدار منحرف عن المسار الدائري (يبعد عن الزهرة ٤٩,٤ بليون كم) بحيث يأخذ شكل القطع الناقص، ويستغرق في هذا المدار حوالي سنتين.

سديمية السرطان Crab Nebula:

- عبارة عن بقايا نجم مستعر وريحه النابضة ويقع بين مجموعة النجوم الثابتة التي تشكل برج السرطان والمسماه تاوروس **Taurus** ويصنف عالمياً بالرموز والأرقام التالية (**Mi, NGC 1952, Taurus A**) ومن الطريف أنها تشبه النار الملونة التي يتقاذفها الناس في الاحتفالات أو تطلقها أجهزة معينة مع العصا ذات الشرشيب التي يتلاعب بها قائد طابور الاحتفال **nebula**، ومن هنا جاءت التسمية.
- أول مرة يلاحظ فيها كان بمعرفة جون بيفز **John Bevis** عام ١٧٣١، وتطابق مع النجم المستعر البراق الذي سجله الفلكيون الصينيون والعرب عام ١٠٥٤، ويقع على بعد ٦٣٠٠ سنة ضوئية من الأرض، وفي القلب منه يقع النجم النيتروني المتعاقب "السرطان" الذي يبعث بنفثات من أشعة جاما وموجات رادارية أثناء حركته المغزلية بمعدل ٣٠,٢ مرة في الثانية.
- وهو أول جسم سماوى تتم دراسته كمصدر للأشعة التي عادة ما تسترّه عنا.

مجموعة برج البجعة Cygnus Constellation:

• وتتألف هذه المجموعة من تنوع براق من النجوم الشديدة اللمعان والبارزة في الفضاء رغم بعدها البالغ (٣٢٣٠ سنة ضوئية) وحتى الآن تتكون من ١٨ نجماً براقاً في السماء، وهي في عمومها تميل للزرقة وتشكل ما يشبه ذيل فائق الجمال لطائر الإوز العراقي، وتقع المجموعة في النهاية العليا للمعبر الشمالي متعامدة على مجموعة صغيرة من النجوم المعروفة باسم "المثلث الصيفي" Summer triangle asterism.

• من أبرز نجوم المجموعة ما يحمل الأسماء التالية:

- ٦١ سيني Cygni (والذى كان الظن عام ١٩٣٨ أنه قريب من مجموعتنا الشمسية)، و١٦ سيني ب والذى يصل حجمه إلى ١,٥ من حجم المشتري، و X-1 سيني Cygnus الذى يعتبر من المرشحين ليصبح ثقباً أسود وغيرها من النجوم المتميزة.

النظام والفوضى Order and Chaos:

• يتفق العلماء على أن هذا التعبير مثل الكثير من المصطلحات العلمية يعبر عن تقنية معينة ولا يتفقان بالضرورة مع دلالتها العادية وبذلك ينصرف أيهما في مجال العلم إلى أمرين:

١. الخلق من خلال انبثاق.

٢. الانتظام الكامل في مجال الظواهر الفيزيائية، والذى يمكن وصفه بمصطلحات محدده وأرقام رياضية ومقاييس لها نماذج معينة وبالتالي تقبل التنبؤ بسلوكها في الأغلب الأعم.

• والمثال المبسط لذلك يتمثل في إمكانية الحفاظ على مدى معين من تآرجح البندول على فترات منتظمة وبنفس القدر، وذلك هو النظام وبالمقابل هناك

الفوضى التي يمكن تمثيلها بزخات المطر حيث تصطدم مع جزء صغير من السطح وفي فترات غير منتظمة ولا يمكن التنبؤ بها إلا في حدود معينة وقد خضعت مثلها مثل سائر الظواهر الفيزيائية للبحث الفيزيائي والرياضي.

الأوتار الكونية Cosmic String:

- الوتر الكوني هو خلل أو علة حدسية في الطوبولوجيا ذات البعد الواحد في نسيج الزمكان، وتستخدم بشكل حدسي عندما تُحدث في مختلف مناطق الزمكان وجهًا من وجوه التغير في ميدان حواف هذه المناطق عندما يلتقي أيهما بالآخر، بما يشبه ما يحدث بين حبيبات الكريستال عند تجميد السوائل أو الشقوق التي تحدث عند تجميد المياه داخل الثلج وفي حالة كوننا فهذا النوع من التغير ربما وقع في الأيام المبكرة من تشكل الكون.
- وهذه الأوتار، إذا كانت موجودة بالفعل، ربما تكون شديدة النحول أو رفيعة للغاية مثل البروتون، ولها كثافة عالية مع ذلك، ولذا قد تكون مصدرًا له أهميته للجاذبية، وواحدًا منها بطول ١٠٦ كم سوف تكون له جاذبية أكثر من جاذبية الأرض، وهي في مجموعها قد تشكل شبكة **network** تربط بين الفجوات في الكون الباكر، كما قد تكون جاذبيتها مسئولة عن كتلة المادة في عناقيد المجرات.
- كما أن ذبذباتها التي يظن أنها تحدث بسرعة قريبة من سرعة الضوء، يمكنها أن تجعل جزء من الوتر يضغط بشدة على أية حلقة أو فجوة منعزلة حيث إن هذه الأخيرة لها مدة حياة تتعلق بمدة حياة الأشعة الجاذبية.
- ومن ناحية أخرى لا توجد علاقة بين الأوتار الكونية ونظرية الأوتار حيث تم اختيار اسم كل منهما بشكل مستقل، إلا أن البحث في نظرية الأوتار بعث الحيوية في الأوتار الكونية وهي النظرية التي قال بها جوزيف بولشنسكي

Joseph Polchinski بأن الكون الممتد ربما تسبب في تمدد وتر أساسي حتى أصبح في حجم مجرة ومن ثم ستظهر عليه خصائص الأوتار الكونية المُقال بها وتجعل الحسابات السابقة مفيدة. وكما علق النظرى توم كيبل **Tom Kibble** "كونيوا نظرية الأوتار اكتشفوا أوتاراً كونية تقبع فى كل مكان تحت السطح الخارجى للكون".

- وعلى أى الأحوال فإن معظم هذه المقترحات يجب أن تعتمد على الأساسيات الكونية الصحيحة، وليس ثمة تجارب مقنعة للتحقق من صحتها قد أجريت بالفعل.

المُفرِّق Differentiator:

- هو دائرة مصممة بحيث إن الخارج **output** من هذه الدائرة هو أجزاء تصبح مشتقات ثانوية من الداخِل **input** للدائرة.
- ثمة نوعان من المفترقات أحدهما نشط وفعال **active** والآخر يعمل بتأثير قوة خارجية عنه **passive** (سلبى).
- يستخدم الجهاز بصفة مبدئية كفلتر **filter** عالى قادر على تفريق عناصر عن بعضها.

قنطرة أينشتاين – روزن Einstein – Rosen Bridge:

- فى عام ١٩١٦ قدم أينشتاين نظريته فى النسبية العامة، وبعدها بعشرين عام نشر مع زميله المتعاون معه لمدة طويلة ناثن روزن **Nathan Rosen** بحثاً أظهر فيها أن النسبية العامة تتضمن بناء منحنى للمكان يمكنه أن يربط بين منطقتين متناهيتين من الزمكان المنحنى بشكل مختصر، ولم يكن هذا البحث مهموماً بإبراز ما يمكنه أن يكون أسرع من الضوء، أو بالسفر داخل الكون. ولكنه حاول شرح العناصر الأساسية مثل الإليكترونات كأفاق فضائية فى

شكل خيوط من القوة الكهربائية. هذا المعبر يعتمد أساساً على النسبية العامة، وأصبح منضبطاً من خلال الحل الذي قدمه شوارزتشيلايد الذي كان أول حل صحيح لمعادلة أينشتاين، والذي أكده الأخير، وهو الذى أدى إلى التنبؤ بالثقوب السوداء، والتي تعتبر "النهاية" للنجوم ذات الكتلة التى تتراوح ما بين ١٠ إلى ١٥ مرة كتلة الشمس، لأنه حين يحدث بها انفجار هائل الانتقاد فإنها تخلف وراءها بقايا محترقة هائلة بالفضاء بين النجوم بدون ما يقابله من مضادات الجاذبية ويظل هذا الانهيار الانفجاري إلى أن يتكثف إلى نقطة الصفر وبكثافة لا نهائية منشئاً لما يعرف بـ "المفردة" (أصغر ما يمكن أن يوجد فى الكون). وبزيادة الكثافة على هذا النحو فإن ممرات أشعة الضوء المفردة من النجم تتحنى بشكل نهائى متعذر تغييره وأى فوتون ضوء سيظل محصوراً فى مدار معين بسبب كثافة الحقل الجاذبى ذلك، ولا يمكنه أن يهرب بعد أن يصل النجم لهذه الكثافة اللانهائية والذى أطلقت عليه تسمية "الثقب الأسود".

• حلقة أينشتاين Einstein ring

- تعتبر عملية ملاحظة الجاذبية من خلال العدسات واحدة من نتائج نظرية النسبية العامة التى نُشرت عام ١٩١٦ (وكان أينشتاين قبل نشرها قد تنبأ بانحناء الضوء وذلك فى العام ١٩١٢)، حيث بدلاً من ضوء يسرى من مصدر (كمجرة أو نجم) فى خط مستقيم (ذى ثلاثة أبعاد) فإن هذا الضوء ينحنى (ينشوه خطه المستقيم) ويتحول إلى ما يشبه الحلقة بسبب وجود جسم ضخم فى طريق الضوء المستقيم متسبباً فى تشويهه، أما الذى يتسبب فى الشكل الحلقى فهو عدم انتظام الخط بين المصدر والعدسة والمُلاحظ بحيث يظهر فى العدسات تشكلاً مستديراً يشبه الحلقة.

أنطروبيا Entropy:

- هذا المصطلح مشتق من الكلمة اللاتينية **Metatropi** والتي تعنى "التحول" وهو مقياس لعدم قابلية طاقة النظم على أن تعمل. وهو مقياس مركزى للقانون الثانى للديناميكا الحرارية المتعلقة بالعمليات الفيزيائية وعمّا إذا كانت تحدث بشكل عفوى أو تلقائى. لأن التغيرات العضوية تحدث فى النظم المعزولة مع زيادة أو ارتفاع هذا المقياس. وهذه التغيرات عادة ما تمهد لفروق فى الحرارة والضغط والكثافة والمزاعم الكيماوية التى قد توجد فى نظام ما، والأنطروبيا هى التى تقيس كيف يتقدم هذا التمهيد.
- نشأ المسمى فى خمسينيات القرن ١٨ بمعرفة فيزيائى ألمانى يدعى رودلف كلاوزيوس **Rudolf Clausius** والذى وصفه بالمحتوى التحويلي مثل استخدام الطاقة المتبددة أو المشتتة لنظام ديناميكي حرارى للأجسام العاملة أو الأنواع الكيماوية أثناء تغيير حالاتها.
- الإنطروبيا واحد من العوامل التى تحدد الطاقة الحرة لنظام ما، وهذا التعريف الديناميكي الحرارى صالح فقط لنظام فى حالة توازن بينما التعريف الساكن لأنطروبيا يصلح لكل النظم وهكذا يصبح هو التعريف الأساسى والذى منه تأتى التعريفات الأخرى.
- ومع أن الأنطروبيا مفهوم نشأ فى الديناميكا الحرارية ويتجذر فى مبناها، إلا أنه تم تبنيه فى مجالات أخرى مثل نظرية المعلومات، والديناميكا النفسية **psychodynamics**، والاقتصاد الحرارى **thermoeconomics** والتطور **evolution**.

حقل هيجز Higgs field:

- انطلق هذا المسمى بعد أن افترض الفيزيائى البريطانى بيتر هيجز **Peter Higgs** أن الحقل الكمي يمتلى بعنصر البوزون **boson** الذى اعتقد أنه

يخترق الكون كله. أما حاليًا فقد أصبح مطلبًا من أجل شرح وتفسير الفرق الكبير في كتلة العناصر التي تتوسط التفاعل الضعيف (بوزون الـ Z والـ W)، وتلك التي تتوسط تفاعلات الشحنات الكهربائية (الفوتون (the photon)).

- مع الجيل الثاني من معجلات العناصر خاصة معجل معهد CERN والذي سبقت الإشارة إليه ، سيحاول العلماء النظر في سلوك العناصر في تفاعلها طبقًا لحقل هيگز ذاك.
- ومما يذكر أنه في ٢٠ من أغسطس عام ٢٠٠٦ أبرز أحد التقارير أن الفيزيائيين اليابانيين يعملون على مشروع يقوم على إنشاء ظاهرة مثل حقل هيگز (متضمنة خلاء زائف وبوزون Z) بغرض إنشاء كون وليد.

النيوبيت ليثيوم Lithium niobate:

- خليط من النيوبيم والليثيوم والأوكسجين، وهي مادة صلبة لا لون لها مثلثية **trigonal** التكوين الكريستالي وشفافة (يمكن اختراقها) للموجات التي أطوالها من ٣٥٠ إلى ٥٢٠٠ نانومتر، ولها نطاق ذبذبات، ونقطة ذوبانها هي ١٢٥٧ درجة في ٤,٦٥ سم^٢ ولا تذوب في الماء.
- يمكن خلطها بأوكسيد الماغنسيوم الذي يرفع من مقاومتها لانكسار الصورة ويجعلها بالتالي مضادة للتشويه أو التحريف البصري.
- تستخدم هذه المادة بكثرة في سوق الاتصالات مثل الهواتف المحمولة والمطافات البصرية. وهي المادة المختارة لصناعة مزايا سطح الموجات السمعية، وفي بعض الاستخدامات يمكن استبدالها بمادة "حمض الطنطاليك" **lithium tantalite**.

المعجّل الهادروني الكبير Large Hadron Collider:

- ويُكنى اختصاراً **LHC** وموقعه في المعهد المعروف بإختصاراً بـ : سرن **CERN** بالقرب من جنيف بسويسرا، وهو عبارة عن معجّل للجسيمات بدأ العمل به في مايو ٢٠٠٨، ومن المنتظر أن يكون أكبر معجّل للجسيمات في العالم، وقام بتمويل بنائه أكثر من ألفي عالم فيزيائي من ٤٣ دولة وجامعة ومعمل أبحاث.
- من المتوقع عند تشغيله أن ينتج جزيء بوزون هيجز **Higgs boson** والذي يمكن للملاحظات حوله أن تؤكد التنبؤات، والحلقات المفقودة في النموذج المعتاد للفيزياء، كما من المتوقع أن يشرح كيف أن الجزيئات الأساسية الأخرى تتطلب خواصاً مثل الكتلة.
- كما أن التحقق من وجود هذا البوزون الخفي سوف يمثل خطوة هامة نحو تحقيق النظرية الموحدة الكبرى التي تطمح في دمج وتوحيد القوى الأساسية في الكون في معادلة واحدة: ١- الكهربية المغناطيسية، ٢- القوة القوية، ٣- القوة الضعيفة، ٤- الجاذبية - وربما أيضاً يشرح لماذا تبدو الجاذبية ضعيفة نسبياً عند مقارنتها بباقي القوى الرئيسية المشار إليها.
- يقع في نفق أسمنتي مدفون بمنطقة محيط دائرتها ٢٧ كيلومتر تحت الأرض في عمق يتراوح بين ٥٠ و ١٥٧ متراً حيث يقبع المعجّل وجهاز ليب **LEP**، والنفق ذاته يقطع الحدود السويسرية الفرنسية في أربع نقاط وإن كان أغلبه في الأرض الفرنسية. وعلى سطح الأرض تقع مبانيه المتعددة التي تحوى الإدارة وأجهزة التحكم والأجهزة الأخرى الإضافية الملحقة به مثل الضواغط اللازمة وأجهزة التبريد والتهوية... إلخ.

ألميون Muon:

- الميون هو جزيء من الجزيئات الأساسية فى الذرة، يدور مغزليا وله شحنة كهربائية سالبة، وله مدة حياة أطول من أى لبتون **lepton** أو ميسون **meson** أو باريون **baryon** الغير مستقرين فيما عدا النيوترون الذى يتفوق عليه فى هذه الخاصية، وهو مع الإليكترون **electron** والتاو **tau** والنيوترينوات **neutrinos** يصنفون على أنهم لبتون **lepton**.
- وهو مثل كل الجزيئات الأساسية له مضاد باسم الميون المضاد **antimuon** وبشحنة موجبة بعكس الأصلى ولذا يسمى أحيانا بالميون الموجب، ولكنه مساو له فى الكتلة.
- تزيد كتلة الميون على كتلة الإليكترون بمقدار ٢٠٦,٧ مرة، ولأن له تفاعل مشابه للأخير فعادة ما يتم التفكير فيه على أنه وجه آخر للإليكترون ولكن أثقل منه، كما أنه أكثر اختراقاً للأشياء أكثر من الإليكترون.

ميكانيكا الكم Quantum Mechanics:

- كان معظم الفيزيائيين فى القرن ١٨ يعتبرون قوانين نيوتن من قبيل المقدسات ومع عشرينيات القرن الماضى بدا أن كثيراً من الظواهر لا يتواءم التعامل معها بهذه القوانين التى كانت تتعامل فى الأساس مع الأحجام الكبيرة، ولا تعمل مع الأحجام الصغيرة أو المتناهية الصغر مثل الإليكترون وأشباهه، وعليه ظهرت النظريات المسماة "ميكانيكا الكم" والتى تعنى فى تبسيط شديد أنه إذا كان من الطبيعى أن كل جسم يمكن التنبؤ بمكان وجوده إذا وقفنا على مدى سرعته واتجاه حركته، فإن الأمر ليس كذلك بالنسبة للإليكترون مثلاً لأننا إذا عرفنا مكانه بدقة أصبحت سرعته غير محددة سوى بشكل احتمالى، وإذا عرفنا سرعته بنفس الدقة أصبح مكانه غير محدد إلا بالتقريب.

- وينقسم تاريخ ميكانيكا الكم إلى مراحل ثلاث: الأولى جاءت مع نظرية ماكس بلانك عن إشعاع الثقوب السوداء عام ١٩٠٠، والثانية عندما اقترح بوهر عام ١٩١٣ النظرية الكمية للطيف، أما الثالثة هي التي أصبحت فيها النظرية رحماً لعدة نظريات على يد مجموعة من العلماء على رأسهم هيزنبرج وبحيث أصبحت قوانين نيوتن من التقليديات، وقد أصبحت بذلك النظرية المهيمنة حتى أنها كانت وراء اكتشافات علمية عديدة من أغلب ما ننعمة به الآن.

قوارك Quark:

- واحد من مجموعة المكونات الرئيسية لأى جسيم أو جزئ تحت ذرى من المادة مثل البروتون والنيوترون اللذان يشكلان معاً نواة الذرة، والقواركات تعتبر مركبات أساسية لكل العناصر التى تتفاعل من خلال القوة القوية والتى تربط مكونات الذرة معاً، ومن السائد أن لها كتلة ولها حركة مغزلية ذات عزم محدد وهى تتواصل متتابعة حول محور عبر العنصر، ولا يمكن أن تشكل تكاملاً مع عنصر أصغر منها ولكن ترتبط مع قواركات أخرى أو ما يقال له قواركات الضد، ولا تكون وحدها أبداً.
- وكان الفيزيائى الأمريكى موراي جيلمان Murray Gellmann عام ١٩٦٤ هو الذى قدم هذا المفهوم العلمى كأساس لنظريته متبنيًا لها مصطلحاً أقرب للخيال وليست له أى دلالة على مغزاه الفعلى، وهو الذى عثر على ستة منها تتكون منها مادة الكون وكل منها يحمل شحنة كهربية ضئيلة جداً (أقل من التى لدى الإليكترون) فضلاً عن أنها قصيرة الحياة جداً.
- وهى لا يمكن رؤيتها بالعين حتى بأدق المكبرات وأكثرها قدرة ولكن تم قياس أثرها، كما اكتشف العلم أكثر من ١٥ نوعاً منها ولا يزال هناك المزيد.

بلازما القواركات والجلونات **Quark-gluon plasma**:

- ومختصرة بالحروف **QGP** التي توجد في درجة حرارة أو كثافة عالية جدًا والتي تتشكل عند نقطة التصادم بين أيونات الذهب مُسرَّعة في معجل نسبوي (أى أن سرعاتها تقارب سرعة الضوء) عندئذ تندمج بروتونات ونيوترونات هذه الأنوية مكونة طورًا جديدًا من أطوار المادة والتي كانت تكون البروتونات والنيوترونات، هذا الطور هو الذى وُجد خلال الفترة من ٢٠ إلى ٣٠ ميكروثانية الأولى من الكون بعد الانفجار الكبير.
- جرت محاولات لإنشائه في ثمانينيات وتسعينيات القرن الماضى فى معهد **CERN** بسويسرا بواسطة المُعجِّل المسمى **SPS** وربما تكون هذه المحاولات قد نجحت جزئيًا، وتجري حاليًا تجارب فى المعامل فى ذات الصدد والمسماه اختصارًا أيضًا **RHIC** فى بروكهاغن بالولايات المتحدة، ومن المزمع أن تستمر الدراسات فى معجل يسمى **Larg Hadron Collider (LHC)** بعد إتمام إنشائه فى ٢٠٠٨.
- أما لماذا بلازما فذلك لأن شحنات البلازما تظل محمية أو محجوبة طبقًا لوجود أى شحنات محمولة، وفى الـ **QGP** فإن الشحنة الملونة للكوارك والجلون تظل محجوبة. وثمة تشابه آخر بين هذا العنصر والبلازما العادية، على الرغم من وجود مفارقات أو لا تشابهات بينهما تبعًا لأن الشحنة الملونة ليست أبيلية **abelian** بينما الشحنة الكهربائية كذلك.

مفردات (الواحد منها: مفردة) **Singularities**:

- فى النصف الأول من القرن العشرين حاول كثير من الفيزيائيين إثراء البناء الهندسى للزمكان ولم يقترحوا كثيرًا من هدفهم إلا بعد أن نشر أينشتاين بحثه عن النسبية العامة فى ستينيات القرن، وبعدها بادر الفلكى الألمانى **Karl Schwarzschild** بالعثور على حل رياضى للمعادلة الجديدة أصبح يعرف

وحتى الآن باسم "حقل أو مجال شوارزشيلد"، ومن أبرز ملامحه الاعتقاد بأن مركز أية كتلة ضخمة كنجم أو كوكب يتركز في نقطة تسمى "مفردة" لا يستطيع أى من العناصر ولا أشعة الضوء من اختراقها، وعند مسافة محددة من هذه المراكز تتغير هندسة الزمكان بشدة عما نحن معتادين عليه.

- وهذه النقطة المركز نفسها التى كانت مركزاً للكون (باعتبارها أصغر ما يمكن أن يوجد) والتى بدأ منها الانفجار الكبير وأطلق عليها الاسم المعنونه به هذه الفقرة .

التاكيون أو الطاخيون Tachyon:

- المصطلح مشتق من التعبير اليونانى **Takhús** الذى يعنى السريع والمفاجئ، وأول وصف له يرجع للفيزيائى الألمانى "أرنولد سمرفيلد" إلا أن أول من صاغه فى الإنجليزية هما "جورج سودارشان" و "أولكسا مايرون بيلانيك" فى ستينيات القرن الماضى، وبعدها ورد المصطلح فى عدة أبحاث ومؤلفات متنوعة.
- وهو عنصر حدسى ويرتحل بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وفى ضوء النسبية الخاصة هو عنصر يرتحل فيما يشبه التجويف الأنبوبى الفضائى رباعى القوة الدافعة ووقت تخيلى صحيح، وهو إذن مقيد بهذه الطبيعة لا يمكنه أن يتحرك بسرعة أقل من سرعة الضوء، ومع أنه مصطلح اتفاقي أو جرى العرف عليه فإن النسبية تضع العناصر فى خدمة الحفاظ على معتقد التسبب فى النسبية الخاصة والتى تحافظ على أن لا شىء يمكنه التحرك بأسرع من الضوء، والآن فى مجال الإطار العام لنظرية الكم فإن التاكيونات تكون مفهومه أكثر باعتبارها تعطى معنى أو أهمية لاستقرار النظام باستخدام تكثيف أو تلخيص التاكيون بدلاً من اعتباره أسرع من الضوء، ويوصف هذا

الاستقرار بالحقول التاكيونية وهذا المفهوم للمصطلح كعنصر - طبقاً للفهم الحديث فإنه غير مستقر لدرجة التعامل معه على أنه موجود. لأنه ذو استحالة مزدوجة: إذا كانت موجودة فلن ينقل أية معلومات، إما أنه غير موجود على أية حال.

- تصور أو تخيل التاكيون أشبه بالفرقة التي يحدثها جسم أسرع من سرعة الصوت، وطالما أنه يتحرك بسرعة أكثر من الضوء فلا نستطيع ملاحظة اقترابه أو المرور أمامنا ولا بعد مروره وإنما نرى صورتين له في اتجاهين متعاكسين.

تيرا وات Terawatt:

- كيلو = ألف، ميغا = مليون، جيجا = ألف مليون، تيرا = مليون مليون وهكذا.

تجارب الأفكار Thought experiment:

- التعبير بمعناه العام (المشتق من أصل ألماني) يعنى استخدام سيناريو حدسى لمساعدتنا فى فهم كيف تجرى الأشياء، وثمة تنوع كبير من هذه التجارب ومع ذلك فهى جميعاً توظف منهجياً كبدئية مسلم بها بدلاً من التجربة الفعلية أى أنها تجرى على نحو نظرى وليس بناء على الملاحظات أو التجريب الفيزيائى.
- وقد تم استخدام هذا المنهج فى مجالات عديدة من بينها الفلسفة والقانون والفيزياء والرياضيات. فهى فى الفلسفة معروفة منذ ما قبل سقراط ، وفى القانون تعرف منذ المحامين الرومان، وفى الفيزياء استخدمت فى القرن ١٩ وبصفة خاصة فى القرن العشرين، ولكن يمكن تعقب أمثلة عليها منذ جاليليو.

- كان "هانز كريستيان أورستد" أول من قال باستخدامه بمعنى: "تجارب يقودها العقل مع نفسه في مجال الأفكار" وبعدها استخدمها "إرنست ماخ" بمعنى: "قيادة تخيلية من العقل بما يمكن تجريبه فيزيائياً فيما بعد"، وتستطيع أن تلاحظ المفارقة هنا بين التجريب العقلي والتجريب الفيزيائي، وقد تم استنساخ التعبير الإنجليزي من الأصل الألماني حيث ظهر لأول مرة عام ١٨٩٧ عبر ترجمة إنجليزية لبحث أجراه ماخ.

- هي في النهاية وتعبيرات خون **Kahn** عبارة عن "سيناريوهات عقلية لفهم شيء عن شيء مستقبلي" التجريب الفكري أو العقلي مسلمة أكثر منه تجريب فيزيائي، وفي هذه الحالة لا يسيطر عليه سوى العقل التخيلي "معمل العقل" لتحديد" ما الذي سيجري" أو "ما الذي جرى".

- امتد استخدام المنهج في مجالات عديدة غير ما سلف مثل: علم النفس والتاريخ وعلوم السياسة والاقتصاد، وعلم النفس الاجتماعي، نظم الدراسات والتسويق وعلم الأوبئة، وذلك، وبصفة عامة، كنموذج للتفكير مُصمّم ليُسمح لنا بتفسير، والتنبؤ والسيطرة على الأحداث بطريقة أكثر فاعلية وإثماراً.

الفراغ Vacuum:

- هو مقطع أو مقدار من الفضاء خالي أساساً من المادة مثل أن تكون الضغوط الغازية فيه أقل كثيراً من مستواها العادي، وأصل المصطلح مشتق من الكلمة اللاتينية التي تعني "فراغ" إلا أن الفضاء لن يكون تام الخلو، أما الخلاء التام فهو مفهوم فلسفي لا يوجد بشكل عملي أي الذي يصل فيه الضغط الغازي إلى صفر ليس لأن النظرية الكمية تنبأت بذلك فقط ولكن لأسباب أخرى. والفيزيائيون عادة ما يستخدمون المصطلح على نحو مختلف قليلاً، فهو ببساطة الفضاء الحر **free space** وذلك في مناقشة التجارب التي تتم في الخلاء ويستخدمون مصطلح الفراغ الجزئي **partial vacuum** للإشارة إلى الفراغ غير التام في المجال العملي.

- كان الخلاء موضوعاً للجدل الفلسفى منذ أيام اليونان، ولكن لم تسبق دراسته تجريبياً قبل القرن ١٧. وتقنية التجريب فى هذا المجال تطورت على يد "تورشيلى" **Torricelli** ونظرياته فى ضغط الهواء الجوى. وأصبح الفراغ وسيلة صناعية فى القرن العشرين لها قيمتها العالية مع إنتاج اللمبات والأنابيب الفارغة كما ازداد الاهتمام بتأثير الفراغ على صحة الإنسان وأشكال الحياة بصفة عامة وذلك بعد التقدم الذى أحرزه فى السفر الفضائى.
- من استخداماته: اللمبات الكهربائية (جزئياً لأنها عادة ما يعاد ملئها بعد تفريغها بغاز الأرجون **argon** لحماية سلك التتجستين) واللحام الإليكترونى وحفر الكليشيهات وصناعة أشباه الموصلات والأنابيب الخالية والمكانس الكهربائية وعلم المعادن والميكروسكوبات الإليكترونية وأجهزة الطرد المركزى... إلى آخر ما لا يعيه الحصر.

الشق الدودى Wormhole:

- الشق الدودى فى الفيزياء سمة حدسية لطبوغرافيا الزمكان والتى تعبر أساساً عن اختصار الطريق **shortcut** عبر الزمكان، وهى ذات فمّين أو فتحتين على الأقل والمرتبطان بحلقوم واحد، كما تعتبر طريقاً للارتحال من فتحة إلى أخرى للمرور عبر الحلقوم، وبينما ليس ثمة دليل يمكن ملاحظته على هذه الشقوق الدودية، فهى تعتبر حلاً صالحاً فى مجال النسبية العامة.
- كان "جون هويلر" أول من صاغ المصطلح عام ١٩٥٧، وإن كان "هيرمان ويلى" **Hermann Weyl** هو الذى ابتكر الفكرة عام ١٩٢١ فى تحليله عن المادة بتعبيرات من مجال طاقة حقول الجاذبية الكهربية.
- الفكرة الرئيسية فى الأمر أنه فى حالة وجود منطقة زمكانية متضامّة تعد حوافها غير هامة طبوغرافيا ولكن داخلها غير مرتبط مع بعضه

على نحو بسيط، فثمة شق دودى يربط بين الأماكن البعيدة فى الكون والذى يستطيع المسافر الفضائى أن ينتقل عبرها إذا كانت سرعته قريبة جداً من سرعة الضوء.

- وثمة أنواع من هذه الشقوق: تلك التى يمكن عبورها من كون مواز للكون الآخر تسمى شق شوارزتشيلد الدودى، ثم تلك التى يمكن استخدامها للانتقال فى الزمن سواء إلى الماضى أو إلى المستقبل أى أنها اختصار الطريق من نقطة فى الزمكان إلى أخرى، كما لها استخدام مشابه فى نظرية "الأوتار الكبرى أو العظمى"، وفى النهاية فهى تعتبر عنصراً من رغاوى الزمكان **spacetime foam** بمعنى يقترب من مخلفات الزمكان.

زيليون Zillion:

- تحفل اللغة الإنجليزية بعدد من الكلمات للتعريف والتفكه إزاء الأرقام سواء لأحداث السخرية منها وللمبالغة أو عندما تكون الدقة غير مطلوبة وغير ضرورية.
- هذه الكلمة "زيليون" واحدة منها، وبصفة خاصة لو لاحظت نهايتها "يون" كما فى مليون وبلليون وتريليون وهكذا، أى أنها عادة ما تستخدم كنوع من تصوير رقماً كبيراً عن المعتاد مثل البليون وغيرها ويتوقف استخدامها ومن ثم فهمها طبقاً للسياق الذى ترد فيه ولكنها تعبر عن رقم كبير لدرجة عدم إمكان قياسه أو غير مفهوم جيداً للعقل البشرى العادى.
- ويفهم من ذلك أنها كلمة لا صلاحية لها من الناحية الرياضية أو أى نظام مقبول باعتبار أى منها ليس أكبر وأصغر من غيره.

- وثمة كلمات مشابهة عديدة مثل أنانليون **Ananillion**، وباجيلون **bajillion** وسكويليون **squillion** وجونليون **gonillion**، وأمبتيليون **umptillion**... إلخ.

المؤلف فى سطور :

بول ديفيز

- حصل على الدكتوراه من قسم الفيزياء بجامعة لندن عام ١٩٧٠، وشغل عدة مناصب أكاديمية متعددة بجامعة: كمبريدج ولندن ونيوكاسل وأديد وكوينزلاند وماكوير والكلية الملكية بلندن، كما يحمل ثمان عضويات بمنظمات علمية احترافية دولية، وخمسة أخرى بكل من أمريكا وأستراليا فضلاً عن الصفة الاستشارية لأكثر من ١٥ مؤسسة ومجلس إدارة ومراكز بحث ودور نشر ومعاهد جميعها تتصف بالصبغة العلمية.
- يشغل حالياً وظيفة أستاذ للفلسفة الطبيعية فى المركز الاستشارى للبيولوجيا الفلكية بجامعة ماكوير **Maquarie**.
- يكتب بشكل شبه منتظم لبعض الجرائد اليومية والصحف الدورية والمجلات البارزة فى عدة دول لتغطية مجالات علمية ووجهات النظر السياسية والاجتماعية للعلم والتكنولوجيا فضلاً عن عضويته فى المنتدى الاقتصادى العالمى **World Economic Forum**.
- أقام عدة مؤتمرات علمية بمعظم الجامعات المشار إليها حول الفلك والفيزياء والرياضيات - كما تشمل أوراقه البحثية والموضوعات الأثيرية لديه والتي تدل عليها عناوين كتبه الموجودة بقائمة كاملة هنا والتي بلغت أكثر من ٢٠ مؤلفاً ترجمت لأكثر من ٢٠ لغة.
- له باع طويل فى ميادين الإذاعة والتلفزيون مشاركاً فى حلقات نقاش ومتحدثاً فى سلسلة حلقات علمية تصل الحلقة فيها إلى ٤٥ دقيقة أذيعت فى الـ **BBC** والتي حققت نجاحاً ملحوظاً وتحولت إحداهما إلى كتاب حول نظرية "الأوتار الهائلة" والذى أكسبه زمالة الكتاب العلميين - كما شملت الحلقات موضوعات مثل: "مهد النشأة الأولى" و "الأسئلة الكبرى" و "مزيد من الأسئلة الكبرى".
- فاز بعدة جوائز علمية يصعب حصرها هنا ومن بينها مما تجب الإشارة إليه

فوزه بجائزة جامعة جنوب ويلز عام ١٩٩٢ عن كتاب العام العلمى وذلك عن مؤلفه المعنون "عقل الله" (وهو بحث علمى فى أصل الكون) (*) وفى عام ١٩٩٥ فاز بجائزة تمبلتون عن "التقدم العلمى" وهى أكبر جائزة دولية عن المجالات الإبداعية فى المجال والتي قدمها له الأمير فيليب بحفل أقيم فى كنيسة ويستمنستر أمام جمع من الحضور فى حدود ٧٠٠ مدعو.

• ربما لجميع هذه الأنشطة انتخب عام ١٩٩٩ عضواً بالجمعية الملكية للأدب.

• فوق ذلك كله - ومعه - اكتسب خبرات معتبرة فى مجال إدارة الكليات والمعاهد العلمية والتدريس بها، فضلاً عن العديد جداً من الأوراق البحثية التي يعد من أبرز إنجازاتها ما يلي:-

١. نجح فى وضع مخطط لفهم فكرة "فيزياء تماثل الزمن قبلاً والآن" مما ساعد على إحداث تقدم ما فى هذا الموضوع "سهم الزمن".

٢. وجد مع آخرين فى منتصف السبعينات أن ثمة فوتونات تنتج من استئثاره سطح عاكس بشكل عنيف ورغم ضعف تأثير الظاهرة فقد أثمرت فى مجال ظهور ومضات ضوء أو صوت داخل وسط سائل.

٣. توصل إلى حالة أو وضع أبسط مشابه لما أعلنه هوكنج من أن الثقوب السوداء ليست كذلك وإنما بالنسبة لملاحظ بعيد تنفت حرارة راديوية، وهو النموذج الذى وصل إلى مثله بعد عام ويليام أورو **William Uuruh** وهى الظاهرة التى أصبحت تعرف بـ "تأثير أورو" وأحياناً بـ "تأثير أورو / ديفيز" وذلك منذ منتصف السبعينات من القرن الماضى.

(*) قمت بترجمة أيضاً للغة العربية ، ومن مراجعة أ.د. عبد الرحمن عبد الله الشيخ فى السياق الدينى للكتاب و أ.د. عادل أبو المجد فى سياقته العلمى - وهو حالياً من إصدارات المركز القومى للترجمة تحت الطبع بعنوان "الاقتراب من الله". (المترجم)

٤. اكتشف مع آخرين أيضاً أن الظاهرة التي يطلق عليها أساساً الشذوذ فى البعد الزاوى لكوكب سيار فى أقرب نقطة له إلى الشمس تمثل إخراجاً لمحتوى مجالات الكم فى تفاعلها مع مجالات أخرى.

٥. فى منتصف السبعينيات أيضاً وضع بالمشاركة مع تلميذه تيم بنش **Tim Bunch** ما يعرف باسم "الحالة الفراغية الكمية لبنش / ديفيز".

٦. وفى عام ١٩٧٧ اكتشف حقيقة مهمة عن خواص الديناميكا الحرارية للتقوب السوداء.

٧. فى عام ١٩٨١ عثر على حل ممكن للمعضلة الدائمة للكون والمعروفة حالياً باسم "معضلة الطاقة السوداء".

٨. فى بداية التسعينيات اقترح أن الحياة ربما بدأت فوق كوكب المريخ ثم انتشرت فوق الأرض (أو العكس) على صخور قذفت بها بواسطة مذنبات هائلة صنعت أى منهما، وبعد سنوات من التشكك فى هذا الاقتراح نوقش الأمر موسعاً بمعرفة جى ميلوش **Jay Melosh** ولكن الفكرة الرئيسية أصبحت مقبولة من قبل علماء البيولوجيا الفلكية.

٩. فاز عام ٢٠٠٢ بجائزة ميشيل فاراداي **Michael Faraday**.

أعمال المؤلف Books

"The Physics of Time Asymmetry" Surrey University Press / University of California Press (1974).

"Space and Time in the Modern Universe" Cambridge University Press (1977).

"The Runaway Universe" J. M. Dent (1978).

- "The Forces of Nature"** Cambridge University Press (first edition 1979; second edition 1986).
- "Other Worlds"** (UK server) J. M. Dent (1980).
- "The Edge of Infinity"** J. M. Dent (1981).
- "The Search for Gravity Waves"** Cambridge University Press (1980).
- "The Edge of Infinity"** (UK server) J. M. Dent (1981); revised edition, Penguin (1994).
- "The Accidental Universe"** Cambridge University Press (1982).
- "Quantum Fields in Curved Space"** (with N.D. Birrell) Cambridge University Press (1982).
- "God and the New Physics"** (UK server) J. M. Dent (1983).
- "Superforce (UK server)"**. Heinemann (1984); revised edition, Penguin (1995).
- "Quantum Mechanics"** Routledge & Kegan Paul (1984); second edition, Chapman & Hall (1994).
- "The Ghost in the Atom"** (with J. R. Brown) Cambridge University Press (1986).
- "Fireball"** Heinemann (1987).
- "The Cosmic Blueprint"** (UK server) Heinemann (1987); revised edition, Penguin (1995).

"Superstrings: A Theory of Everything?" (with J.R. Brown).
Cambridge University Press (1988).

"The New Physics" (ed.) Cambridge University Press (1989).

"The Matter Myth" (UK server) (with J. Gribbin) Simon & Schuster ? Viking (1991).^(*)

"The Mind of God" (UK server) Simon & Schuster ? (1992).

"The Last Three Minutes" Basic Books / Weidenfeld & Nicolson (1994).^(**)

"About Time" (UK server) Simon & Schuster ? Viking (1995).

"Are We Alone ?" (UK server) (1995).^(***)

"The Big Questions": Paul Davies in Conversation with Phillip Adams Penguin (1996).

"More Big Questions". ABC Books (1998).

"The Fifth Miracle" (UK server) Penguin / Viking (1998).

"How to Build a Time Machine" Penguin 2001.

"The Origin of Life" Penguin Books 2004 – Arevised and detailed edition of his book "The Fifth Miracle".^(****)

(*) ترجمه للعربية م. على يوسف على بعنوان : المادة الأسطورة - من إصدار الألف كتاب الثانية (المترجم)

(**) ترجمه للعربية أ. هاشم أحمد هاشم بعنوان : الدقائق الثلاث الأخيرة . (المترجم)

(***) ترجمه للعربية د . السيد على بعنوان : المفهوم الحديث للرفان والمكان (المترجم)

(****) قمت بترجمته للعربية بعنوان : أصل الحياة من مراجعة أ.د. عادل أبو المجد وهو حالياً من

إصدارات المركز القومي للترجمة تحت الطبع . (المترجم)

المترجم فى سطور :

"منير شريف"

- من مواليد ١٩٣٩ بالمنصورة محافظة الدقهلية .
- حاصل على ليسانس الحقوق من جامعة عين شمس فى يناير ١٩٦١ .
- وأىضا على ليسانس الآداب قسم فلسفة من جامعة القاهرة فى مايو ١٩٧٣ .
- ودبلوم المعهد العالى للنقد الفنى بأكاديمية الفنون صيف ١٩٨٥ .

المراجع في سطور:

عادل يحيى أبوالمجد

المؤهلات العلمية:

- دبلوم في الفيزياء النظرية النووية من جامعة موسكو (روسيا) ١٩٦٣.
- دكتوراه الفلسفة **Ph.D.** في الفيزياء الرياضية من جامعة خاركوف (أوكرانيا) ١٩٩٦م.
- دكتوراه العلوم **D.Sc.** في الفيزياء النظرية من جامعة القاهرة ١٩٧٩م.

الوظائف:

- تدرج في الوظائف من معيد إلى أستاذ مروراً بهيئة الطاقة الذرية وكلية العلوم جامعة القاهرة وجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، وأستاذاً زائر بمعهد ماكس بلانك للفيزياء النووية بهایدلبرج بألمانيا ثم جامعة ويسكونس بالولايات المتحدة الأمريكية، ثم أستاذاً بقسم الرياضيات بكلية العلوم جامعة الزقازيق وخلال ذلك معاراً إلى جامعة الإمارات العربية المتحدة أستاذاً بقسم الرياضيات.
- وحالياً أستاذ للفيزياء بكلية الهندسة جامعة سيناء.

عضوية الجمعيات العلمية:

- عضو مشارك بالمركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا بإيطاليا منذ ١٩٦٨م.
- زميل جمعية ألكسندر فون هومبولدت في بون بألمانيا منذ ١٩٧٤م.
- عضو للجنة الاستشارية بالمعهد الدولي للفيزياء النظرية والتطبيقية في "أيوا" بالولايات المتحدة الأمريكية منذ ١٩٩٥م.

الجوائز والأوسمة:

- جائزة الدولة التشجيعية للعلوم الفيزيائية مرتان أعوام ١٩٦٩م، ١٩٧٧م.
- وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٧١م.
- وسام الاستحقاق من الطبقة الثانية عام ١٩٧٩م.
- حصل مؤخراً على جائزة الدولة للتفوق العلمي عن عام ٢٠٠٨

التصحيح اللغوى : نهاد فهمى

الإشراف الفنى : حسن كامل

راودت عقول مؤلفي الخيال العلمي ومن ثم العلماء، خاصة في الفيزياء النظرية وعلوم الفلك، فكرة ابتكار "آلة زمن" تستطيع أن تركيبها وتضغط على بعض الأزرار فتنتقل بك المركبة إلى أي عصر تكون قد اخترته سواء في الماضي أو المستقبل وتطلع بالتالي عليه، بل تعيش مجرياته بما فيه الالتقاء بمن تريد إحياءه كالمسيح مثلاً أو يوليوس قيصر... إلخ.

ولقد بدأت تتبلور هذه الأحلام من نهايات القرن 19 بل ربما قبله، ثم جاء عصر التسارع العملي بكل زخمه وإنجازاته المفرطة التزايد، خاصة منذ منتصف القرن العشرين حتى الآن؛ حيث أصبح الحلم قابلاً للتحقيق من خلال المعادلات الرياضية ونماذجها. وعبر الفروض الفيزيائية المعتبرة تجريبياً. هذا وإن استحالة تنفيذه عملياً نظراً لاحتياجه مادياً إلى كم من الأموال يصعب تصوره، فضلاً عن مزيد من البحث والتجريب. وفي هذه الأخيرة يتسابق العلماء يحدوهم الأمل في تحقق ذلك يوماً في قابل الأيام مهما قرب أو نأى.

وها هنا ومع اضطراد صفحات الكتاب يصحبك المؤلف في رحلة قصيرة نوعاً ما، يستعرض معك فيها كل الأفكار التي تناولت الموضوع منذ البدء حتى الآن سواء في الخيال العلمي - حتى الأفلام السينمائية - أو المبادئ العلمية التي تحكم الأمر برمته، ويذهب إلى أبعد من ذلك؛ حيث يحدد مكونات المصنع الذي سينتج هذه الآلة المستحيلة!

