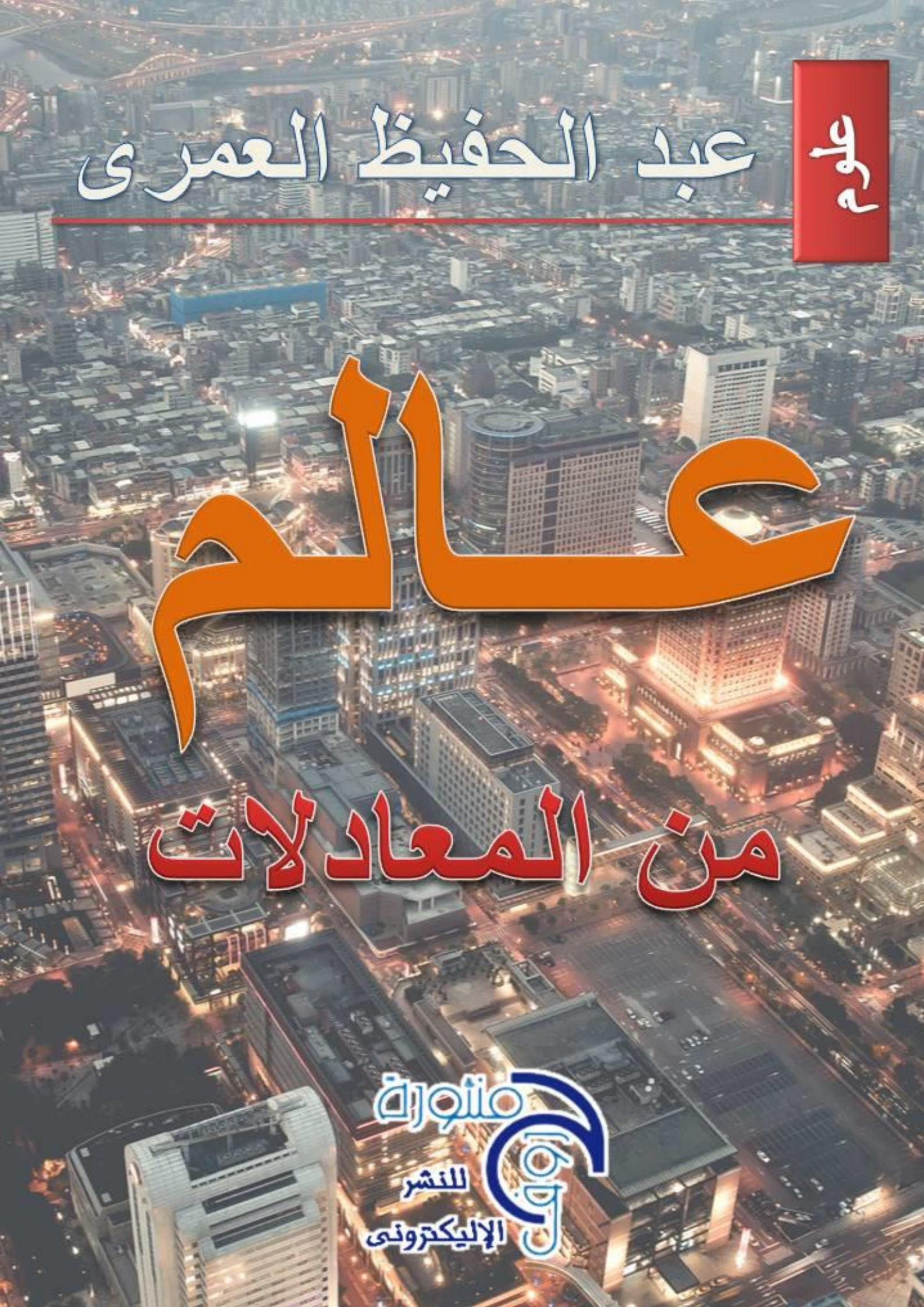

عبد الحفيظ العمرى
عالم
من المعادلات
منتورة
للنشر
الإليكترونى

**نوع العمل: علمى**

**اسم العمل: عالم من المعادلات**

**اسم المؤلف: عبد الحفيظ العمرى**

**الناشر: حروف منثورة للنشر الإليكترونى**

**الطبعة: الأولى إبريل ٢٠١٥**

**تصميم الغلاف و التنسيق الداخلى: مروان محمد**

**تفضلوا بزيارة موقعنا حروف منثورة للنشر الاليكترونى على الرابط التالى:**

**http://herufmansoura٢٠١١.wix.com/ebook**

**كما يمكنكم مراسلاتنا بأعمالكم على الإيميل التالى:**

**Herufmansoura٢٠١١@gmail.com**

# عالَم من المعادلات

## ومقالات أخرى

ترجمة المهندس/ عبدالحفيظ العمري

# مقدمة

في هذا العمل نطوف عبر عالمنا الذي تبدو فيه المعادلات كتساؤلات تقضّ مضاجع الفيزيائيين وهم يرون أول آثار كمومية تظهر على عالمنا العياني المشاهَد ..

وتقود تلك المعادلات العلماء في رحلة بحث عن أبعاد إضافية لهذا الكون بعد أن لوّح أحدهم لنظرية كل شيء قائلاً:- وداعاً !

المعادلات التي أظهرت مصداقيتها كثر من مرة ؛فها هي التجارب تظهر مصداقية معادلات هيجز باكتشاف جسيم بوزون هيجز أخيراً هناك في سيرن ..

وتذكرنا بمصداقيتها مع انحراف الضوء حول الشمس أثناء كسوف عام ١٩١٩م الذي كان اختباراً عمليات لمعادلات نظرية النسبية العامة لأينشتاين..

فجاءت النتائج تماماً كما توقعت معادلات أينشتاين..

فهل تحكم المعادلات عالمنا ؟

سؤال يطرح نفسه بقوة خصوصاً أننا نتأرجح ضمن نظريات تظهر كوننا حتمي وأخرى تظهره احتمالي ؟!

هذا الكون الذي فيه حتى المادة المضادة لها أسرار لا تبوح بها إلا عبر المعادلات !

يقول إيان ستيوارت عالم رياضيات في جامعة وارويك في المملكة المتحدة:- " تأثير المعادلات على التأريخ يذهب إلى أبعد من ذلك بكثير، فيمكن لمعادلة ثورية حقاً أن يكون لها تأثير أعظم على الوجود الإنساني من كلّ الملوك والملكات الذين تملأُ مكائدهم كتب تأريخنا."

فلا غرابة إذن إذا اكتشفنا في نهاية المطاف أننا نعيش في عالَم من المعادلات !

***

## الفهرس


١- سبعة أسئلة تقض مضاجع علماء الفيزياء

٢- أول آثار كمية تبدو على أجسام مرئية

٣- البحث عن أبعاد إضافية

٤- الكون غير التام : نظرية كل شيء .....وداعا

٥- المعادلات تحكم عالمنا

٦- موسيقى الثقب الأسود

٧- خمسة أسرار عظمى للمادة المضادة

٨- النسبية والكون

٩- السيرة الذاتية

# سبعة أسئلة تقض مضاجع علماء الفيزياء

ليس معرضًا لاعترافك العادي : بل مجموعة من كبار علماء الفيزياء يتحدثون عن الأسئلة التي تجعلهم يسهرون إلى وقت متأخر جدا.

هكذا كان المشهد منذ بضعة أيام أمام القاعة المكتظة في معهد perimerer في واترلو بكندا، عندما طُلب من مجموعة من علماء الفيزياء الرد على سؤال واحد : "ما الذي يُبقيك مستيقظاً في الليل؟ "

المناقشة كانت جزءًا من مؤتمر "الكمية إلى الكونية" Quantum to Cosmos ، الذي بدأ يوم ٢٠٠٩/١٠/٨م، وكانت عشرة أيام من روعة الفيزياء ،الذي انتهى يوم الأحد ٢٠٠٩/١٠/١٨م.

في حين زعم معظم المشاركين أنهم يستغرقون في نوم عميق ، كانت هذه هي الأسئلة السبعة الرئيسية التي برزت خلال المناقشة .

## ١/ لماذا هذا الكون؟

في مسعى الفيزيائيين لمعرفة قوانين الطبيعة الأساسية ، لا زالوا يعملون جوهرياً ضمن إطار براديم (نموذج للعمل) قديم العهد: الذي يبدي لماذا يجب أن يكون الكون كما نراه.

لكن إذا كانت هناك قوانين أخرى يمكن أن نفكر بها ، فلماذا لا يمكن للأكوان الموصوفة بها أن توجد في مكان آخر؟

يقول شون كارول Sean Carroll من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا "ربما لن نجد هناك بديل آخر للكون الذي نعرفه، لكني أظن أن ذلك ليس صحيحًا".

يجد كارول من السهولة تصوّر أن الطبيعة تسمح بأنواع مختلفة من الأكوان بقوانين مختلفة، فيقول " لذا في كوننا،

*يقول شون كارول Sean Carroll من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا "ربما لن نجد هناك بديل آخر للكون الذي نعرفه، لكني أظن أن ذلك ليس صحيحًا".*

يصبح السؤال لماذا هذه القوانين وليست قوانين أخرى؟".

## ٢/ مما يُصنع كل شيء؟

أصبح واضحاً الآن أن المادة العادية -الذرات والنجوم والمجرات- تشكل الـ ٤ في المائة البسيطة من إجمالي طاقة الكون الكلية، لكن الـ ٩٦ في المائة الأخرى هي التي تشغل بال فيزيائية جامعة ميتشيجن كاثرين فريز Katherine Freese .

فريز مهتمة بجانب من الموضوع، وهو طبيعة المادة المظلمة dark matter, التي ربما تقترب من الحل، إذ تشير فريز بذلك إلى البيانات الجديدة من التجارب مثل القمر الصناعي فيرمي التابع لناسا NASA's Fermi satellite، هذه البيانات التي تنسجم مع فكرة أن جسيمات المادة المظلمة في مجرتنا تبيد بعضها البعض بمعدل قابلة للقياس ، والتي تباعًا يمكن أن تبوح عن خصائصها، لكن اكتشاف الطاقة المظلمة dark energy -التي تبدو كأنها تزيد من سرعة توسع الكون -أثار مجموعة واسعة جديدة من الألغاز التي لا توجد لها

إجابات فورية تلوح في الأفق، من ضمنها طبيعة الطاقة المظلمة نفسها، ومسألة لماذا قيمتها صغيرة بشكل غير عادي، مع ذلك تسمح بتشكيل المجرات والنجوم ونشوء الحياة.

## ٣/ كيف يحدث هذا التعقيد؟

من السلوك الذي لا يمكن التنبؤ به في الأسواق المالية إلى ظهور الحياة من المواد الخاملة، ليو كادنانوف Leo Kadananoff, عالم الفيزياء والرياضيات التطبيقية في جامعة شيكاغو يرى أن القضايا الاكثر جاذبية هي ما تبحث في مسألة ظهور الأنظمة المعقدة، لكن ما يقلق كادنانوف أن علماء فيزياء الجسيمات وعلماء الكونيات يفوتهم عمل بارع مهم إذا كان تركيزهم

*من السلوك الذي لا يمكن التنبؤ به في الأسواق المالية إلى ظهور الحياة من المواد الخاملة، ليو كادنانوف Leo Kadananoff, عالم الفيزياء والرياضيات التطبيقية في جامعة شيكاغو يرى أن القضايا الاكثر جاذبية هي ما تبحث في مسألة ظهور الأنظمة المعقدة*

فقط على الجزيئات الصغيرة جدًا والكبيرة جدًا.

يقول كادنانوف "ما زلنا لا نعرف كيف تعمل نافذة زجاجية عادية وتحافظ على شكلها، فإن التدقيق في الأشياء المألوفة يكون مهمًا أيضًا في البحث عن المعرفة."

الحياة نفسها - كما يقول- ستصبح مفهومة فقط بدقة، بفك شفرة كيفية أن عناصر بسيطة مع تفاعلات بسيطة يمكن أن تؤدي إلى ظواهر معقدة.

## ٤/ هل نظرية الأوتار ستثبت أنها صحيحة أكثر من أي وقت مضى ؟

فيزيائي كامبردج ديفيد تونج David Tong متحمس للجمال الرياضي لنظرية الأوتارstring theory ، وهي فكرة أن الجسيمات الأساسية التي نلاحظها ليست نقاط مثل الدوت dot، وإنما أوتار صغيرة جدًا.

لكن يعترف تونج أن النظرية أوصلته- ذات مرة- إلى أزمة فلسفية، عندما أدرك أنه قد يعيش حياته كلها لا يعرف ما إذا كانت النظرية تمثل فعلاً وصفًا لكل الحقيقة، لأن التجارب مثل مصادم الهادرون الكبير Large Hadron Collider والقمر الصناعي بلانك Planck satellite - حينما وضعت بشكل جيد لتكشف عن الفيزياء الحديثة - فمن غير المحتمل أن تقول أي شيء حاسم حول الأوتار.

*لكن يعترف تونج أن النظرية أوصلته- ذات مرة- إلى أزمة فلسفية، عندما أدرك أنه قد يعيش حياته كلها لا يعرف ما إذا كانت النظرية تمثل فعلاً وصفًا لكل الحقيقة، لأن التجارب مثل مصادم الهادرون الكبير Large Hadron Collider والقمر الصناعي بلانك Planck satellite*

يجد تونج العزاء في معرفة أن أساليب نظرية الأوتار يمكن جلبها للتأثير على مواضيع أقل أساسية، مثل سلوك الكواركات quarks والمعادن الغريبة.

يقول تونج "إنها نظرية مفيدة ،لذلك أنا أحاول أن أركّز على ذلك."

## ٥/ ما هي المفردة singularity؟

يرى نيل توروك Neil Turok -عالم الكونيات ومدير معهد Perimeter- أن اللغز الأكبر هو الذي بدأ كل شيء، إنه الانفجار العظيم big bang.

تشير النظرية التقليدية عن الانفجار العظيم إلى حالة ساخنة وكثيفة بشكل لانهائي في بداية الكون، حيث القوانين المعروفة في الفيزياء تتعطل.

يقول توروك "إننا لا نعرف كيف نصف ذلك، وكيف يمكن لأحد أن يدعي أن لديه نظرية كل شيء دون ذلك؟ "

يأمل توروك في نظرية الأوتار والتطور ذي الصلة المعروف باسم "مبدأ الهولوجرام holographic principle " (التصوير ثلاثي الأبعاد)، الذي يعرض المفردة في ثلاثة أبعاد يمكن ترجمتها إلى كيان رياضي سهل الانقياد أكثر في بعدين (والذي قد يدل ضمنًا على أن البعد الثالث والجاذبية نفسها خادعان).

يقول توروك "هذه الأدوات تعطينا طرق جديدة للتفكير حول هذه المسألة ، أدوات مقنعة للغاية بالمعنى الرياضي."

## ٦/ ما هو الواقع فعلاً ؟

قد يستعصي العالم المادي على الفهم - إلى مستوى ما- لكن انطون زيلنجر Anton Zeilinger أستاذ الفيزياء في جامعة فيينا، متفائل بشكل كبير أن الفيزيائيين لم يخدشوا سوى سطح شيء كبير جداً.

قد يستعصي العالم المادي على الفهم - إلى مستوى ما- لكن انطون زيلنجر Anton Zeilinger أستاذ الفيزياء في جامعة فيينا، متفائل بشكل كبير أن الفيزيائيين لم يخدشوا سوى سطح شيء كبير جداً.

زيلنجر متخصص في تجارب الكم التي تبدي التأثير الواضح للمراقبين في تشكيل الواقع الملموس.

يقول "ربما الانجاز الحقيقي سيأتي عندما نبدأ في إدراك الروابط بين الواقع والمعرفة وأعمالنا."

هذا المفهوم معقد وصعب فهمه، ولكنه راسخ في الممارسة العملية، فقد أظهر زيلنجر وآخرون أن الجسيمات التي يتم فصلها على نطاق واسع يمكن – بطريقة

ما- أنّ لها حالات كمومية مترابطة، لذا فمراقبة جسيمة يؤثر على نتيجة الأخريات.

برغم ذلك، لا أحد إلى الآن استطاع فهم كيف أن الكون يبدو مُدركاً عندما تتم مراقبته.

## ٧/ إلى أي مدى يمكن أن تأخذنا الفيزياء؟

ربما السؤل الاكبر من كل ذلك ،هو عمّا إذا كانت عملية البحث التي كشفت الكثير عن الكون منذ عصر جاليليو وكيبلر تقترب من نهاية الشوط.

يقول لورانس كراوس Lawrence Krauss من جامعة ولاية أريزونا " أنا قلق عما إذا كنا قد وصلنا إلى حدود العلم التجريبي"، على وجه التحديد ، يتساءل كراوس هل يتطلب معرفة عوالم أخرى - مثل تلك التي طرحها كارول - لنفهم لماذا كوننا على ما هو عليه، فإذا كانت مثل تلك المعرفة من المستحيل الوصول إليها، فهذا قد يعني نهاية لتعميق فهمنا أكثر من ذلك.

يقول توروك " هذا هو بالضبط السبب في وجود معهد Perimeter ، للاستفادة من تفكير ألمع العقول الشابة على مستوى العالم في بيئة غير مقيدة ،عن طريق تحسين الظروف للتفكير الخلاق فإنه من الممكن تجنب مثل هذا المأزق، لقد اعتدنا على التفكير في الفيزياء النظرية بشكل غير جوهري، فنحن بحاجة إلى أن نسأل ما إذا كانت هناك وسيلة أكثر إستراتيجية لتسريع الفهم والاكتشاف."

*يقول توروك " هذا هو بالضبط السبب في وجود معهد Perimeter ، للاستفادة من تفكير ألمع العقول الشابة على مستوى العالم في بيئة غير مقيدة ،عن طريق تحسين الظروف للتفكير الخلاق فإنه من الممكن تجنب مثل هذا المأزق*

***

ربما بعد ذلك، كل أولئك الفيزيائيين القلقين أخيرًا يمكن أن يرتاحوا بعض الشيء - أو على الأقل يصبحون أقل قلقاً.

***

## مصدر المقال :

http://www.newscientist.com/article/dn١٨٠٤١-seven-questions-that-keep-physicists-up-at-night.html?full=true#.VMUJhi٧SlWo

رجوع للفهرس

***

# أول آثار كمية تبدو على أجسام مرئية

هل قطة شرودنجر موجودة حقا؟

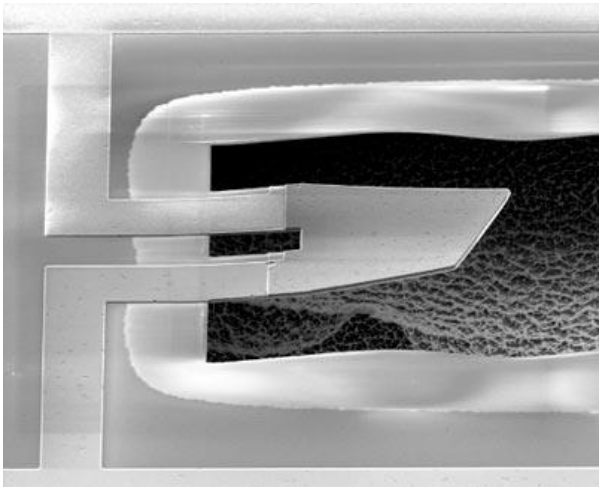
بالتأكيد!

فقد لوحظ أول تراكب كمي quantum superpositionفي جسم يمكن رؤيته بالعين المجردة.

آرون أوكونيل وزملاؤه في جامعة كاليفورنيا في سانتا باربرا ، في الواقع لم يعرضوا قطًا كان ميتًا وحيًا في الوقت نفسه - كما أقترح شرودنجر في تجربته الذهنية سيئة الصيت منذ ٧٥ عاما - لكنهم أظهروا شريطًا رنانًا ضئيلاً من المعدن - بطول ٦٠ ميكرومتر فقط ، ولكن كبير بما يكفي لرؤيته بدون المجهر - يمكن أن يتذبذب ولا يتذبذب في نفس الوقت. للأسف ، لا يمكنك أن ترى في الواقع التأثير الحادث ، لأن هذا التصرف للملاحظة بالذات من شأنه إخراج هذا الشريط من حالة التراكب.

يقول أوكونيل - الذي قدم النتائج في اجتماع مارس هذا العام(٢٠١٠م) للجمعية الفيزيائية الأميركية في بورتلاند بولاية أوريجون- : " نتحدث عن غرابة كمية وأشياء تكون في مكانين في آن واحد ، ولكنها كلها تتضمن الذرات والجزيئات ، مواد نحن عادة لا نتعامل معها."

*يقول أوكونيل - الذي قدم النتائج في اجتماع مارس هذا العام(٢٠١٠م) للجمعية الفيزيائية الأميركية في بورتلاند بولاية أوريجون- : " نتحدث عن غرابة كمية وأشياء تكون في مكانين في آن واحد ، ولكنها كلها تتضمن الذرات والجزيئات ، مواد نحن عادة لا نتعامل معها."*



**شكل الشريط الرنان**

## جسر بين عالمين

يبرهن ذلك على أن جميع الاجسام - أيًا كان حجمها - تطيع القواعد نفسها التي

منذ فترة طويلة كانت هدفًا للفيزيائيين، ولكن مع ميكانيكا الكم إنها ليست مسألة تافهة : إن الجسم الأكبر أكثر سهولة في حالته الكمية الهشة يكون متحطمًا بتأثير هدّام من العالم من حوله. تجارب أوكونيل تتطلب سيطرة دقيقة ودرجة حرارة تساوي ٢٥ مللي كالفن فقط لقياس الحالة في بضعة نانو من الثواني قبل أن تتحطم بالتأثيرات المدمرة من الخارج.

يقول ماركوس Aspelmeyer من جامعة فيينا ، النمسا ، الذي لم يشارك في الأبحاث: "لقد كانت مربكة، ولكن كافية لأن نرى أول مؤشر كمي."

كان المفتاح الرئيسي بربط الشريط الرنان إلى كيوبت qubit فائقة التوصيل (الكيوبت هي دارة كهربائية صغيرة يمكن بسهولة أن تكون مجهزة في تراكب كمي في حالتين من الطاقة). يقول أوكونيل: "إن qubit تعمل كجسر بين العالمين المجهري والعياني."

بواسطة توليف التردد الذي يدير الكيوبت بين حالتيها للتشابه مع تردد الرنين للشريط المعدني فحالة الكيوبت الكمية يمكن أن ُتنقل إلى الشريط الرنان كيفما نشاء.

وعندما تقاس بعد ذلك فإن الشريط الرنان كان في بعض الأحيان في حالته الخامدة غير متذبذبة وأحيانًا في حالة تذبذب "مثارة" ، إن عدد المرات التي كانت مقاسه وجدت في كل حالة مطابقة للقواعد الاحتمالية لميكانيكا الكم.

## هل القادم هو القط؟

يقول أوكونيل: "إنه مثل أن لديك أرجوحة طفل التي تتحرك ذهابًا وإيابًا، لقد دفعنا الأرجوحة ولم ندفعها في نفس الوقت!"

*يقول أوكونيل: "إنه مثل أن لديك أرجوحة طفل التي تتحرك ذهابًا وإيابًا، لقد دفعنا الأرجوحة ولم ندفعها في نفس الوقت!"*

يقول خالد كاراي Karrai من جامعة لودفيغ ماكسيميليان ميونيخ ، ألمانيا: "هذا هو التحدي والعمل الخلاق فإذا كان ذلك صحيحًا فإنه تطور هام."

قطة شرودنجر ستكون من المستبعد أن تنجو من درجات الحرارة شديدة البرودة

لمثل هذه التجارب ، لذلك ربما لا تكون المعلم المقبل للبحث عنه ، ولكن الآن لقد ثبت التأثير المرعب لفيزياء الكم على الأجسام المرئية ، فهل يمكننا أن نتوقع ما يكون وضع جسم كبير مثل طفل حقيقي في أرجوحة في حالة كمية غير معروفة في أي وقت قريب؟

أوكونيل يعتقد ذلك "أريد أن أقول في المستقبل القريب - في السنوات الـ٢٠ المقبلة."

***

## مصدر المقال:

-

http://www.newscientist.com/article/dn١٨٦٦٩-first-quantum-effects-seen-in-visible-object.html

-http://physicsworld.com/cws/article/news/٤٢٠

رجوع للفهرس

***

# البحث عن أبعاد إضافية

نواجه ثلاثة أبعاد مكانية في الطبيعة: الطول والعرض والارتفاع ، بالإضافة إلى ذلك ندرك الزمن كبُعد رابع، لكن بعض الفيزيائيين النظريين خمّنوا بإمكانية وجود أبعاد مكانية "إضافية" زيادة على الأبعاد الأربعة الزمكان العادية ، بالرغم من أنّها صغير جداً لرؤيتها بالعين المجرّدة.

الآن بوصول البياناتِ الجديدة من مصادم الهادرون الكبير (LHC) في سيرن قرب جنيف في سويسرا، بالإضافة إلى تجارب الأخرى في فيزياء الجسيمات وفيزياء الجسيمات الفلكية astroparticle ، لربما يكون من الممكن الإجابة عن سؤال أساسي إذا ما كانت هذه الأبعاد المكانية الإضافية موجودة.

كان أول من اقترح فكرة أن الزمكان يمكن أن يكون أكثر من أربعة أبعاد هو عالم الرياضيات والفيزيائي الألمانيِ ثيودور كالوزا Kaluza والفيزيائي النظري السويدي اوسكار كلاين Oskar Klein في أوائل القرنِ العشرينِ. في ١٩٢١م؛ نشر كالوزا مقالة التي فيها وسّع نظريةَ أينشتاين للنسبية العامّة (التي ما زالت أفضل وصف معروف للجاذبية) من أربعة إلى خمسة أبعاد، وأفترض كلاين في ١٩٢٦م بأنّ البُعد المكاني الرابع الإضافي مُلتف في دائرة بنصف قطر صغيرِ جداً - البُعد الإضافي منحني حول نفسه وقيل أنه "مضغوط". في الحقيقة، يُمكن أَن يظهر بأنّ خمسة أبعاد في الزمكان يُمكن أَن تنفصل عن نظرية أينشتاين للجاذبية في أربعة أبعاد ونظرية ماكسويل للكهرومغناطيسية. لهذا السبب، النموذج الفيزيائي الذي يحاول تَوحيد القوى الأساسية للجاذبية والكهرومغناطيسية يعرف بنظرية كالوزا- كلاين –Kaluza

Klein theory (نظرية KK)، بالرغم أنه في الوقت الحاضر تُستعمل نظرية KK للإشارة إلى أيّ نظرية بالأبعاد المكانية الإضافية.

*إن المحاولة لتصور الأبعاد الإضافية المكانية ليست بديهية على الإطلاق، إذ كيف يمكن أن يكون هناك أي شيء ذو بعد آخر غير الأمام والخلف و اليمين واليسار والأعلى والأسفل؟*

إن المحاولة لتصور الأبعاد الإضافية المكانية ليست بديهية على الإطلاق، إذ كيف يمكن أن يكون هناك أي شيء ذو بعد آخر غير الأمام والخلف و اليمين واليسار والأعلى والأسفل؟

تناظر واحد يساعد على فَهْم هذا ؛ بأَن تفترض حبل بهلوان يُنظر إليه من بعيد ، مثل مراقبة إنسان يتوازن على الحبل، هو قد يبدو محتمل التحرك للأمام والخلف فقط، بالنظر عن قرب- من وجهة نظر نملة مثلاً محتمل أن تتحرك على طول الحبلِ وأيضاً حوله. بالطريقة نفسها، الأبعاد الإضافية يُمكن أَن تكون

مخفية عن شخص ما الذي ينظر إليها من مسافة كبيرة مقارنة بحجمها.

أما بالنسبة إلى كيف أن الأبعاد الإضافية يُمكن أَنْ تَكْشف عن نفسها، فالدراسة التجريبية للجسيمات الأساسية هي السبيل الأكثر واعدة بذلك. إن طاقة الجسيمة في فضاء ثلاثي الأبعاد تشمل طاقة السكون لكتلتها، والطاقة الحركية لحركتها حسب معادلة اينشتاين المشهورة $E = mc^2$، فإذا الأبعاد الإضافية موجودة، فالجسيمة سيكون عندها حرية أكثر لتتحرّك ولذا يُمكن أَن تحصل على حصة مستقلة وإضافية إلى طاقتها الحركيّة، ولأننا لا نلاحظ حركة الجسيمة على طول البُعد الإضافي، فنحن نُترجم هذه الطاقة الحركيّة كجزء من طاقة

سكونها، أَو بكلمة أخرى كتلة الجسيمة.

بالنسبة لنا، الجسيمة لا تبدو مثل جسيمة واحدة، لكن مجموعة جسيمات – كل الكتل المختلفة. كلما زادت سرعة الجسيمات التي تتحرك على طول البعد الإضافي ، ستبدو الزيادة في الكتلة الظاهرة، فيبيّن ذلك أن كتلة كلّ جسيمة مرتبط بكتلة الجسيمة في السكون في البُعد الإضافي. نفترض بأنّ جسيمات النموذج القياسي Standard Model عند السكون تكون في البُعدِ الإضافيِ، و لكلّ هذه الجسيمات المعروفة هناك يُمكن أَن نجد نسخ منها أثقل التي لحدّ الآن لم تكتشف.

*الجسيمة لا تبدو مثل جسيمة واحدة، لكن مجموعة جسيمات – كل الكتل المختلفة. كلما زادت سرعة الجسيمات التي تتحرك على طول البعد الإضافي ، ستبدو الزيادة في الكتلة الظاهرة، فيبيّن ذلك أن كتلة كلّ جسيمة مرتبط بكتلة الجسيمة في السكون في البُعد الإضافي*

إن الجسيمات المعروفة "بجسيمات KK "، يُمكننا أَن نرتّبَ كلّ مجموعة منها في "برج KK " تخطيطي، بحيث أن كل جسيمة بكتلتها حسب النموذج القياسي مضاف لها البعد الإضافي. على سبيل

المثال، يُمكننا أَن نتخيّل الإلكترون، الذي هو جسيمة نموذج القياسي ، يطابق ضمن برج KK للإلكترونات KK الأثقل.

نظريات KK مثيرة للاهتمام لعدّة أسباب؛ ربما أهمية ذلك أنها يمكن أن تستعمل لمعالجة عدّة من عيوب النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، الذي هو حاليا أفضل وصف للعالَم تحت الذري، على الرغم من ذلك، به عدد من المشاكل التي تُشير للحاجة لتحسينه، ذلك التحسين الذي يمكن لنظريات KK القيام بذلك، بحيث تتضمن النظريات الأخريات، على سبيل المثال السمترية الفائقة supersymmetry ، التي تتوقّع بأنّ لكلّ جسيمات النموذج القياسي هناك شقيق "sparticle"أثقل، ونظريات التوحيد الكبيرة grand unified theories ، التي فيها التفاعلات الكهرومغناطيسية والضعيفة والقوية تُعتبر سمات مختلفة لقوة وحيدة.

## عيوب النموذج القياسي

بين المشاكل الأكثر شهرة في النموذج القياسي تلك الملاحظات التي تبدي كيف أن تحرّك المجرات يعطينا كمية كبيرة من الشواهد بأن هناك مادة أكثر في الكون من التي يمكن أن نراها، هذه المادة الإضافية أُطلق عليها "المادة

المُظلمة"dark matter، بالرغم من أن مصطلح "مادة مخفية" ربما يكون تعبير أفضل، لأنها ليست مرئية ( لَيست "مضيئة") كالمادة العادية.

التيار السائد الأكثر معقولية لحلِّ هذه المشكلة هو أن المادة المُظلمة مكونة من الجزيئات التي تتفاعل بشكل ضعيف جداً مع الضوء، ولكن المشكلة في هذا الحل، من وجهة نظر فيزياء الجسيمات، هو أنّه ولا واحدة من الجسيمات المعروفة في النموذج القياسي يُمكن أَن تتكون منها المادة المظلمة، لكن في بعض نظريات KK تبين بأنّ بعض من جسيمات KK التي من المتوقع وجودها ، يُمكن أَن تتكون منها هذه المادة المُظلمة المراوغة إضافة أنها لا تتفاعلَ مع الضوء

*التيار السائد الأكثر معقولية لحلِّ هذه المشكلة هو أن المادة المُظلمة مكونة من الجزيئات التي تتفاعل بشكل ضعيف جداً مع الضوء، ولكن المشكلة في هذا الحل، من وجهة نظر فيزياء الجسيمات، هو أنّه ولا واحدة من الجسيمات المعروفة في النموذج القياسي يُمكن أَن تتكون منها المادة المظلمة*

وسيكون عندها الخصائص الأخرى التي نتوقّعها من المادة المُظلمة.

الميزة الأخرى في فيزياء الجسيمات حقيقة أنّ الجاذبية أضعف كثيرا من كلّ القوى الأساسية الأخرى، هذه القوة مهمة لأنها- على خلاف القوى القوية والضعيفة- لها مدى لانهائي، وأكثر الأجسام العيانية محايدة بشكل كهربائي وكذلك ليستْ متأثرة بشدة بالقوة الكهرومغناطيسية، كل هذا يجعل الجاذبية القوة الوحيدة المهمة للأجسامِ العيانية. من وجهة نظر فيزياء الكم، ضعف الجاذبية محير فعلاً فيظهرها تتطلب ضبط دقيق جداً في بارامترات الطبيعة. لكن في نظرياتِ KK، ضعف الجاذبية قد يكون أساسي.

تتعلّق مشكلةُ ثالثة بخصائص جسيمات النيوترينوات neutrinos في النموذج القياسي، كونها محايدة كهربائيا وذات تفَاعل ضعيف جداً مع المادة الأخرى، فيجعلها صعبة الاكتشاف جداً. في الحقيقة، يخبرنا النموذجَ القياسي بأنّ كلّ جسيمات النيوترينو معدومة الكتلة. إن المشاهدات لجسيمات النيوترينو التي تتحول من شكل إلى آخر– ظاهرة تعرف بـ "تذبذبِ نيوترينو neutrino oscillation "- يُشير بقوة بأنّ

جسيمات نيوترينو لها كتلة، لذلك سيكون لدينا توسيع للنموذج القياسي لأخذ هذه الحقيقة بعين الاعتبار، لكن المشكلة بأنّ جسيمات النيوترينو أخف بكثير من جميع الجسيمات المعروفة الأخرى في النموذج القياسي، في النظريات KK، يُمكن أَن نحصل على آليات طبيعية التي تُولّد كتل جسيمات النيوترينو الصغيرة.

*سيكون لدينا توسيع للنموذج القياسي لأخذ هذه الحقيقة بعين الاعتبار، لكن المشكلة بأنّ جسيمات النيوترينو أخف بكثير من جميع الجسيمات المعروفة الأخرى في النموذج القياسي، في النظريات KK، يُمكن أَن نحصل على آليات طبيعية التي تُولّد كتل جسيمات النيوترينو الصغيرة.*

## الصور العالمية

خلاصة القول أن الحقيقة التي تفادينا كشفها حتى الآن، وهي أن أيّة أبعاد إضافية يجب أَن تكون مضغوطة وصغيرة، وقد يتخيّل المرء بسذاجة أنّ الأبعاد الإضافية يجب أَن تكون صغيرة جداً لدرجة أننا لن نكون قادرين على ملاحظتها، على الأقل في المستقبل المنظور، ومع ذلك في السنوات الأخيرة

تم اقتراح نماذج مختلفة تتفادى مثل هذه القيود الصارمة، وتسمح لفحص نماذج ذات الأبعاد الإضافية في تجارب فيزياء عالية الطاقة.

هناك ثلاثة نماذج رئيسية التي تصف الأبعاد المكانية الإضافية. سيناريو الأبعاد الإضافية العالمية (نموذج UED)، الذي أقترحه في ٢٠٠١م كلا من الفيزيائيين النظريينِ توماس ابلاكليست Thomas Appelquis وسنشيا شينج Hsin-Chia Cheng و باردن دبريسكيو Bogdan Dobrescu ، وفيه يسمح لكل جسيمات النموذج القياسي بالانتشار في الأبعاد الإضافية، ولكلّ جسيمة أساسية سيكون لها برج KK الخاص بها.

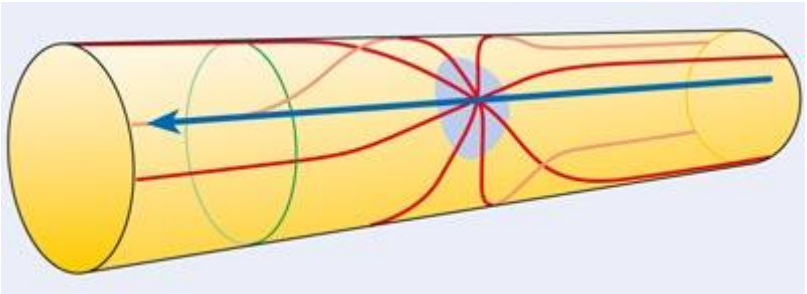
في هذا النموذج، هناك عدد إضافي (مقارن إلى كتلة الجسيمة أَو شحنتها) مرتبط بكلّ جسيمة ، هذا العدد المعروف "بتعادل KK"، الذي يُفترض ليكون محفوظا في تفاعلات الجسيمات، يعني بأنّ ناتج كلّ تعادل جسيمات KK قبل التفاعل يجب أَن يكونَ مساوي إلى ناتج كلّ تعادل جسيمات KK الباقية بعد التفاعل.

يُسبّب نموذج UED التأثيرات الجديرة بالملاحظة في مصادم الهادرون الكبير HCL مثل إنتاج جسيمتين نموذجيتين قياسيتين أَو إشارات معقّدة أكثر. النتيجة المهمة الأخرى لتعادل KK بأنّها تضمن استقرار ما يسمّى بالجسيمة KK الأخفِّ (LKP) ، ولذلك يُمكنها أَن تكون مرشّحة لتكون المادة المظلمة المحتملة، هذا النوع من المادة المظلمة المعروف بـ مادة مظلمة كالوزا- كلاين Kaluza–Klein dark matter

*يُسبّب نموذج UED التأثيرات الجديرة بالملاحظة في مصادم الهادرون الكبير HCL مثل إنتاج جسيمتين نموذجيتين قياسيتين أَو إشارات معقّدة أكثر. النتيجة المهمة الأخرى لتعادل KK بأنّها تضمن استقرار ما يسمّى بالجسيمة KK الأخفِّ (LKP) ، ولذلك يُمكنها أَن تكون مرشّحة لتكون المادة المظلمة المحتملة*

## التقدم إلى الكبير الإضافي

النموذج الهامّ الثاني يصف "أبعاد إضافية كبيرة"، الذي أُقترحه كلا من



الفيزيائيين نيما اركاني حامد Nima

Arkani-Hamed ، و سافاز ديموبولوز Savas Dimopoulos و جيا ديفالي Gia Dvali في ١٩٩٨م ، في ما يُعرف بنموذج ADD؛ إنّ الميزّة المبتكرة في هذا النموذج هي الفرضية التي حصرت جسيمات النموذج القياسي في ما يدعى الغشاء أو البران brane والذي يتحدد في أربعة ابعاد زمكان عادية، لكن مستقر في زمكان أكبر. بالمشابهة لو أن سطح الأرضِ يكون طبقة ثنائية البعد الذي يَستقرّ في عالم ثلاثي البعد أكبر. في هذه الحالة، سطح الأرض سيكون البران.

نظرًا لأن جسيمات النموذج القياسي تكون فقط في الأبعاد العادية وليس في الأبعاد الإضافية، فذلك لن يساعدنا في وضع حدود لحجم الأبعاد الإضافية، من ناحية أخرى، الجسيمة المسؤولة عن الجاذبية المسماة الجرافيتون graviton، ليست جسيمة نموذج قياسي ولذا مسموح لها بالانتشار في الأبعاد الإضافية.

من حيث المبدأ، فرضية أن تلك الجاذبية تكون في زمكان أكبر يُؤدي إلى انحرافات عن قانون نيوتن الجذبي في المسافات القصيرة، ومع ذلك، وبسبب ضعف الجاذبية نسبة

إلى القوى الأساسية الأخرى، فقد اختبرت فقط إلى مسافاتِ وصلت بمرتبة الميكروناتِ، وبالتالي القيود التجريبية ما زالت ضعيفة جداً.

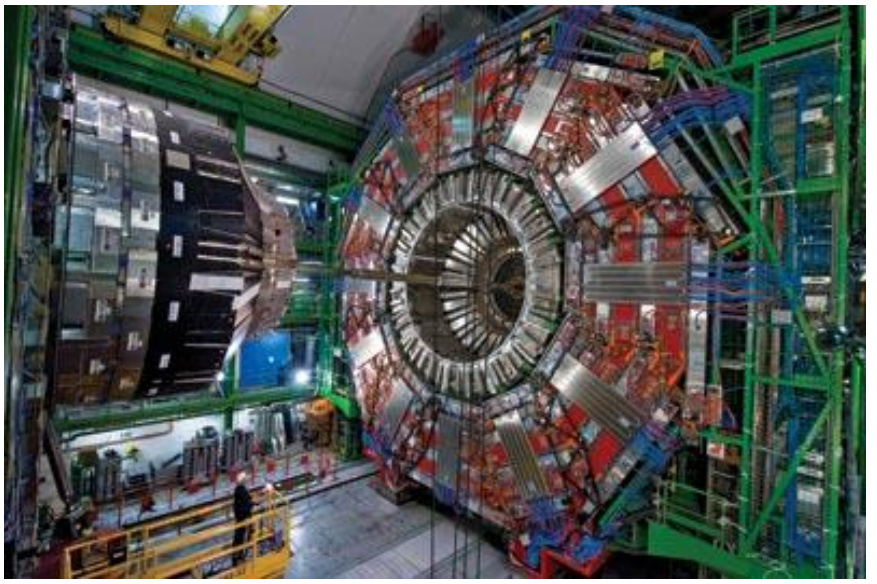
## التَفْكير بالمشوّه

بالإضافة إلى نموذج ADD ، اقترح الفيزيائيان النظريان ليزا راندال Lisa Randallو رامان سندرم Raman Sundrum نموذج مماثل في ١٩٩٩م .و يُدعَى عادة نموذج راندال – سندرم (RS) لكن يُدعَى أحياناً نظرية الهندسة الملتوية خماسية الابعاد؛ وهو يَفترض بأنّ العالم الحقيقي هو كون ببعد أعلى موصوف بواسطة هندسة ملتوية بدلاً من هندسة مستوية كما في حالة نموذج ADD (هندسة ملتوية واحدة في فضاء مُقوّس، كما في نسبية أينشتاين العامة .)

بالإضافة إلى نموذج ADD ، اقترح الفيزيائيان النظريان ليزا راندال Lisa Randallو رامان سندرم Raman Sundrum نموذج مماثل في ١٩٩٩م .و يُدعَى عادة نموذج راندال – سندرم (RS) لكن يُدعَى أحياناً نظرية الهندسة الملتوية خماسية الابعاد

ضعف الجاذبية في نماذج ADD و RS مقارنة بالقوى الأساسية الأخرى متعلق بهندسة الزمكان؛ نقول ببساطة، الجاذبية تنشر في زمكان أكبر من القوى الأخرى التي تتصرّف فقط في بران رباعي الأبعاد . في الحقيقة، هذا يعني بأنّ كلّ القوى الأربع يُمكن أَن تكون قوى متماثلة والجاذبية فقط تظهر أضعف كنتيجة لهذا الترقيق الهندسيِ .

الإطار النهائي الذي يدلّ ضمنا على الأبعاد الإضافية هو نظريةُ الوتر



string theory، مع ذلك هو مختلف

*ضعف الجاذبية في نماذج ADD و RS مقارنة بالقوى الأساسية الأخرى متعلق بهندسة الزمكان؛ نقول ببساطة، الجاذبية تنشر في زمكان أكبر من القوى الأخرى التي تتصرّف فقط في بران رباعي الأبعاد*

جداً عن نظريات KK النموذجية وأكثر افتراضيا منها، في نظرية الوتر هذه النظرة الرياضية تحاول وصف الجسيمات كاهتزازات أوتار دقيقة جداً وتتوقع أنّ عدد أبعاد الزمكان يجب أَن تكون ١٠ أَو ١١، اعتماداً على الصياغة المضبوطة للنظرية.

## البحث يبدأ

البحث عن الأبعاد الإضافية ليس فقط شيء للمستقبل لكن مستمرة حالياً في LHC. إذا وجدت الأبعاد الإضافية، فالمرء يُمكن أَن يتمنّى إنتاج جسيمات KK بتصادم الجسيمات العادية (بروتونات في حالة LHC) في الطاقات العالية جداً. حتى الآن لم تجد أطلس ATLAS ولا CMS - وهما تجربتا LHC الرئيسيتين - أيّ إشارات للأبعاد الإضافية.

إن عدم الملاحظات هذه ما زالَت مفيدة؛ لأن عدم ملاحظة شيء فعلاً يضع قيودًا أقوى على حجم الأبعاد الإضافية: فهي إذا كانت موجودة ولم تُرَ حتى الآن، فيجب أن تكون ببساطة أصغر مما كان يُعتقد في السابق أن تكون ضرورية.

حتى الآن، قيود جديدة وُضعت على نماذج ADD وRS بواسطة تجارب أطلس ATLAS و CMS، في نموذج

ADD، وجدوا ما يسمّى بمقياس بلانك Planckالفعّال ذي البعد الإضافي ، الذي يكون بمقياس الطاقة المحتملة الأعلى فيجعله بالمعنى المادي ضمن النموذج المُعطى، هذا المقياس يجب أَن يكون أكبر من ٢ - ٤TeV (TeV تيرا الكترون فولت =ألف مليار إلكترون فولت) ، بينما للنموذج RS، الجرافيتون graviton من الضروري أَن يكونَ أثقل من ١-٢ .TeV كمقياس طاقة لجسيمة KK، بمعنى آخر: كتلتها، التي هي في الأساس تتناسب طرديا مع الحجم المعكوس للبُعد الإضافي، هذا مكافئ لإيجاد مِقياس الطول الأقصى للبُعد الإضافي.

أعلن تعاون أطلس ATLAS و CMS في CERN في ٤ يوليو/تموزِ من سنة ٢٠١٢م أنّهم اكتشفوا جسيمة جديدة

*وجدوا ما يسمّى بمقياس بلانك Planck الفعّال ذي البعد الإضافي ، الذي يكون بمقياس الطاقة المحتملة الأعلى فيجعله بالمعنى المادي ضمن النموذج المُعطى، هذا المقياس يجب أَن يكون أكبر من ٢ - ٤ TeV(TeV تيرا الكترون فولت =ألف مليار إلكترون فولت)*

بكتلة لحوالي GeV١٢٥ ، التي هي على الأغلب جسيمة هيجز Higgs المشهورة. إذا الجسيمة هي هيجز ، إذن الحجم المميز للبُعد الإضافي من الضروري أَن يكون أصغر من حوالي ١.٨ × ١٠ $^{-١٨}$ متر - حوالي جزء من ألف من نصفِ قطر البروتون. ولكن ينبغي الإشارة إلى أن LHC قد بدأ في الواقع بجمع البيانات من فترة قصيرة، والكثيرة يُمكن أَن يبقى لكي يُكتَشف.

في السابق استعملت مكائن أقل قوة أخرى لتحديد الأبعاد الإضافية على نحوٍ مماثل، بشكل خاص المعجّلات السابقة مصادم الإلكترون- البوزيترون الكبير Large Electron - Positron collider– في سيرن و تيفاترون Tevatron في معامل فيرمي Fermilab في الولايات المتحدة.

الحدود على الأبعاد الإضافية يُمكن أَن تكون مُميَّزة أيضاً بالعديد من تجارب المادة المُظلمة، مثل كاشفِ الزينونَ في مختبر Gran Sasso تحت الأرض في إيطاليا، والأقمار الصناعية فيرمي Fermi و باميلا PAMELA المحمولة في الفضاء، وتلسكوب نيوترينو IceCube في القطب الجنوبي.

في الحقيقة، في سنة ٢٠١٢م وضع تعاون Fermi حدود قوية على مقياس بلانك في نموذج ADD المتوافقة مع نتائج LHC : يجب أَن يكون أكبر من ٢٣٠ TeV لبُعدين إضافيين، و ١٦ TeV لثلاثة أبعاد و ٢.٥ TeV لأربعة. إذا المادة المُظلمة تتكون من جسيمات KK - بمعنى آخر مادة مظلمة كالوزا- كلاين – فهذه التجاربِ يُمكن أَن تُظهر الفائدة في دراسة الأبعاد الإضافية.

في سنة ٢٠١٢م وضع تعاون Fermi حدود قوية على مقياس بلانك في نموذج ADD المتوافقة مع نتائج LHC: يجب أَن يكون أكبر من ٢٣٠ TeV لبُعدين إضافيين، و ١٦ TeV لثلاثة أبعاد و ٢.٥ TeV لأربعة. إذا المادة المُظلمة تتكون من جسيمات KK - بمعنى آخر مادة مظلمة

بالرغم من أن لا تجارب LHC ولا تجارب المادة المُظلمة وجدت إشارات حاسمة لحد الآن لفيزياء ما بعد النموذج القياسي، سينتج LHC على مدى السنوات القليلة القادمة بيانات جديدة عديدة التي ستُظهر على أمل سواء الأبعاد الإضافية موجودة أَو لا.

نحن قد نَعرف الجوابَ قبل نهاية سنة ٢٠١٢م، حتى لو لم نفعل ذلك ، ستواصل تجارب أخرى البحث خلال ما يظهر ليكون وقت مثير جداً للبحث في أكثر أساسيات الفيزياء.

***

## مصدر المقال:

http://physicsworld.com/cws/article/indepth/٢٠١٢/sep/٠٦/delving-into-extra-dimensions

رجوع للفهرس

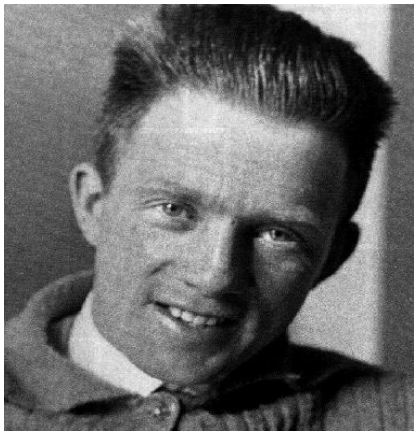
***

# الكون غير التام : نظرية كل شيء .....وداعا

تعد نظرية كل شيء theory of everything شغل علماء الفيزياء الشاغل لتوحيد كل قوانين الكون، فالتفتيش عن نظرية للطبيعة التي من شأنها توحيد الكبير جدًا فيها مع الصغير جدًا كان سببًا وجيهًا للأمل، لأن العظماء والمبدعين كانوا مهتمين بذلك ، حتى أينشتاين الذي أدرك أن فهمنا للواقع غير كامل بالضرورة، قد قضى آخر عشرين سنة من حياته في البحث عن نظرية الحقل الموحد unified field theory التي من شأنها أن تصف القوتين الرئيسيتين التي نراهما تعملان من حولنا - الجاذبية والكهرومغناطيسية - كمظاهر لقوة واحدة. بالنسبة له تمثل هذه النظرية الرياضية التعبير المحض والأكثر أناقة للطبيعة والانجاز الأعلى للفكر البشري.

خمسة وخمسون سنة بعد وفاة أينشتاين والبحث عن نظرية الحقل الموحد المراوغة لا يزال مستمرًا. إن العثور على نظرية كل شيء بالنسبة لعالِم الفيزياء ستيفن هوكينج ولآخرين غيره كثير سيكون بمثابة معرفة "عقل الإله" mind of Godإنها استعارة ليس من قبيل الصدفة.

النقاد يقولون إن أينشتاين وغيره من عمالقة الفيزياء في القرن العشرين (بما في ذلك ولفجانج باولي وأروين شرودنجر وفيرنر هايزنبرج) فشلوا بسبب أن نماذجهم لم تشمل جميع جسيمات المادة وتفاعلاتها الأساسية فهي لم تؤخذ في حسبانهم وهم يتناقشون ، لكننا اليوم لدينا فرصة أفضل بكثير في النجاح ، أحلام النظرية النهائية (كما عنون الحائز على نوبل ستيفن واينبرج كتابه) توجد أقوى من أي وقت مضى.



ولكن هل نصبح أقرب حقًا ؟ هل نتجرأ أن نسأل ما إذا كان البحث عن نظرية كل شيء مضلِلاً؟ هل يمكن الاعتقاد في نظرية فيزيائية التي توحّد أسرار العالم المادي - "رموز خفية" hidden code للطبيعة - تكون المكافئ العلمي للمعتقد الديني في الوحدانية الذي يحمل المليارات من الناس على الذهاب إلى الكنائس والمساجد والمعابد اليهودية كل يوم؟

*ولكن هل نصبح أقرب حقًا ؟ هل نتجرأ أن نسأل ما إذا كان البحث عن نظرية كل شيء مضلِلاً؟ هل يمكن الاعتقاد في نظرية فيزيائية التي توحّد أسرار العالم المادي - "رموز خفية" hidden code للطبيعة*

حتى قبل وجود ما نسميه الآن الفيزياء، فقد فكر فلاسفة اليونانية القدماء ما إذا كان تنوع الطبيعة يمكن أن يأتي من مصدر واحد ، مادة اولية. فقد اقترح طاليس Thales - الذي يعتبره أرسطو الفيلسوف الأول في العرف اليوناني - أن كل شيء مصنوع من الماء ، وهي مادة يعتقد أنها تمثل جوهر الطبيعة

الديناميكية. في وقت لاحق اعتقد فيثاغورث وأتباعه أن الطبيعة كانت لغزًا رياضيًا محيرًا شيدت من خلال النسب والأنماط التي تجمع بين الأعداد الصحيحة ، وأن علم الهندسة هو مفتاح فك رموزها.

عادت فكرة الرياضيات كمدخل أساسي لأسرار الطبيعة للظهور مرة أخرى خلال عصر النهضة المتأخر. فقد وضح كلا من جاليليو جاليلي ورينيه ديكارت و يوهانس كيبلر واسحق نيوتن أن الوصف الرياضي للطبيعة ينجح فقط من خلال التطبيق الجاد للمنهج العلمي حيث يتم اختبار الفرضيات من خلال التجارب والملاحظات وبعد ذلك تُقبل أو تُرفض . أصبح علم الفيزياء يدور في "كيف" ، وترك "لماذا" للفلسفة والدين. وعندما سُئل نيوتن لماذا المادة تجذب المادة بقوة التي تضعف مع مربع المسافة ، أجاب بأنه "ما اختلق أي فرضيات" ، وكان كافيًا لتقديم وصف كمي لهذه الظاهرة.

مع ذلك تلك نصف القصة فقط، بالنسبة لنيوتن فالإله هو عالِم رياضيات سامي والقوانين الرياضية للطبيعة هي مخطط الخلق.

بتقدم العلم فقد تلاشت فكرة أن الإله تدخّل بشكل واضح في الظواهر الطبيعية ، ولكنها ليست فكرة أن رموز الطبيعة المخفية تكمن في نظرية رياضية مهيمنة، لذا إله أينشتاين كان بعيدًا كل البعد عن إله نيوتن عندما قال جملته المشهورة : "أنا أؤمن بإله سبينوزا Spinoza الذي يكشف عن نفسه في الانسجام المنظم لما هو موجود". وكان بحثه في نظرية الحقل الموحد كثيرًا هو بحث عن جوهر هذا الإله الطبيعي.

*بتقدم العلم فقد تلاشت فكرة أن الإله تدخّل بشكل واضح في الظواهر الطبيعية ، ولكنها ليست فكرة أن رموز الطبيعة المخفية تكمن في نظرية رياضية مهيمنة، لذا إله أينشتاين كان بعيدًا كل البعد عن إله نيوتن*

يأتي التجسيد الحديث لنظريات الحقل الموحد في اثنتين من النظريات، الاولى ، النسخة الأكثر تقليدية ، ما يسمى النظرية التوحيد الكبرى Grand Unified Theory (GUT) وتسعى لوصف الكهرومغناطيسية والقوى

النووية الضعيفة والقوية كقوة واحدة. وكان أول من اقترح هذه النظريات هو هاوارد جورجي ، من جامعة هارفارد و شيلدون جلاشو، وهو الآن في جامعة بوسطن في عام ١٩٧٤م. والثانية والنسخة الأكثر طموحا تسعى لتضمين الجاذبية في إطار التوحيد، إنها نظرية الأوتار الفائقة Superstring التي تحاول القيام بذلك عن طريق التخلي عن النموذج القديم الذي يجعل المادة مصنوعة من لبنات صغيرة غير قابلة للتجزئة ، واستبدالها بأوتار مهتزة التي توجد في فضاءات بعدية عليا.

مثل كل النظريات الفيزيائية الجيدة ، نظريات التوحيد الكبرى تقدّم تنبؤات، واحد من هذه التنبؤات أن البروتون -الجسيمة التي توجد في كل الأنوية الذرية - غير مستقر.

لعقود من الزمان بحثت التجارب ذات الحساسية العالية عن انحلال البروتونات وفشلت في العثور عليه، ونتيجة لذلك عُدّلت النماذج بحيث أن انحلال البروتونات من الندرة ليكون خارج نطاق الوصول الحالي للكشف، التنبؤ الآخر نجح لكن بشكل غير جيد : حقول التفاعل المحزومة التي سميت الأقطاب المغناطيسية magnetic monopoles لم يتم العثور عليها.

لعقود من الزمان بحثت التجارب ذات الحساسية العالية عن انحلال البروتونات وفشلت في العثور عليه، ونتيجة لذلك عُدّلت النماذج بحيث أن انحلال البروتونات من الندرة ليكون خارج نطاق الوصول الحالي للكشف، التنبؤ الآخر نجح لكن بشكل غير جيد

بالنسبة للأوتار الفائقة الحالة أكثر سوءًا، فعلى الرغم من أناقتها الرياضية ، فالنظرية بعيدة جدًا عن الواقع المادي ،لأنه من الصعب للغاية تحديد ما قد يكون أثرها قابل للقياس.

أعتقد الآن أن فكرة النظرية النهائية ذاتها خاطئة، فحتى لو نجحنا في توحيد القوى

التي نعرفها ، يمكننا الادعاء فقط بتحقق توحيد جزئي ، فأجهزتنا محدود. نظرًا لأن معرفة الواقع المادي يعتمد على ما يمكننا قياسه ،فنحن لن نعرف أبدا كل ما هناك لمعرفته.

منْ الذي يقول انه لا توجد سوى أربعة قوى أساسية؟ العلم مليء بالمفاجآت، الأفضل بكثير تقبلنا أن معرفتنا للواقع المادي غير مكتملة بالضرورة، بهذه الطريقة يكون العلم مفهومًا كمشروع الإنسان ويكون "عقل الإله " منزه بالمرة وإلى الأبد.

منذ اكتشاف الانتهاك المتساوي في التفاعل الضعيف قبل أكثر من ٥٠ عاما أظهرت التجارب في فيزياء الجسيمات أن آمالنا لتحقيق الكمال ليست سوى آمال، فإن التناظر منتهك في كل اتجاه في الطبيعة ، على خلاف قصيدة جون كيتس John Keats الشهيرة الجمال ليس دائمًا الحقيقة.

لكن هناك المزيد ، أعتقد أن عدم التناظرات الأساسية هي جزء ضروري من عالمنا ، أنها تحدد وجودنا ذاته ، بفرض أن الكون كان يجب ان تكون له خصائص خاصة للحفاظ على التوسع لمدة ١٤ بليون سنة، وكان على جزيئات المادة السيطرة على تلك المادة المضادة مباشرة بعد الانفجار العظيم وإلا فالكون كان سيتألف في معظمه من الإشعاع.

*لكن هناك المزيد ، أعتقد أن عدم التناظرات الأساسية هي جزء ضروري من عالمنا ، أنها تحدد وجودنا ذاته ، بفرض أن الكون كان يجب ان تكون له خصائص خاصة للحفاظ على التوسع لمدة ١٤ بليون سنة*

الحياة نفسها هي نتاج الاختلالات ، فمن التباين المكاني في الأحماض الأمينية إلى حدوث طفرات خلال التكاثر، فعدم التناظرات صاغ منذ فترة طويلة مسار معقدا وشاذا من الجسيمات إلى الذرات إلى الخلايا، من خلايا الاحياء المجهرية البسيطة بدون أنويه خلايا prokaryotic إلى خلايا الأكثر تطورا

eukaryotic، وأيضًا من كائنات حية أحادية الخلية unicellular إلى الكائنات المتعددة الخلايا multicellular.

تاريخ الحياة متشابك بعمق مع التغييرات البيئية لكوكب الأرض ، من زيادة توافر الأكسجين إلى ظهور الصفائح التكتونية plate tectonics التي تساعد على تنظيم ثاني أكسيد الكربون. الحياة (ناهيك عن الذكاء) ذات أشكال معقدة للغاية التي عرفناها – ربما - نادرة جدًا نتيجة عدم التماثل والاختلالات والمصادفات .

في النهاية التخلي عن النظرية النهائية لن يجعل عمل الفيزياء - أو العلم - أقل إثارة فالطبيعة لديها الكثير من الأسرار لإبقائنا مشغولين لفترة طويلة جدًا.

***

## مصدر المقال :

http://www.newscientist.com/article/mg٢٠٦٢٧٥٩١.٢٠٠-the-imperfect-universe-goodbye-theory-of-everything.html

رجوع للفهرس

***

# هنا ...أخيرا!*

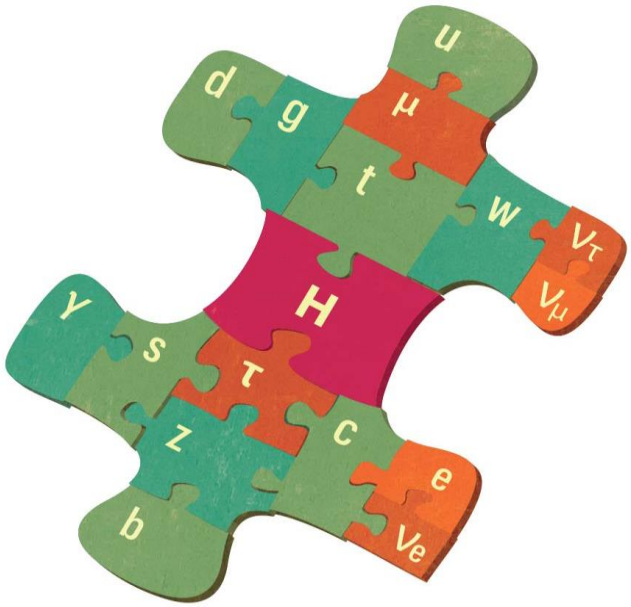
منح كل من فرانسوا أنجليرت François Englertوبيتر هيجز Peter W. Higgs جائزة نوبل في الفيزياء ٢٠١٣م مناصفة عن النظرية التي اقترحاها كلا على حدة ( أنجليرت جنبا إلى جنب مع زميله روبرت برو Robert Broutالمتوفى الآن) في عام ١٩٦٤م حول كيف تكتسب الجسيمات الكتلة .

في عام ٢٠١٢م، تم تأكيد أفكارهما من خلال اكتشاف ما يسمى جسيم هيجز Higgs particle في مختبر سيرن خارج جنيف في سويسرا.

آلية المنح هو الجزء المركزي في النموذج القياسي the Standard Modelلفيزياء الجسيمات الذي يصف كيفية بناء العالم فوفقا للنموذج القياسي، كل شيء، من الزهور و الناس إلى النجوم و الكواكب، يتألف من عدد قليل من اللبنات : جسيمات المادة ،وتخضع هذه الجسيمات من قبل قوى

بوساطة جسيمات القوة التي تجعل كل شيء يعمل على يقين كما يجب .

النموذج القياسي بأكمله أيضا يستند إلى وجود نوع خاص من الجسيمات : جسيم هيجز ، مرتبطة إلى حقل مخفي الذي




يملأ كل الفضاء، حتى عندما يبدو كوننا فارغاً، هذا المجال هناك ، لو لم يكن هناك ، فإن الإلكترونات والكواركات تكون عديمة الكتلة تماما مثل الفوتونات - جزيئات الضوء ، ومثل الفوتونات التي تنطلق عبر الفضاء بسرعة الضوء

*النموذج القياسي بأكمله أيضا يستند إلى وجود نوع خاص من الجسيمات : جسيم هيجز ، مرتبطة إلى حقل مخفي الذي يملأ كل الفضاء، حتى عندما يبدو كوننا فارغاً، هذا المجال هناك ، لو لم يكن هناك*

- كما تتوقع نظرية أينشتاين تماما - فلن تكون أي إمكانية للحصول على الذرات أو الجزيئات . ولا أي شيء نعرفه سيوجد ، ولا حتى نحن .

كان كل من فرانسوا أنجليرت وبيتر هيجز علماء شبان عندما قدما في عام ١٩٦٤م - وبشكل مستقل عن بعضها البعض - النظرية التي أنقذت النموذج القياسي من الانهيار . في وقت

لاحق بعد ما يقرب من نصف قرن، يوم الأربعاء ٤ يوليو ٢٠١٢م، كانا على سوية مع الجمهور في المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، CERN، خارج جنيف، عندما أعلن عن اكتشاف جسيم هيجز الذي أكد أخيرا النظرية المعلنة للعالم.

## النموذج الذي خلق النظام

فكرة أن العالم يمكن تفسيره بواسطة عدد قليل من الكتل فكرة قديمة، بالفعل في ٤٠٠ قبل الميلاد، افترض الفيلسوف ديموقريطس أن كل شيء يتكون من ذرات- ATOMOS هي كلمة يونانية تعني الغير قبل للتجزئة .

*فكرة أن العالم يمكن تفسيره بواسطة عدد قليل من الكتل فكرة قديمة، بالفعل في ٤٠٠ قبل الميلاد، افترض الفيلسوف ديموقريطس أن كل شيء يتكون من ذرات- ATOMOS هي كلمة يونانية تعني الغير قبل للتجزئة.*

اليوم نحن نعرف أن الذرات ليست قابلة للتجزئة؛ إنها تتكون من الإلكترونات التي تدور حول نواة الذرة المكونة من النيوترونات والبروتونات، والنيوترونات والبروتونات، بدورها، تتكون من جسيمات أصغر تسمى الكواركات quarks .

في الواقع، فقط الإلكترونات والكواركات غير قابلة للتجزئة وفقا للنموذج القياسي.

تتكون نواة الذرة من نوعين من الكواركات، الكواركات أعلى والكواركات أسفل ، لذا في الواقع هناك حاجة إلى ثلاثة جسيمات أولية لكي توجد جميع المواد : وهي الإلكترونات، والكواركات أعلى والكواركات أسفل .ولكن خلال الخمسينات و الستينات، لوحظ جسيمات جديدة بشكل غير متوقع في كل من الإشعاع الكوني وعلى مسرعات شيدت حديثا، لذا كان على النموذج القياسي أن يشمل هذه الأشقاء الجديدة من الإلكترونات والكواركات.

إلى جانب جزيئات المادة، هناك أيضا جزيئات القوة لكل من قوى الطبيعة الأربع -الجاذبية، والكهرومغناطيسية، والقوة النووية الضعيفة والقوة النووية القوية .الجاذبية والكهرومغناطيسية هي الأكثر شهرة، أنها تجذب أو تصد، ويمكننا أن نرى آثارها بأم أعيننا .

القوة النووية القوية تعمل على الكواركات وتجعل البروتونات والنيوترونات معا في النواة، في حين أن القوة النووية الضعيفة هي المسؤولة عن الاضمحلال الإشعاعي، وهو أمر ضروري، على سبيل المثال، للعمليات النووية داخل الشمس.

النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات يوحد اللبنات الأساسية للطبيعة وثلاثة من القوى الأربع المعروفة لدينا (الرابع، الجاذبية، لا تزال خارج النموذج) .

لفترة طويلة، كان لغزاً كيف أن هذه القوى تعمل في الواقع، على سبيل المثال، كيف أن قطعة من المعدن التي تنجذب إلى المغناطيس تعلم أن المغناطيس هو موجود هناك، على بعد قريب ؟ وكيف القمر يشعر بجاذبية الأرض؟

## حقول غير مرئية تملأ الفضاء

التفسير التي تقدمه الفيزياء هو أن الفضاء مملوء بالعديد من المجالات غير المرئية، مجال الجاذبية، والمجال الكهرومغناطيسي، مجال كوارك وجميع المجالات الأخرى تملئ الفضاء، أو

*النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات يوحد اللبنات الأساسية للطبيعة وثلاثة من القوى الأربع المعروفة لدينا (الرابع، الجاذبية، لا تزال خارج النموذج).*

بالأحرى، الأربعة الأبعاد الزمكانية، المساحة المجردة حيث تعمل النظرية .

النموذج القياسي هو نظرية الحقل الكمومي الذي فيه المجالات والجزيئات هي اللبنات الأساسية في الكون.

في فيزياء الكم، يُنظر إلى كل شيء كمجموعة من الاهتزازات في حقول الكم، وتنفذ هذه الاهتزازات من خلال مجال في مجموعات صغيرة، الكمات quanta، والتي تظهر لنا كجسيمات .

يوجد نوعان من المجالات: مجالات مادة مع جزيئات المادة، ومجالات القوة مع جزيئات القوة - وسطاء القوى . جسيم هيجز، أيضا، هي اهتزاز مجالها -غالبا ما يشار إليه بمجال هيجز.

بدون هذا المجال النموذج القياسي سينهار مثل بيت من ورق؛ وذلك لأن نظرية الحقل الكمومي تجلب اللامتناهي التي يجب كبح جماحها والتناظرات التي لا يمكن رؤيتها .لم يكن حتى فرانسوا أنجليرت مع روبرت برو ، وبيتر هيجز، وفيما بعد على عدة أشخاص آخرين، قد بينوا أن مجال هيجز يمكن أن

يكسر التناظر في النموذج القياسي دون تدمير النظرية التي قبلها النموذج.

وذلك لأن النموذج القياسي لن ينجح إلا إذا لم يكن لدى الجزيئات كتلة .أما بالنسبة للقوة الكهرومغناطيسية- مع فوتوناتها عديمة الكتلة تكون وسطاء- لم يكن هناك مشكلة .

القوة ضعيفة، مع ذلك، تتم بوساطة ثلاثة جسيمات ضخمة، اثنتان من الجسيمات المشحونة كهربائيا W وواحدة Z الجسيمات.

هذه الجسيمات لم تتوافق جيدا مع الفوتون خفيف الحركة .

كيف يمكن للقوى الكهروضعيفة ، التي توحد بين القوى الكهرومغناطيسية والضعيفة، أن تحدث؟

*النموذج القياسي لن ينجح إلا إذا لم يكن لدى الجزيئات كتلة. أما بالنسبة للقوة الكهرومغناطيسية- مع فوتوناتها عديمة الكتلة تكون وسطاء- لم يكن هناك مشكلة.*

النموذج القياسي كان مهدد، هنا حيث أدخل أنجليرت وبرو وهيجز آلية بارعة للجسيمات لاكتساب الكتلة التي تمكنت من إنقاذ النموذج القياسي.

## مجال هيجز مثل الأشباح

مجال هيجز ليس مثل غيره من المجالات في الفيزياء، جميع المجالات الأخرى تتباين في قوتها وتصبح صفرا في أدنى مستوى للطاقة إلا مجال هيجز، حتى لو كان الفضاء مفرغاً تماماً لا يزال يتعين ملؤه من قبل حقل مثل الشبح الذي يرفض الإغلاق: إنه مجال هيجز .

نحن لا نلاحظ ذلك؛ لأن مجال هيجز هو مثل الهواء لنا، و مثل الماء للأسماك، ولكن بدونه نحن لا وجود لنا، ذلك لأن الجسيمات تكتسب الكتلة فقط باحتكاكها مع مجال هيجز، الجزيئات التي لا تولي اهتماما لمجال هيجز لا تكتسب الكتلة، تلك التي تتفاعل بضعف تصبح خفيفة، وتلك التي تتفاعل بشكل مكثف تصبح ثقيلة، على سبيل المثال، الإلكترونات، التي تحصل على كتلة من المجال، تلعب دورا حاسما في إنشاء والربط بين الذرات والجزيئات معا، إذا حقل هيجز

اختفى فجأة، فإن كل المادة تنهار بينما الالكترونات عديمة الكتلة تتفرق فجأة في سرعة الضوء.

ما الذي يجعل مجال هيجز خاصاً هكذا؟ إنه يكسر التناظر الجوهري للعالم .

الطبيعة تزخر بالتناظر symmetry ؛ تشكل الوجوه بانتظام، والزهور والثلج يحمل أنواع مختلفة من التناظرات الهندسية .

الفيزياء تكشف النقاب عن أنواع أخرى من التناظرات التي تصف عالمنا، وإن كان ذلك على مستوى أعمق، واحد من هذا القبيل، بسيط نسبيا، التناظر ينص على أنه لا يهم النتائج إذا كانت تجربة مختبرية تتم في ستوكهولم أو في باريس ، كما أنه لا يهم في أي وقت يتم تنفيذ التجربة .

*الطبيعة تزخر بالتناظر symmetry؛ تشكل الوجوه بانتظام، والزهور والثلج يحمل أنواع مختلفة من التناظرات الهندسية .*

نظرية أينشتاين النسبية الخاصة تعاملت مع التناظرات في المكان والزمان، وأصبحت نموذجا للعديد من النظريات الأخرى، مثل النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات .

معادلات النموذج القياسي هي متماثل؛ بنفس الطريقة التي تبدو فيها الكرة هي نفسها مهما كانت الزاوية التي نظرت إليها، معادلات النموذج القياسي تبقى بدون تغيير حتى إذا تم تغيير المنظور الذي يحددها.

مبادئ التناظر أيضا تسفر عن نتائج أخرى، غير متوقعة إلى حد ما؛ ففي عام ١٩١٨م، تمكن عالم الرياضيات الألماني إيمي نويثر Emmy Noether أن يبين أن قوانين الحفظ في الفيزياء- مثل قوانين حفظ الطاقة وحفظ الشحنة كهربائية- تنشأ أيضا في التناظر.

التناظر، مع ذلك، يملي بعض المتطلبات لكي ينجز، فالكرة يجب أن تكون مستديرة تماما، الحدبة الأشد صغراً ستكسر التناظر .للمعادلات تطبيق معايير أخرى، واحدة من التناظرات في النموذج القياسي يحظر على الجزيئات امتلاك كتلة .

الآن، هذا على ما يبدو ليس هو الحال في عالمنا، وبالتالي فإن الجزيئات لا بد اكتسبت كتلتها من مكان ما، هذه حيث الآلية الممنوحة الآن، قدمت وسيلة للتناظر لكي يوجد وفي نفس الوقت يكون مخفي عن الأنظار.

## التناظر مخفي ولكن لا يزال هناك

كوننا ربما ولد متناظراً، في وقت الانفجار العظيم، كانت جميع الجسيمات عديمة الكتلة جميع القوى توحدت في قوة أصلية واحدة، هذا الترتيب الأصلي لم يعد له وجود بعد الآن -تم إخفاء تناظره منا ، حدث شيء فقط ١٠ -١١ ثانية بعد الانفجار العظيم ، حيث فقد مجال هيجز توازنه الأصلي ..كيف حدث ذلك؟

*كوننا ربما ولد متناظراً، في وقت الانفجار العظيم، كانت جميع الجسيمات عديمة الكتلة جميع القوى توحدت في قوة أصلية واحدة، هذا الترتيب الأصلي لم يعد له وجود بعد الآن- تم إخفاء تناظره منا ، حدث شيء فقط ١٠ -١١ ثانية بعد الانفجار العظيم*

بدأ كل شيء بشكل متناظر، يمكن وصف هذه الحالة كموضع كرة في منتصف وعاء مستدير، في أدنى وضع لطاقتها، مع دفعة تبدأ الكرة بالدوران ، ولكن بعد فترة من الوقت فإنها ترجع إلى أدنى نقطة.

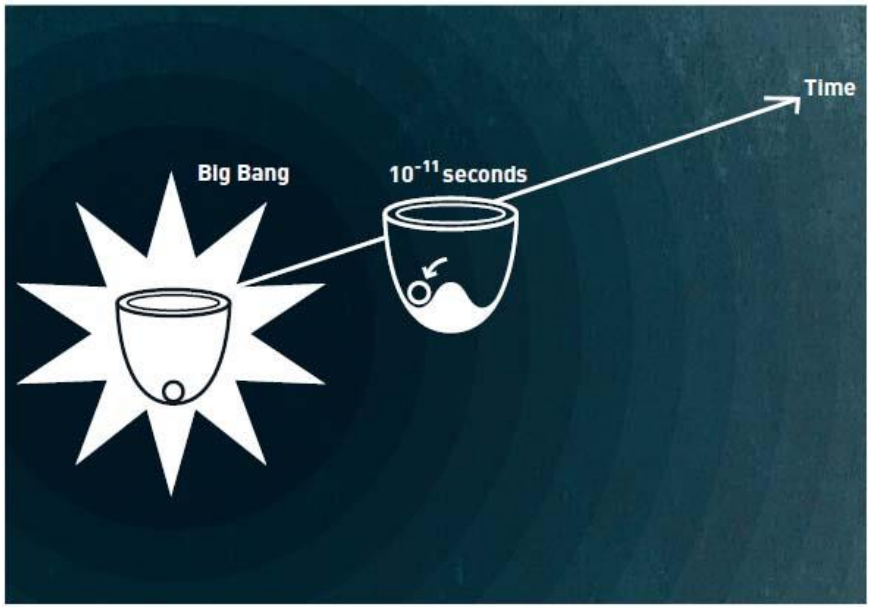
ومع ذلك، إذا حدبة تنهض في وسط وعاء، والتي تبدو الآن أشبه بقبعة مكسيكي، فإن الموضع في المنتصف يبقى متناظراً ولكن لا يزال غير مستقر، الكرة تتحرك إلى أسفل في أي اتجاه، القبعة لا تزال متناظرة، ولكن حالما تتدحرج الكرة إلى أسفل، فإن موضعها يكون بعيدا عن المركز الذي يخفي التناظر ...بطريقة مماثلة مجال هيجز كسر تناظره ووجد مستوى طاقة مستقرة في فراغ بعيدا عن الموضع صفري التناظر .

يشار إلى كسر التناظر العفوي هذا أيضا باسم المرحلة الانتقالية لمجال هيجز، انها نشبة عندما يتجمد الماء إلى جليد.

من أجل حدوث المرحلة الانتقالية ، أربعة جزيئات مطلوبة ولكن واحدة فقط، وهي جسيمات هيجز باقية، والثلاثة الأخرى أُستهلكت من قبل وسطاء القوة الضعيفة، وهي اثنتان من الجسيمات المشحونة كهربائيا W وواحدة من جسيمات Z

*بهذه الطريقة تم حفظ التناظر في القوة الكهروضعيفة في النموذج القياسي - التناظر بين الجسيمات الثقيلة الثلاثة من القوة الضعيفة والفوتون عديمة الكتلة من القوة الكهرومغناطيسية يبقى، فقط مخفي عن الانظار.*

، التي حصلت وبالتالي على كتلها. بهذه الطريقة تم حفظ التناظر في القوة الكهروضعيفة في النموذج القياسي - التناظر بين الجسيمات الثقيلة الثلاثة من القوة الضعيفة والفوتون عديمة الكتلة من القوة الكهرومغناطيسية يبقى، فقط مخفي عن الانظار.




## المكائن المتطرفة للفيزياء المتطرفة

الحائزون على جائزة نوبل ربما لم يتخيلوا أنهم سيرون تأكيد النظرية في

حياتهم، استغرق الأمر جهدا ضخما من قبل علماء الفيزياء من جميع أنحاء العالم .

لفترة طويلة مختبران، هما فيرميلاب Fermilab خارج شيكاغو، الولايات المتحدة الأمريكية، و سيرن CERN على الحدود الفرنسية السويسرية، تنافسا في محاولة لاكتشاف جسيمات هيجز، وعندما تم إغلاق مسرع فيرميلاب Tevatron قبل سنتين مضت ،أصبح CERN المكان الوحيد في العالم حيث البحث عن جسيم هيجز سوف يستمر.

أنشئ سيرن عام ١٩٥٤م، في محاولة لإعادة بناء البحوث الأوروبية، فضلا عن العلاقات بين الدول الأوروبية، بعد الحرب العالمية الثانية، يضم في عضويته حاليا عشرين دولة، وحوالي مائة دولة من جميع أنحاء العالم تتعاون في المشاريع.

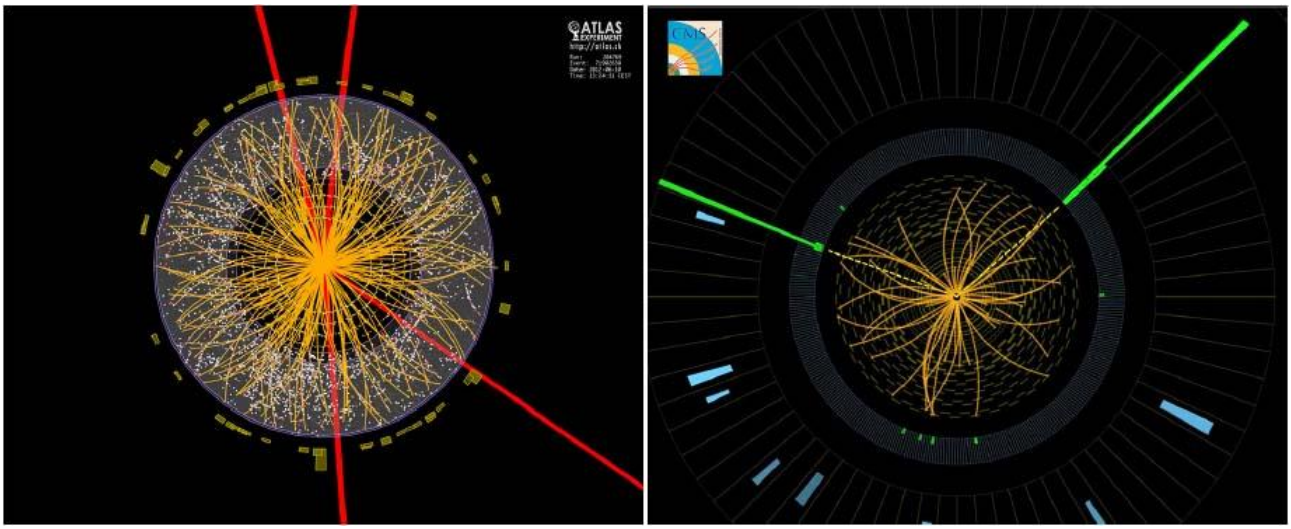
أروع إنجاز CERN، هو مصادم الجسيمات (مصادم هادرون الكبير) LHC الذي هو على الارجح أكبر وأعقد آلة شيدها البشر من أي وقت مضى .

مجموعتا بحث تتكون من ٣٠٠٠ عالم تبحثان عن الجزيئات بكاشفات ضخمة - ATLASو CMS ، هذه الكاشفات تقع على بعد ١٠٠ متر تحت سطح الأرض ويمكن أن نلاحظ ٤٠ مليون اصطدام الجسيمات في الثانية الواحدة، هكذا في الأغلب الجزيئات يمكن أن تصطدم متى تم حقنها في اتجاهين متعاكسين داخل نفق مصادم LHC الدائري، الذي بطول ٢٧ كيلومترا.

*مجموعتا بحث تتكون من ٣٠٠٠ عالم تبحثان عن الجزيئات بكاشفات ضخمة - ATLAS و CMS ، هذه الكاشفات تقع على بعد ١٠٠ متر تحت سطح الأرض ويمكن أن نلاحظ ٤٠ مليون اصطدام الجسيمات في الثانية الواحدة*

يتم حقن البروتونات في المصادم كل عشر ساعات، شعاع واحد في كل اتجاه ، حيث يتم جمع مئة ألف مليار بروتون معا وضغطها إلى أشعة رقيقة جدا - ليس الأمر سهل تماما لأن البروتونات بشحنتها الكهربائية الموجبة تهدف إلى صد بعضها البعض، أنها تتحرك

في ٩٩.٩٩٩٩ في المائة من سرعة الضوء، وتتصادم بطاقة من حوالي ٤ TEV لكل واحد و ٨ TEV مجتمعة ( tera electron volt واحد = ألف مليار إلكترون فولت) . واحد TEV قد لا تكون الكثير من الطاقة، فإنها تساوي تقريباً بعوضة طائرة، ولكن عندما الطاقة تُحشر في بروتون واحد، وتحصل على ٥٠٠ تريليون مثل هذه البروتونات تسرع حول المسرع، فإن طاقة هذا الشعاع تعادل قطار بأقصى سرعة، في عام ٢٠١٥م الطاقة سيكون تقريبا الضعف في LHC .



## لغز داخل لغز

تجارب الجسيمات في بعض الأحيان تقارن بفعل تحطيم ساعتين سويسريتين معا من أجل دراسة كيفية بنائهما، ولكنه في الواقع أكثر صعوبة بكثير من ذلك، لأن علماء الجسيمات يبحثون عن جسيمات جديدة تماما- التي يتم إنشاؤها من الطاقة المنطلقة في الاصطدام.

*تجارب الجسيمات في بعض الأحيان تقارن بفعل تحطيم ساعتين سويسريتين معا من أجل دراسة كيفية بنائهما، ولكنه في الواقع أكثر صعوبة بكثير من ذلك، لأن علماء الجسيمات يبحثون عن جسيمات جديدة تماما - التي يتم إنشاؤها من الطاقة المنطلقة في الاصطدام.*

وفقا لمعادلة آينشتاين المعروفة $E = mC^2$ فالكتلة هو نوع من الطاقة، وهذا هو سحر هذه المعادلة التي تجعل من الممكن، حتى بالنسبة للجسيمات عديمة الكتلة، أن تخلق شيء جديد عندما تصطدم؛ مثلاً عندما يصطدم اثنان من الفوتونات لتخلقان الإلكترون وجسيم مضاد له - البوزيترون positron، أو

عندما يتم إنشاء جسيم هيجز في تصادم اثنين من الجلونات gluons، إذا كان الطاقة عالية بما فيه الكفاية.

البروتونات مثل أكياس صغيرة مليئة بجسيمات الكواركات ومضادات الكوارك والجلونات، الغالبية منهم تعبر بعضها البعض بدون الكثير من المبالغة؛ في المتوسط، في كل مرة تصطدم اثنتين من حشود الجسيمات تحدث عشرين اصطدامات أمامية كاملة فقط .
أقل من اصطدام واحد في المليار قد يكون من المفيد متابعته، هذا قد لا يبدو كثيرا، ولكن كل هذا التصادم يؤدي لانفجار متألق من نحو ألف جسيمة .

في ١٢٥ GeV ، جسيم هيجز ظهر أثقل مئة مرة من بروتون وهذا هو واحد من الأسباب التي تجعل من الصعب انتاجه، ومع ذلك، فإن التجربة لم تنتهِ بعد .
العلماء في سيرن يأملون في تحقيق المزيد من الاكتشافات الرائدة في السنوات القادمة .

على الرغم من أنه يعد إنجازا كبيرا إذ وجد جسيم هيجز - القطعة مفقودة في لغز النموذج القياسي - إلا أن النموذج القياسي ليس هو الجزء الأخير في اللغز الكوني.

أحد الأسباب في ذلك هو أن النموذج القياسي يعامل جزيئات معينة، النيوترونات، بأنها عديمة الكتلة تقريبا، في حين تشير الدراسات الأخيرة أنها في الواقع لديها كتلة، سبب آخر هو أن النموذج يصف فقط المادة المرئية، وهو ما يمثل فقط خُمس جميع المادة في الكون، والباقي هو المادة المظلمة من نوع غير معروف، التي غير ظاهرة مباشرة لنا، ولكن يمكن ملاحظتها بواسطة الجاذبية التي تحافظ على المجرات معا، وتمنعها من أن تتمزق.

*على الرغم من أنه يعد إنجازا كبيرا إذ وجد جسيم هيجز- القطعة مفقودة في لغز النموذج القياسي- إلا أن النموذج القياسي ليس هو الجزء الأخير في اللغز الكوني.*

في كل النواحي الأخرى، المادة المظلمة تتجنب التداخل مع المادة المرئية . تدبرك، جسيم هيجز خاص، ربما يمكن أن ينجح في إقامة اتصالات مع الظلام الغامض .

يأمل العلماء أن يكونوا قادرين على معرفة - ولو لمحة - من المادة المظلمة، بينما يواصلون البحث عن الجزيئات غير المعروفة في مصادم LHC خلال العقود المقبلة.

***

* نشر هذا المقال في موقع منظمة المجتمع العلمي العربي في ديسمبر ٢٠١٣م.

http://www.arsco.org/detailed/af٩٥eaba-٣٤١e-٤٦٣f-٨٢ee-a٩٣٠e٤١٢١f٠٧

**مصدر المقال:**

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/٢٠١٣/popular-physicsprize٢٠١٣.pdf

رجوع للفهرس

***

# المعادلات تحكم عالمنا*

إيان ستيورات**

عندما يدق جرس المنبه أنت تنظر إلى ساعتك، هناك على الأقل ستّ معادلات رياضية أَثّرتْ على حياتك. فرقاقة الذاكرة التي تخزن الوقت في ساعتك ما كَانتْ قد ابتكرت بدون معادلة رئيسية في ميكانيكا الكم، والتوقيت عليها ضُبط من قبل إشارة لاسلكية التي نحن ما حلمنا باختراعها بدون معادلات ماكسويل الأربع في الكهرومغناطيسية، والإشارة نفسها تنتقل طبقاً لما يُعرف بمعادلة الموجةَ.

نحن عائمون في محيطَ مخفي من المعادلاتِ، التي تعمل في النقل، والنظام المالي والصحة ومنع الجرائم والكشف عنها والاتصالات والغذاء والماء والتدفئة والإضاءة؛ فأنت عندما تدخل الحمام تستفيد من المعادلات المستعملة لتنظيم إمداد المياه، وحبوب فطورك تأتي من المحاصيل التي قُسّمت بمساعدة معادلات إحصائية. عند ذهابك إلى العمل بالسيارة تذكر أن تصميم سيارتك الديناميكي الهوائي جزء من

معادلات نافييير ستوكس Navier-Stokes التي تصف كيف تنساب تيارات هوائية فوق وحول سيارتك. تشغيل SatNav التابع للسيارة (نظام استقبال تحديد المواقع العالمي) يَتضمّن فيزياء الكمّ ثانيةً، زائداً قوانين حركة نيوتن والجاذبية ،الذي ساعد على إطْلاق الأقمار الصناعية لتحديد المواقع الجغرافية ووضع مداراتها. هي أيضا تستعمل معادلات مولّد العددِ العشوائية لتوقيت الإشارات، ومعادلات مثلثية لحِساب الموقع، والنسبية الخاصة والعامّة للتتبع الدقيق لحركة الأقمار الصناعية ضمن جاذبية الأرض.

بدون معادلات، أغلب تقنيتنا ما كَانت لتَخترع، صحيح أن اختراعات مهمة مثل النار والعجلة حدثت بدون أيّ معرفة رياضية، رغم ذلك بدون

*تستعمل معادلات مولّد العددِ العشوائية لتوقيت الإشارات، ومعادلات مثلثية لحِساب الموقع، والنسبية الخاصة والعامّة للتتبع الدقيق لحركة الأقمار الصناعية ضمن جاذبية الأرض.*

معادلات نحن كنا سنظل عالقين بعالم القرون الوسطى.

المعادلات تصل أبعد بكثير من التقنية أيضاً. بدونها، نحن لم يكن عندنا فهم الفيزياءِ التي تسيطر على المد والجزر، والطقس المتغيّر باستمرار، وحركات الكواكب، والأفران النووية للنجوم، والمجرات اللولبية، وسعة الكون ومكاننا ضمنه.

هناك آلاف المعادلات المهمة، لكني سأُركّز على سبع معادلات هنا ـ معادلة الموجةَ، ومعادلات ماكسويل الأربع، وتحويل فوريه ومعادلة شرودنجر- موضحا كيف أن ملاحظات تجريبية أدّتْ إلى المعادلات التي نستعملها في كلا من العلم و الحياة العادية.

## معادلة الموجة

نحن نعيش في عالم الموجات، تكتشف آذاننا موجاتَ الضغط في الهواء كصوت، وتكتشف عيوننا موجات الضوء، وعندما يضرب زلزال بلدة ما، الدمار سببه الموجاتِ الزلزاليةِ التي تَتحرّك خلال الأرض.

علماء الرياضيات والعلماء يُمكن أَن يخفقوا في التفكير بشأن تلك الأمواج، لكن نقطة انطلاقهم جاءت من الفنون: كَيف أن

وتر كمان يصنع صوتاً؟ يعود السؤال إلى جالية يونانيَّة قديمة هي الفيثاغوريون Pythagoreans، زعيمهم فيثاغورث وجد أن وترين لهما نفس النوع والتوتّر وأطوالهما يكونا بنسبة بسيطة، مثل ٢:١ أَو ٣:٢، ينتجان نغمات تبدو منسجمةَ سوية جداً. النِسَب الأكثر تعقيداً مخالفة شاذة في الصوت.

عالم الرياضيات السويسري يوهان برنولي الذي بدأَ بفهم هذه الملاحظات؛ ففي ١٧٢٧م شكّل وتر كمان كقيم كبيرة من نقاط كتلية متقاربة كثيراً، ومرتبطة سوية بزنبركات، أستعمل قوانين نيوتن لكِتابَة معادلاتِ نظام هذه الحركة، وقام بحلّ تلك المعادلات، من الحلولِ، أستنتج بأنّ الشكل الأسهل لتذَبذب وتر هو منحنى جيب. هناك أنماط أخرى من الاهتزاز أيضاً – منحنى الجيب الذي فيه

عالم الرياضيات السويسري يوهان برنولي الذي بدأَ بفهم هذه الملاحظات؛ ففي ١٧٢٧م شكّل وتر كمان كقيم كبيرة من نقاط كتلية متقاربة كثيراً، ومرتبطة سوية بزنبركات، أستعمل قوانين نيوتن لكِتابَة معادلاتِ نظام هذه الحركة، وقام بحلّ تلك المعادلات، من الحلولِ

يتلاءم أكثر من موجة واحدة إلى طولِ الوتر، يُعرف عند الموسيقيين بالتوافقيات harmonics .

## مِن الموجاتِ إلى اللاسلكي

بعد ٢٠ سنة تقريباً، جين دالمبرت d'Alembert تابع بإجراء مماثل، لَكنَّه ركّز على تَبسيط معادلات الحركة بدلاً من إيجاد حلول لها. الذي ظهر كَان معادلة رائعة تصف كَيفَ أن شكلَ الوتر يتغير مع الزمن، هذه معادلة الموجة، وهي تنص على أن تعجيل أيّ جزء صغير من الوتر يتناسب إلى التوتّر الذي يسلط عليه، يُشير ضمناً إلى أنَّ الموجات التي ترددتها ليست بنسب بسيطة تُنتج ضوضاء رَنين غير سارة المعروفة بالـ"ضرباتِ beats ". هذه أحد الأسباب التي تجعل النسب العددية البسيطة تعطي نغمات التي تبدو منسجمة.

معادلة الموجة يُمكن أَن تُعدّل للتعامل مع الظواهر المضطربة الأكثر تعقيداً، مثل الزلازل. سمحت الإصدارات المتطوّرة لمعادلة الموجةَ لعلماء الزلازل أن يكتشفوا ما الذي يحدث على بعد مئات الأميال تحت أقدامنا، فيمكن للعلماء أَن يرسموا خريطة لصفائح الأرض التكتونية Earth's tectonic plates كصفيحة تنزلق تحت أخرى مسببة زلازل وبراكين.

الجائزة الكبرى في هذا المجال في طريقة موثوقة لتوقُّع الزلازل والثورات البركانية، ويتم دعم العديد من الطرق التي تجري استكشافها استنادا على معادلة الموجة.

لكن الفكرة الأكثر تأثيراً مِنْ معادلة الموجة ظهرت من دراسة معادلات ماكسويل للكهرومغناطيسية، في ١٨٢٠م، أضاء أكثر ناسِ بيوتِهم باستعمال الشموع والفوانيس، لكن خلال ١٠٠ سنة، البيوت والشوارع أصبحت مضاءة بالكهرباء، والرسائل اللاسلكية يمكن أَن تُرسل عبر القارات، والناس حتى بدؤوا بالكَلام مع بعضهم البعض بالهاتف، والاتصال اللاسلكي كان قد عُرض في المختبرات.

هذه الثورة الاجتماعية والتقنية كان سببها اكتشافات عالِمين؛ في غضون

*لكن الفكرة الأكثر تأثيراً مِنْ معادلة الموجة ظهرت من دراسة معادلات ماكسويل للكهرومغناطيسية، في ١٨٢٠م، أضاء أكثر ناسِ بيوتِهم باستعمال الشموع والفوانيس، لكن خلال ١٠٠ سنة، البيوت والشوارع أصبحت مضاءة بالكهرباء، والرسائل اللاسلكية يمكن أَن تُرسل عبر القارات*

١٨٣٠م، أَسّس مايكل فاراداي Faraday الفيزياء الأساسية للكهرومغناطيسية، وبعد ثلاثون سنةً جيمس كلارك ماكسويل Maxwell بدأَ مسعاه لصياغة أسس رياضية لتجارب ونظريات فاراداي.

في ذلك الوقت، أكثر الفيزيائيين الذين يعملونَ على الكهرباء والمغناطيسية كَانوا يبحثون عن أوجه الشبه بالجاذبية- التي يُنظر إليها باعتبارها قوة بين الأجسام على مسافة. فاراداي كان عنده فكرة مختلفة: لشرح سلسلة تجارب أجراها على الكهرباء والمغناطيسية، أفترض بأنّ كلتا الظواهر هي مجالات التي تتخلّل الفضاء متغيرة مع الزمن يُمكن اكتشافها بالقوى التي تنتجها. طرح فاراداي نظرياته بلغة التراكيب الهندسية، مثل خطوط القوة المغناطيسية.

أعاد ماكسويل صياغة هذه الأفكار بالتناظر برياضيات تدفق الموائع، لقد استنتج أن خطوط القوة كانت تماثل المسارات التي تتبعها جزيئات مائع وأن قوّة الحقلِ الكهربائي أَو المغناطيسي كانت مماثلةَ لسرعة المائع، في عام ١٨٦٤م ماكسويل كتب أربع معادلات للتفاعلات الأساسية بين الحقول الكهربائية والمغناطيسية؛ معادلتان تُخبراننا بأنّ الكهرباء

والمغناطيسية لا تَستطيعان التسريب بعيداً. الاثنتان الأخريتان تُخبراننا أنه عندما منطقة المجال الكهربائي تدور في دائرة صغيرة، تصنع حقل مغناطيسي، والمنطقةِ الدوارة من الحقلِ المغناطيسيِ تصنع مجال كهربائي.

لَكنّ عمل ماكسويل لاحقاَ كان مدهشا جداً، فبأداء بضعة تلاعبات بسيطة على معادلاته، نجح في اشتقاق معادلة الموجةَ وأستنتج بأنّ الضوء يجب أَن يكون موجةً كهرومغناطيسية، هذا لوحده كان خبراً هائلا، فلا أحد تخيّل مثل هذه العلاقة الأساسية بين الضوءِ والكهرباء والمغناطيسية. وكان هناك أكثر. يكون الضوء في ألوان مختلفة، مقابلة لأطوال موجة مختلفة، إنّ أطوال الموجة التي نراها مقّيد بكيمياءِ صبغات اكتشاف العين للضوء.

*لَكنّ عمل ماكسويل لاحقاَ كان مدهشا جداً، فبأداء بضعة تلاعبات بسيطة على معادلاته، نجح في اشتقاق معادلة الموجةَ وأستنتج بأنّ الضوء يجب أَن يكون موجةً كهرومغناطيسية، هذا لوحده كان خبراً هائلا، فلا أحد تخيّل مثل هذه العلاقة الأساسية بين الضوءِ والكهرباء والمغناطيسية*

أدّت معادلات ماكسويل إلى تنبؤ مثير – إن كل الموجات الكهرومغناطيسية لكلّ أطوال الموجة يجب أَن توجد. بعضها – ذات أطوال موجات أكبر مما يُمكننا رؤيتها - ستغير العالمَ إنها موجات الراديو.

في ١٨٨٧م عرض هانريش هيرتز Hertz موجات الراديو بشكل تجريبي، لكنَّه فشل في إدراك تطبيقاتها الثورية. نيقولا تيسلا Tesla وجوجليلمو ماركوني Marconi وآخرون حوّلوا الحلم إلى الحقيقة، والأبهة الكاملة للاتصالات الحديثة، من الراديو والتلفزيونِ إلى الرادارَ ووصلات المايكرويف للتلفونات الخلوية، تتابعت طبيعياً. وهذا ناتج كليا عن أربع معادلات وبضعة من الحسابات، معادلات ماكسويل لم تُغيّر العالم فقط، بل مهدت السبيل لعالم جديد.

بقدر أهمية ما تصفه معادلات ماكسويل وبالرغم من أن المعادلات كَشفت بأنّ الضوء هو موجة، وجد الفيزيائيون باكرا بأنّ سلوكَ الضوء كَانَ أحياناً على خلاف مع وجهةِ النظر هذه. يتألق الضوء على سطح المعدن وينتج كهرباء, دَعت هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئيَ photoelectric effect؛ هي مفهومة فقط إذا تصرّف الضوء مثل جزيئة، لذا

هل الضوء موجة أَم جزيئة؟ في الحقيقة، قليلاً من كليهما . المادة مصنوعة من الموجات الكمّية، وباقةَ متلاحمة من الموجات تتصرّف مثل جزيئة.

## حيّاً أو ميّتاَ

في ١٩٢٧م كتب إروين شرودنجر Schrödinger معادلة للموجات الكَمّية، التي وافقت التجارب بشكل جميل لكنها رسمت صورة عالم غريب جداً، في أي جزيئات أساسية مثل الإلكترون التي لم تعد أجسام واضحة المعالم، لكن غيوم احتمالية. يدور الإلكترون مثل عملة معدنية التي يُمكن أَن تكون نصف وجه ونصف وجه آخر حتى تقع على المنضدة، بشكل مبكر علماء نظريون كانوا قلقين حول كلّ الأسلوب الكَمّي الغريب ؛ مثل القطط

*في ١٩٢٧م كتب إروين شرودنجر Schrödinger معادلة للموجات الكَمّية، التي وافقت التجارب بشكل جميل لكنها رسمت صورة عالم غريب جداً، في أي جزيئات أساسية مثل الإلكترون التي لم تعد أجسام واضحة المعالم، لكن غيوم احتمالية*

التي تكون ميتة وحيّة بشكل آني، والأكوان المتوازية التي فيها ربح أدولف هتلر الحرب العالمية الثانية.

ميكانيكا الكم لم تنحصر في مثل هذه الألغاز الفلسفية، تقريباً كلّ الأدوات الحديثة من حاسبات و تلفونات خلوية ولوحات مفاتيح ألعاب وسيارات وثلاجات وأفران – التي تحتوي ذاكرة مستندة على الترانزستور، الذي عمله يعتمد على ميكانيكا كم أشباه الموصلات. الاستخدامات الجديدة لميكانيكا الكم تصل أسبوعيا تقريباً. النقاط الكَمّية Quantum dots- كتل صغيرة جداً شبه موصل - يُمكن أَن تبعث ضوء بأيّ لون وتستعمل للتصوير الحيوي، حيث تحل محل الأصباغ التقليدية السامة في أغلب الأحيان.

المهندسون والفيزيائيون يحاولون اختراع حاسوب كمّي، الذي يُمكن أَن يؤدي العديد من الحسابات المختلفة بشكل متوازي، مثل القطّة التي كلاهما حيّة وميتة.

الليزر تطبيق آخر من ميكانيكا الكم، نستعمله لقراءة المعلومات من الحُفر أَو العلامات الصغيرة جداً على الأقراص المدمجة، والمضغوطة وأقراص بلو راي ray- Blu. يستعمل الفلكيون الليزر لقياس المسافة من الأرض إلى

القمر، هو قد يكون محتملة حتى لإطلاق عربات الفضاء من الأرض على ظهر شعاع ليزر قوي.

الفصل النهائي في هذه القصّة يجيء من المعادلة التي تساعدنا لنفهم الموجات. نبدأُ من عام ١٨٠٧م، عندما أبتكر جوزيف فوريه Fourier معادلةً لتدفق الحرارة. تقدّم بورقة علميه إلى الأكاديمية الفرنسية للعلوم، لكنّها رُفضت. في ١٨١٢م، جَعلت الأكاديميةَ موضوع الحرارة جائزتها السنوية، فتقدّم فوريه بورقة أطول ومنقحة- وربحَ الجائزة.

الفصل النهائي في هذه القصّة يجيء من المعادلة التي تساعدنا لنفهم الموجات. نبدأُ من عام ١٨٠٧م، عندما أبتكر جوزيف فوريه Fourier معادلةً لتدفق الحرارة. تقدّم بورقة علميه إلى الأكاديمية الفرنسية للعلوم، لكنّها رُفضت. في ١٨١٢م، جَعلت الأكاديميةَ موضوع الحرارة جائزتها السنوية، فتقدّم فوريه بورقة أطول ومنقحة- وربحَ الجائزة.

السمة الأكثر إثارة في ورقة فوريه الفائزة ما كانت المعادلةَ، لكن حلّها. مشكلة مثالية كَانت أَن تَجدَ كيفية أن درجةَ الحرارة على طول قضيب رفيع تتغير بمرور الوَقت، بافتراض درجةِ

الحرارة الجانبية الأولية. فوريه يُمكن أَن يحل هذه المعادلة بسهولة إذا تغيّرتْ درجةَ الحرارة مثل موجة جيب على طولها؛ لذا مثّل الشكل الجانبي الأكثر تعقيدا كإتلاف من منحنيات الجيبِ بأطوالِ الموجة المختلفةِ، هو حل المعادلةَ لكلّ منحنى جيب مكوّن، وأضافتْ هذه الحلول سوية.

أدعى فورييه بأَنَّ نجاح هذه الطريقةِ لأي وضع على الإطلاق، حتى لو كانت درجةَ الحرارة تقفز فجأة في القيمة. كل ما عليك القيام به كان هو جمع عدد لانهائي من الإتلافات من منحنيات الجيب مع ذبذبات أكثر فأكثر.

رغم ذلك، ورقة فورييه الجديدة انتقدت بسبب أنها ما كَانتْ دقيقة بما فيه الكفاية، ومرةً أخرى الأكاديمية الفرنسية رَفضتْ نشرها. في ١٨٢٢م أهمل فورييه الاعتراضات ونَشر نظريته ككتاب. بعد سنتين، عُين فورييه في وظيفة سكرتير في الأكاديمية، فتحدّى نقّاده، ونَشر ورقته الأصلية في مجلّة الأكاديمية. على أية حال، النقّاد كَانَ عندهم وجهة نظر. علماء الرياضيات كَانوا بدؤوا بإدراك أن تلك المتسلسلات اللانهائية كَانت وحوش خطرة؛ فهي لَم تتصرّف مثل الكميات المحدودة اللطيفة دائماً. حَلّ هذه القضايا ظَهر صعباً بوضوح، لكن

القرار النهائي كان أن فكرةِ فوريه يُمكن أَن تكون صارمة باستبعاد التشكيلات الشاذّة جداً، والنتيجةَ هو تحويل فوريه Fourier transform، وهي تلك المعادلة التي تتعامل مع إشارة زمنية متفاوتة كمجموع متسلسلة منحنيات الجيب المكوّنة وتحسب سعاتها وترددتها.

اليوم يُؤثّر تحويل فوريه على حياتنا بطرق لا تعد ولا تحصى؛ على سبيل المثال، نحن يُمكن أَن نستعمله لتَحليل إشارة الذبذبات الناتجة عن زلزال وحساب الترددات في الطاقة العظمى المتحررة من الأرضِ المهتزة. تتضمّن التطبيقات الأخرى إزالة الضوضاءِ من تسجيلات الصوت القديمة

اليوم يُؤثّر تحويل فوريه على حياتنا بطرق لا تعد ولا تحصى؛ على سبيل المثال، نحن يُمكن أَن نستعمله لتَحليل إشارة الذبذبات الناتجة عن زلزال وحساب الترددات في الطاقة العظمى المتحررة من الأرضِ المهتزة. تتضمّن التطبيقات الأخرى إزالة الضوضاءِ من تسجيلات الصوت القديمة، وايجاد تركيب الحمض النووي DNA باستعمال صور الأشعة السينية ،

وتحسّين الاستقبال الإذاعي ومنع الاهتزازات غير المرغوبةَ في السيارات، زائد هناك تطبيق الذي معظمنا يستعمله بشكل غير متعمّد في كلَّ مَرَّة وهو التقاط صورة رقمية.

إذا حسبت كم المعلوماتَ المتطلبة لتمثيل اللون والسطوع في كلّ نقطة ضوئية لصورة رقمية، ستكتشف بأنّ الكاميرا الرقمية تحشر المعلومات إلى بطاقةِ ذاكرتها حوالي ١٠ مرات بقدر البيانات التي يمكن للبطاقة استيعابها ! الكاميرات تعمل هذا باستعمال ضغطِ بياناتJPEG، الذي يجمع خمس خطوات ضغط مختلفة، أحدها نسخة رقمية من تحويل فوريه، التي تستعمل إشارة تتغير ليس مع الوقت لكن مع مرور الصورة. إنّ الرياضياتَ متماثلة فعليا، فتقلل الخطوات الأربع الأخرى البيانات إلى مستوى أبعد، إلى حوالي عُشر الكمية الأصلية.

هذه فقط سبع من العديد من المعادلات التي نصادفها كلّ يوم، لا ندرك بأنّها هناك، لكن تأثير المعادلات على التأريخ يذهب إلى أبعد من ذلك بكثير، فيمكن لمعادلة ثورية حقاً أن يكون لها تأثير أعظم على الوجود الإنساني من كلّ الملوك والملكات الذي تَملأُ مكائدهم كتب تأريخنا.

هناك (أَو قد يَكون) معادلة واحدة، أهم من ذلك كله، التي الفيزيائيون وعلماء الكونيات cosmologists يحبّون كثيراً أَن يتمسكوا بها: نظرية كلّ شيء التي توحّد ميكانيكا الكمَ والنسبيةَ. أفضل النظريات المعروفة من النظريات العديدة المرشّحة في هذا المجال هي نظريةُ الأوتار الفائقة superstrings، لكن كل ما نعرفه أن معادلاتنا للعالم الطبيعيِ قد تكون مجرد نماذج مبالغة في التبسيط التي تُخفق في التقاط التركيب العميق للواقع، فحتى إذا الطبيعة تطيع قوانين كونية، فالقوانين قد لا تكون قابل للتعبير عنها كمعادلات.

بعض العلماء يَعتقدونَ بأنّه قد حان الوقت لنتخلى عن المعادلات التقليدية تماما لمصلحة الخوارزميات algorithms- وصفات

*هناك (أَو قد يَكون) معادلة واحدة، أهم من ذلك كله، التي الفيزيائيون وعلماء الكونيات cosmologists يحبّون كثيراً أَن يتمسكوا بها: نظرية كلّ شيء التي توحّد ميكانيكا الكمَ والنسبيةَ. أفضل النظريات المعروفة من النظريات العديدة المرشّحة في هذا المجال هي نظريةُ الأوتار الفائقة superstrings، لكن كل ما نعرفه أن معادلاتنا للعالم الطبيعيِ*

أكثر عمومية لحساب الأمور التي تنطوي عليها عملية اتخاذ القرارات، لكن حتى يجيء ذلك الوقت، رؤانا العظمى بقوانينِ الطبيعة ـ أكثر من ما مضى ـ لا تزال تأخذ شكل المعادلات، ونحن يجب أَن نتعلّم كيف نفهمها ونقدّرها، فالمعادلات لها سجل نجاحات غيّرت العالمَ حقاً وهي ستغيّره ثانية.

***

**ملاحظات:**

* نشر هذا المقال (المترجم) في مجلة العربي العلمي العدد التاسع سبتمبر ٢٠١٢م.

- مصدر المقال:

http://www.newscientist.com/article/mg٢١٣٢٨٥١٦.٦٠٠-seven-equations-that-rule-your-world.html

** إيان ستيوارت عالم رياضيات في جامعةِ وارويك Warwick،المملكة المتحدة، كتابه الأخير، سعياً وراء المجهول: ١٧ معادلة التي غيّرتْ العالمَ.

رجوع للفهرس

***

# هل الكون حتمي أم احتمالي؟*

ستيفن هوكينج*

هذه المحاضرة حول ما إذا كنا نستطيع التنبؤ بالمستقبل أو ما إذا كان التنبؤ إجراء تعسفي وعشوائي.

في العصور القديمة بدى العالَم تعسفيًا ؛فالكوارث كالفيضانات والأمراض كانت تبدو أنها تحدث من بدون سابق إنذار أو سبب واضح ،وكانت المجتمعات البدائية تُرجع حدوث تلك الظواهر الطبيعية للآلهة والتي كانت تتصرف بشكل هوائي ولم يكن بالإمكان التنبؤ بتصرفاتها، وكان يعتقد أنه بالعطايا والهبات من الممكن أن يؤمن جانب هذه الآلهة ،وما زال البعض يؤمن بذلك بطريقة أو بأخرى؛ كأن يعد الله بأمور إن

هو أصاب ثروة أو نال علامة عالية في امتحان. ومع ذلك تدريجيًا، لاحظ الناس أنه لابد أن يكون انتظامًا معينًا في سلوك الطبيعة، هذه الانتظامات كانت الأكثر وضوحًا في حركة الأجرام السماوية عبر السماء ،ولذا كان علم الفلك أول علم يتم تطويره ،وقد وضع على قاعدة رياضية وطيدة من قبل نيوتن منذ أكثر من ٣٠٠ سنة ،وما نزال نستخدم نظريته في الجاذبية لتوقع حركة كل الأجرام السماوية تقريبًا، ومشابهة لعلم الفلك ، وجد أن الظواهر الطبيعية الأخرى أيضاً تخضع لقوانين علمية محددة ؛وأدى هذا إلى فكرة الحتمية العلمية ،والتي يبدو أن أول من عبّر عنها علنًا هو العالم الفرنسي لابلاس. أعتقد أنني أود أن أقتبس لكم الكلمات الحقيقية للابلاس لذلك سألت صديقاً

*لاحظ الناس أنه لابد أن يكون انتظامًا معينًا في سلوك الطبيعة، هذه الانتظامات كانت الأكثر وضوحًا في حركة الأجرام السماوية عبر السماء ،ولذا كان علم الفلك أول علم يتم تطويره*

لتعقبها - فهي بالفرنسية طبعًا - ولا أتوقع أي مشكلة مع هذا الحضور، ولكن المشكلة هي أن لابلاس كان يشبه بروست(١)، في أنه كان يكتب جمل غير منظمة و معقدة، ولذا قررت أن أقتبس بتصرف وبكلماتي؛ لقد قال لابلاس إنه إذا عرفنا في وقت سابق سرعات ومواقع كل الجسيمات في الكون نستطيع أن نحسب سلوكها في أي وقت آخر في الماضي أو في المستقبل. هناك قصة ملفقة على الأرجح أنه عندما سأل نابليون لابلاس كيفية أن الله اتقن هذا النظام ، فأجاب : 'مولاي، أنا لا أحتاج هذه الفرضية.' لا أعتقد أن لابلاس كان يدعي أن الله غير موجود، إنه فقط لا يتدخل لخرق قوانين العلم. ويجب أن يكون هذا هو موقف كل عالِم ؛فأي قانون علمي لن يكون علمياً إذا كان مقيد فقط متى أن عالَم ما وراء الطبيعة ، يُقرر ترك الأشياء تعمل ولا يتدخّل .

الفكرة القائلة بأن حالة الكون في وقت سابق تحدد الحالة في جميع الأوقات الأخرى، كانت عقيدة مركزية للعلم منذ زمن لابلاس، فإنها تعني ضمناً أننا نستطيع التنبؤ بالمستقبل من حيث المبدأ على الأقل، وبالممارسة فإن قدرتنا على التنبؤ بالمستقبل محدودة للغاية بتعقيد المعادلات، وفي الحقيقة إن

هذه المعادلات لديها في كثير من الأحيان خاصية تسمى الفوضى، وهذا يعني أن أي اضطراب صغير في مكان ما قد يحدث تغيرًا كبيرًا في مكان آخر كما يعلم من شاهد فيلم الحديقة الجوارسية (٢)، ففراشة ترفرف بأجنحتها يمكن أن تتسبب الأمطار في الحديقة العامة في نيويورك، والمشكلة هي أنها ليست قابلة للتكرار، في المرة القادمة فراشة ترفرف بأجنحتها فإن مجموعة أخرى من الأحداث سوف تكون مختلفة والتي سوف تؤثر أيضاً على الطقس، ولهذا فإن التنبؤات الجوية لا يمكن الاعتماد عليها.

*هذه المعادلات لديها في كثير من الأحيان خاصية تسمى الفوضى، وهذا يعني أن أي اضطراب صغير في مكان ما قد يحدث تغيرًا كبيرًا في مكان آخر كما يعلم من شاهد فيلم الحديقة الجوارسية (٢)، ففراشة ترفرف بأجنحتها يمكن أن تتسبب الأمطار في الحديقة العامة في نيويورك*

## ميكانيكا الكم

على الرغم من هذه الصعوبات العملية فالحتمية العلمية ظلت العقيدة الرسمية

خلال القرن التاسع عشر، ومع ذلك ، في القرن العشرين، كان هناك أمران من التطورات التي تبين أن رؤية لابلاس Laplace للتنبؤ الكامل بالمستقبل لا يمكن أن تتحقق؛ أول هذه التطورات ما كان يسمى ميكانيكا الكم، التي قدمها عالم الفيزياء الألماني ماكس بلانك أولاً في عام ١٩٠٠ كفرضية مخصصة من أجل حل مفارقة بارزة، فوفقاً لأفكار القرن التاسع عشر الكلاسيكية - والتي يعود تاريخها إلى لابلاس - فأي جسم ساخن مثل قطعة من المعدن الحار الأحمر ، يجب أن تبعث إشعاعاً وسوف يفقد الطاقة على هيئة موجات الراديو أو أشعة دون الحمراء أو ضوء مرئي أو أشعة فوق بنفسجية أو أشعة سينية أو أشعة جاما وكلها بنفس النسبة ولا يعني فقط هذا أننا سوف نموت كلنا بسرطان الجلد ، ولكن أيضا كل شيء في الكون سيكون في نفس درجة الحرارة التي من الواضح أنها ليست كذلك، لكن بلانك أظهر أنه يمكن تجنب هذه الكارثة إذا تخلينا عن فكرة أن كمية الإشعاع يمكن أن يكون لها أي قيمة ، وقال بدلاً من ذلك أن الإشعاع يكون فقط في رزم أو كميات من حجم معين وهو قليل ،مثل القول أنه لا يمكنك شراء السكر دفعة واحدة من سوبر ماركت

،ولكن فقط في أكياس كيلوغرام ، فالطاقة في الحزم أو الكوانتا (٣) أعلى من الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية والاشعة تحت الحمراء أو الضوء المرئي ،وهذا يعني أن أي جسم إذا لم يكن حار جدًا- مثل الشمس- فإنه لن تكون له طاقة كافية لإطلاق حتى كم واحد من الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية، وهذا هو السبب في أننا لا نحصل على حروق من فنجان قهوة.

اعتبر بلانك أن فكرة الكوانتا quanta مجرد خدعة رياضية وليس لها أي واقع فيزيائي قد تعنيه، لكن علماء الفيزياء بدؤوا في العثور على سلوكيات أخرى لا يمكن أن تُفسر إلا بالكم أو قيم كمية بدلاً من قيم متغيرة باستمرار؛ على سبيل المثال وجدوا أن الجسيمات الأولية تتصرف مثل قمم صغيرة تدور محور الدوران، هذه الحركة المغزلية لا تأخذ أي قيمة بل مضاعفات وحدة أساسية، ولأن هذه الوحدة صغيرة جداً لا يلاحظ المرء أن الجسيم يبطئ بخطوات منفصلة سريعة بدلاً عن عملية متواصلة.

ولكن لجسيمات صغيرة مثل الذرات, طبيعة القيمة المغزلية المنفصلة مهمة جداً.

مر بعض الوقت قبل أن ينتبه الناس إلى أثر النظرية الكمية على الحتمية ،وفي عام ١٩٢٦ أشار الفيزيائي الألماني فيرنر هيزنبرج Heisenberg Werner إلى أن سرعة وموقع جسيم لا يمكن أن تُقاس بدقة ، فلكي ترى أين يوجد جسيم ما يجب أن ترميه بشعاع (تضيء عليه الضوء) ،ولكن بحسب بلانك لا يمكنك أن ترميه بأي شعاع اعتباطياً, يجب أن ترميه بكم واحد على الأقل وهذا سيسبب الاضطراب للجسيم وسيغير سرعته بطريقة غير متوقعة ،وسوف تضطر إلى استخدام ضوء بطول موجة قصيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية أو أشعة

*مر بعض الوقت قبل أن ينتبه الناس إلى أثر النظرية الكمية على الحتمية ،وفي عام ١٩٢٦ أشار الفيزيائي الألماني فيرنر هيزنبرج Heisenberg Werner إلى أن سرعة وموقع جسيم لا يمكن أن تُقاس بدقة*

غاما، ولكن مرة أخرى من خلال عمل بلانك (كوانتا) من هذه الأشكال من الضوء أعلى من تلك الطاقات للضوء المرئي ذلك أنها سوف تغير سرعة الجسيمات أكثر من ذلك، فلا نجاح في تلك الحالة : فمحاولة لقياس دقيق لموضع الجسيمات يمثل دقة أقل لمعرفة السرعة والعكس بالعكس ، هذا هو

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{h}{2\pi}$$

ملخص مبدأ عدم اليقين التي وضعه هيزنبرج ؛ فعدم اليقين في موضع الجسيمات مضروبًا في عدم اليقين في سرعتها هو دائما أكبر من كمية

تسمى ثابت بلانك ، مقسوما بكتلة الجسيم.

رؤية لابلاس في الحتمية العلمية تتضمن معرفة مواضع وسرعات الجسيمات في الكون في نفس الوقت، وهذا ما قوضه مبدأ هيزنبرج في عدم اليقين بشكل خطير ! فكيف يمكن لأحد التنبؤ بالمستقبل عندما لا يمكنه أن يقيس كل المواضع والسرعات للجسيمات في الوقت الحالي بدقة ؟ بغض النظر عن مدى قوة جهاز الكمبيوتر لديك ، فإذا أعطيته

بيانات رديئة ستحصل على تنبؤات رديئة .

كان أينشتاين مستاء للغاية حول هذه العشوائية الظاهرة في الطبيعة وكانت وجهات نظره تتلخص في عبارته الشهيرة 'إن الله لا يلعب بالنرد' ، إنه على ما يبدو رأى أن حالة عدم اليقين مؤقتة فقط ، ولكن هناك حقيقة كامنة وهي أن الجسيمات لها مواقع وسرعات محددة وسوف تتطور وفقاً لقوانين الحتمية بروح لابلاس.

*كان أينشتاين مستاء للغاية حول هذه العشوائية الظاهرة في الطبيعة وكانت وجهات نظره تتلخص في عبارته الشهيرة "إن الله لا يلعب بالنرد" ، إنه على ما يبدو رأى أن حالة عدم اليقين مؤقتة فقط*

هذه الحقيقة قد تكون معروفة لله ولكن الطبيعة الكمية للضوء تمنعنا من مشاهدتها الا من خلال زجاج معتم، وجهة نظر أينشتاين ما يمكن أن يسمى الآن نظرية المتغير الخفي، قد تبدو نظريات المتغير المخفية أنها الطريقة الأكثر وضوحا لدمج مبدأ عدم اليقين في

الفيزياء هذه النظريات تشكل الصورة الذهنية للكون والتي يتبناها عدد من العلماء و معظم فلاسفة العلم ، لكن هذه النظريات خاطئة فقد استطاع الفيزيائي البريطاني جون بل John bell أن يصمم تجربة من الممكن أن تميز نظريات المتغيرات المجهولة وعندما أجريت التجربة بدقة تناقضت النتائج مع نظريات المتغيرات المخفية.

علماء آخرون أكثر استعدادا من أينشتاين لتعديل وجهة نظر القرن التاسع عشر الكلاسيكية للحتمية فهناك نظرية جديدة - سميت ميكانيكا الكم- تم طرحها من قبل هيزنبرج والنمساوي اروين شرودينجر Erwin Schrodinger والفيزيائي البريطاني بول ديراك Paul Dirac - ديراك كان في وظيفتي أستاذ في كامبريدج.

فعلى الرغم من أن ميكانيكا الكم كانت موجودة منذ ما يقرب من ٧٠ عاماً، فإنها لا تزال غير مفهومة ولا مقدّرة عموما حتى لأولئك الذين يستخدمونها لعمل حسابات، ومع ذلك يجب أن تهمنا جميعا لأنها صورة مختلفة تماما عن الكون المادي بل عن الحقيقة نفسها.

في ميكانيكا الكم الجسيمات لا تملك مواقع محددة جيدًا وسرعات بدلاً من ذلك فهي ممثلة بواسطة ما يسمى دالة الموجة ؛ وهي عدد كل نقطة في

الفضاء، فسعة دالة الموجة يعطي احتمالية وجود جسيمات في ذاك الموضع ونسبة تغير دالة الموجة من نقطة إلى نقطة يعطي سرعة الجسيمات ومعدل دالة موجة واحد يمكن أن يبلغ القمة في منطقة صغيرة , هذا سوف يعني أن عدم اليقين في هذا الموقع ضئيل , لكن دالة الموجة ستتفاوت بسرعة كبيرة قرب القمة فوق في إحدى الجهات , وتحت في جهة أخرى

*هذا سوف يعني أن عدم اليقين في هذا الموقع ضئيل , لكن دالة الموجة ستتفاوت بسرعة كبيرة قرب القمة فوق في إحدى الجهات*

وبالتالي عدم اليقين في السرعة سوف تكون كبيرة ، وبالمثل يمكن أن تكون دالة الموجة عدم اليقين في السرعة صغير ، ولكن عدم اليقين في الموضع كبير.

دالة الموجة تحتوي على كل ما يمكن معرفته عن الجسيمات كلا من مواضعها وسرعاتها، فإذا كنت تعرف دالة موجة سابقا ، إذن فقيمتها محددة في أوقات أخرى عن طريق ما يسمى معادلة شرودنجر، وهكذا ما يزال لدينا نوع من الحتمية ولكنه ليس من النوع الذي تصوره لابلاس فبدلا من أن نكون قادرين على التنبؤ بمواضع وسرعات الجسيمات كل ما بوسعنا التنبؤ بدالة الموجة، وهذا يعني أننا يمكن أن نتنبأ فقط بنصف ما يمكن وفقا لوجهة نظر القرن التاسع عشر الكلاسيكية.

## الزمان والمكان والثقب الأسود

على الرغم من أن ميكانيكا الكم تؤدي إلى عدم اليقين فعندما نحاول التنبؤ بكل من الموضع والسرعات ، إلا أنها لا تزال تسمح لنا أن نتوقع - على وجه اليقين - خلطة واحدة من الموضع والسرعة ، لكن حتى تلك الدرجة من اليقين تبدو

مهددة من قبل المزيد من التطورات الأخيرة؛ وتظهر المشكلة لأن الجاذبية يمكن أن تشوه الزمكان إلى حد أنه يمكن أن توجد مناطق لا يمكننا رؤيتها .

ومن المثير للاهتمام أن لابلاس نفسه كتب ورقة في ١٧٩٩ عن كيفية أن بعض النجوم يمكن أن يكون لها مجال الجاذبية من القوة بحيث أن الضوء لا يستطيع الهروب ،ولكن يُجذب لداخل النجم حتى أن لابلاس حسب أن نجم بنفس كثافة الشمس - ولكن بحجم مائتين وخمسين مرة - له هذه الخاصية ، ولكن على الرغم أن لابلاس قد لا يكون تحقق من ذلك فقد قدمت نفس الفكرة منذ ١٦ عاماً سابقاً من قبل رجل كامبردج جون ميتشل في ورقة في المناقشات الفلسفية للجمعية الملكية، ميتشل و لابلاس كلاهما أعتقد أن الضوء يتكون من جسيمات – إلى ما تشابه كرات المدفع - التي يمكن أن تتباطأ بفعل الجاذبية وتجعله يتراجع إلى النجم ، ولكن التجربة الشهيرة - التي قام بها اثنان من الاميركيين نيكلسون ومورلي عام ١٨٨٧م - أظهرت أن الضوء دائما ينتقل بسرعة مائة وستة وثمانين ألف ميل في الثانية بغض النظر عن المكان الذي

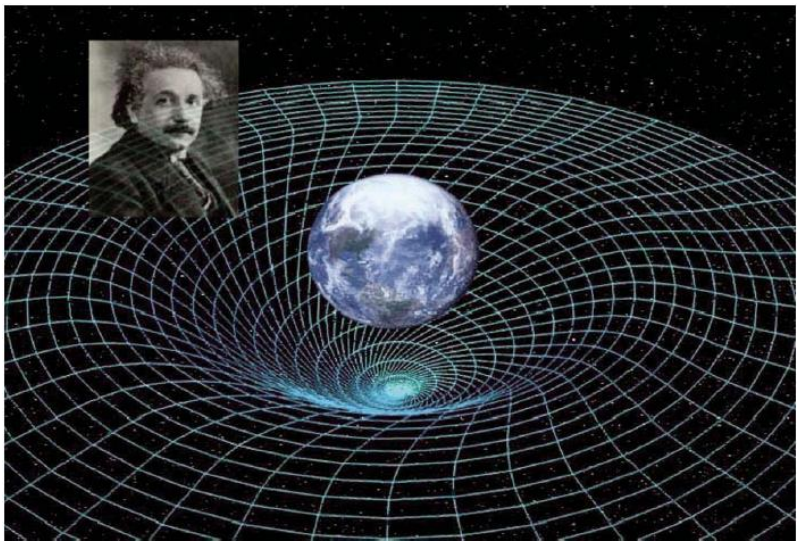
صدر منه، فكيف إذن يمكن للجاذبية ان تبطئ الضوء وتجعله يتراجع!

وكان هذا مستحيلاً وفقاً للأفكار المقبولة عن المكان والزمان ، ولكن في عام ١٩١٥ قدّم أينشتاين نظريته الثورية في النسبية العامة ،وفيها أن المكان والزمان لم يعودا كيانين مستقلين ومنفصلين بل اتجاهات مختلفة فقط في كائن واحد يسمى الزمكان، هذا الزمكان لم يكن مستو ولكن مشوه ومنحني بالمادة والطاقة التي فيه ، ومن أجل فهم هذا افترض نسيج من المطاط وضع ثقل عليه يمثل نجم ، فالثقل سيشكل انخفاض في المطاط ، وسوف يتسبب للنسيج تقويس قريب من النجمة بدلا من المستوي ، فإذا قام أحد الآن بإدراج كرات صغيرة على نسيج المطاط

*هذا الزمكان لم يكن مستو ولكن مشوه ومنحني بالمادة والطاقة التي فيه ، ومن أجل فهم هذا افترض نسيج من المطاط وضع ثقل عليه يمثل نجم ، فالثقل سيشكل انخفاض في المطاط*

فمساراتها ستنحني بدلاً من الخطوط المستقيمة.

في عام ١٩١٩ رصدت الحملة البريطانية لغرب أفريقيا الضوء القادم من النجوم البعيدة الذي مر بالقرب من الشمس أثناء الكسوف، فوجد الباحثون أن هذه الصور للنجوم كانت منزاحة قليلاً عن مواقعها الطبيعية ، وهذا يشير إلى أن مسارات الضوء من النجوم قد انحنت بالزمكان المقوس بالقرب من الشمس وأكدت النسبية العامة.



لنفترض الآن وضع أوزان أثقل وأثقل وأكثر تركيزًا على نسيج المطاط ، فسوف تضغط على النسيج أكثر وأكثر و في نهاية المطاف عند وزن وحجم حرجة ستصنع حفرة بلا قعر في النسيج ، والتي يمكن أن تقع فيها الجزئيات ولكن لا شيء يمكن الخروج منها.

ما يحدث في الزمكان وفقاً للنسبية العامة يشبه ذلك ؛ أي نجم سوف يحني الزمكان بالقرب منه سيشوه أكثر وأكثر والنجم ذو الكتلة الاضخم يكون ذو ضغط أكثر ، فإذا كان النجم كبير - الذي يحترق وقوده النووي بشده - فسيبرد وينكمش تحت حجمه الحرج فإنه يصبح – حرفيًا- تماماً حفرة بلا قعر في الزمكان التي الضوء لا يمكنه الخروج منها.

*ما يحدث في الزمكان وفقاً للنسبية العامة يشبه ذلك ؛ أي نجم سوف يحني الزمكان بالقرب منه سيشوه أكثر وأكثر والنجم ذو الكتلة الاضخم يكون ذو ضغط أكثر ، فإذا كان النجم كبير - الذي يحترق وقوده النووي بشده - فسيبرد وينكمش تحت حجمه الحرج*

مثل تلك الاجسام التي أطلق عليها عالم الفيزياء الأميركي جون ويلر اسم الثقوب السوداء -الذي كان أول من أدرك أهميتها والأسئلة التي تطرحها .

الاسم شاع بسرعة، فالأميركيون اقترحوه شيئاً مظلماً وغامضاً في حين مثل للبريطانيين رنين إضافي للثقب

الأسود في كلكتا (٤)، لكنّ الفرنسيين اعتبروا مسمى " trou noir : الثقب الأسود " مسمى بذيء ، وقاموا الاسم لسنوات ، لكن ذلك يوازي مثل محاولة الوقوف ضد عطلة نهاية الاسبوع ،وكان عليهم في النهاية أن يستسلموا... فمن يستطيع

مقاومة اسم له مثل هذا الحضور؟

لدينا الآن من الملاحظات التي تشير إلى أن الثقوب السوداء موجودة في عدد من الأجسام - من أنظمة نجم ثنائي إلى مركز للمجرات، لذلك الآن تم القبول بوجود الثقوب السوداء عمومًا، ولكن - بصرف النظر عن إمكانيتها في الخيال العلمي – ما هي دلالتها في الحتمية!

الجواب يكمن في الملصق الذي كان على باب مكتبي : الثقوب السوداء بعيدة عن الأعين، وتؤثر ليس فقط على

الجسيمات ورواد الفضاء تعيسي الحظ الذين يسقطون في ثقب أسود ولن يخرجوا مرة أخرى ، لكن أيضاً تؤثر على المعلومات التي يحملونها فقد فقدت إلى الأبد على الأقل من منطقتنا من الكون؛ فيمكنك رمي أجهزة التلفزيون أو خواتم الماس أو حتى أسوأ أعداءك في الثقب الأسود ، فجميع الثقوب السوداء سوف تتذكر الكتلة الكلية وحالة الدوران وسمى جون ويلر هذا ' ثقب أسود ليس لديه شعر.' فأكد هذا شكوك الفرنسيين .

طالما كان يعتقد بأن الثقوب السوداء سوف تستمر في الوجود إلى الأبد وهذه الخسارة في المعلومات لا تبدو مهمة كثيراً ويمكن للمرء أن يقول أن المعلومات لا تزال موجودة داخل الثقب الأسود ، ولكن من خارجه لا يستطيع أن يقول ما هي، ومع ذلك تغير الوضع عندما اكتشفتُ أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماما.

ميكانيكا الكم تسبب بانبعاث الثقوب السوداء للجسيمات والإشعاع بمعدل ثابت وجاءت هذه النتيجة بمثابة مفاجأة كبيرة لي وللآخرين ،ولكن بعد فوات الأوان فقد كان ينبغي أن يكون هذا واضحًا، فما نفكر به كفضاء فارغ ليس فارغاً فعلاً ولكن مليء بأزواج من الجسيمات والجسيمات المضادة التي تظهر معا في نقطة ما من المكان والزمان وتتحرك كلا على حدة ومن ثم تلتقيان معا وتبيد بعضها الآخر، هذه الجسيمات والجسيمات المضادة تحدث بسبب مجال مثل المجالات التي تحمل الضوء والجاذبية ، فلا يمكن أن تكون المجالات صفرًا بالضبط لأن هذا يعني أن قيمة هذا المجال ستكون له كلاً من موضع مضبوط (عند الصفر) وسرعة مضبوطة - أو معدل تغيير- (أيضاً

*ولكن بعد فوات الأوان فقد كان ينبغي أن يكون هذا واضحًا، فما نفكر به كفضاء فارغ ليس فارغاً فعلاً ولكن مليء بأزواج من الجسيمات والجسيمات المضادة التي تظهر معا في نقطة ما من المكان والزمان وتتحرك كلا على حدة*

صفر) وسيكون هذا ضد مبدأ عدم اليقين ؛ تماماً كجسيم لا يمكن أن يكون له كلاً من موضع مضبوط وسرعة مضبوطة ،ولذلك جميع المجالات يجب أن لديها ما نسميه تقلبات الفراغ ، فبسبب السلوك الكمي للطبيعة يمكن للمرء تفسير تقلبات الفراغ فيما يتعلق بالجسيمات والجسيمات المضادة كما وصفت.

هذه الأزواج من الجسيمات تحدث لجميع أنواع من الجسيمات الأولية وتدعى هي جسيمات افتراضية لأنها تحدث على مستوى الفراغ ولا يمكن قياسها مباشرة بواسطة كواشف الجسيمات ، لكن التأثيرات غير المباشرة لجسيمات افتراضية أو تقلبات الفراغ قد لوحظت في عدد من التجارب مؤكدة وجودها.

إذا كان هناك ثقب أسود موجود قريباً وواحد من الجسيمات والجسيمات المضادة قد وقع في الثقب وترك الجسيم الآخر دون شريك – الذي به تتم الإبادة - فالجسيمة المتروكة قد تقع في الثقب أيضاً ولكنها قد تهرب أيضاً إلى مسافة بعيدة عن الثقب حيث سوف تصبح جسيمة حقيقية التي يمكن قياسها

بواسطة جهاز كشف الجسيمات، ولشخص ما بعيد عن الثقب الاسود فإنها ستبدو منبعثة من الثقب.

هذا التفسير لكيفية أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماماً يجعل من الواضح أن الانبعاث سوف يعتمد على حجم الثقب الأسود وسرعة دورانه ، ولكن لأن الثقوب السوداء بدون شعر - في عبارة ويلر - فالإشعاع سوف يكون مستقلاً خلافاً لما سقط في الثقب، فلا يهم ما إذا كنت رميت أجهزة التلفزيون أو خواتم الماس أو أسوأ أعداءك في الثقب الأسود الذي سيخرج سيكون نفسه، لذا بموضوع الحتمية - وهذا ما يفترض أن تكون هذه المحاضرة عنه - التي تُظهر أن هناك العديد من الحالات الأولية - التي تحتوي على أجهزة التلفزيون وخواتم الماس وحتى الناس - التي

*هذا التفسير لكيفية أن الثقوب السوداء ليست سوداء تماماً يجعل من الواضح أن الانبعاث سوف يعتمد على حجم الثقب الأسود وسرعة دورانه ، ولكن لأن الثقوب السوداء بدون شعر - في عبارة ويلر - فالإشعاع سوف يكون مستقلاً خلافاً لما سقط في الثقب*

تتطور إلى نفس الحالة النهائية على الأقل خارج الثقب الأسود، لكن في صورة لابلاس للحتمية كان هناك تطابق واحد بين الحالات الأولى والحالات النهائية، فإذا كنت تعرف حالة الكون في وقت ما في الماضي يمكنك التنبؤ به في المستقبل ، وبالمثل إذا كنت على علم بذلك في المستقبل يمكنك ان تقدّر ما يجب أن يكون قد حدث في الماضي.

## احتمالية التنبوء

ظهور نظرية الكم في العشرينات خفض ما يمكن التنبؤ به إلى النصف، لكنها لا تزال تترك تطابق واحد بين حالات الكون في أوقات مختلفة ، فإذا عرف أحد دالة الموجة في وقت سابق يمكنه حسابها في أي وقت آخر، لكن مع الثقوب السوداء فإن الوضع يختلف نوعا ما ، سيكون المرء في نهاية المطاف مع نفس الحالة خارج الثقب - أياً ما رُمي فيه - له نفس الكتلة وهكذا ليس هناك تطابق واحد بين الحالة الأولى والحالة النهائية خارج الثقب الأسود ، بل سيكون هناك تطابق واحد بين الحالة الأولى والحالة النهائية في كل من خارج وداخل الثقب الأسود لكن النقطة المهمة هي أن انبعاث الجسيمات والإشعاع بواسطة الثقب الأسود سوف يتسبب أن الثقب سيفقد

كتلته ويصيح أصغر وفي نهاية المطاف يبدو أن الثقب الأسود سوف يبدأ في التناقص إلى كتلة صفر وسوف يختفي تمامًا.

ماذا سيحدث بعد ذلك لكافة الأجسام التي سقطت في الثقب وجميع الناس الذين إما قفزوا فيه أو سحبوا إليه؟ إنهم لا يستطيعون الخروج مرة أخرى بسبب عدم وجود ما يكفي من الكتلة أو الطاقة المتبقية في الثقب الأسود لإرسالهم خارجا مرة أخرى، ربما يمكنهم أن ينتقلوا إلى كون آخر لكن هذا لا يمثل شيئاً من شأنه أن يصنع أي فرق لنفر منا مْن لهم من الحكمة ما يكفي لعدم القفز إلى ثقب اسود ، حتى المعلومات عمّا سقط في الثقب لن تخرج مرة أخرى عندما يختفي الثقب في النهاية ، فالمعلومات لا يمكن ُتحمل مجانًا ـ كتلك

*ماذا سيحدث بعد ذلك لكافة الأجسام التي سقطت في الثقب وجميع الناس الذين إما قفزوا فيه أو سحبوا إليه؟ إنهم لا يستطيعون الخروج مرة أخرى بسبب عدم وجود ما يكفي من الكتلة أو الطاقة المتبقية في الثقب الأسود لإرسالهم خارجا مرة أخرى*

التي في فواتير هاتفك وتريد أن تعرفها- وتتطلب طاقة لحملها وليس هناك ما يكفي من الطاقة المتروكة عندما يختفي الثقب الأسود.

ويعني كل هذا أن هذه المعلومات سوف تضيع من منطقتنا في الكون عندما تشكلت الثقوب السوداء ومن ثم تتبخر، فقدان المعلومات يعني أن تنبؤنا يمكن أن يكون أقل حتى مما كنا نظنه على أساس نظرية الكم، ففي نظرية الكم المرء قد لا يكون قادرًا على التنبؤ على وجه اليقين بكل من موضع وسرعة الجسيم ، لكن لا يزال هناك مزيج من الموضع والسرعة الذي يمكن التنبؤ به، في حالة الثقب الأسود هذا التوقع واضح ويشمل كل من أعضاء لزوج الجسيمات، ولكن يمكننا قياس للجسيمات التي تخرج فقط وليس هناك طريقة - حتى من حيث المبدأ - لنتمكن من قياس الجسيمات التي تسقط في الثقب ، ولذلك يمكننا أن نقول - بشكل نهائي – بأن الجزيء يمكن أن يكون في أي حالة , وهذا يعني أننا لا يمكن أن نقدم أي تنبؤ مضبوط عن الجسيمات التي تخرج من الثقب، ويمكننا حساب احتمالية أن الجسيمات لديه هذا الموضع أو ذاك أو تلك السرعة ، ولكن ليس هناك مزيج من

الموضع والسرعة لجسيم واحد فقط فأننا لا يمكن أن نتنبأ بالتأكيد ، لأن السرعة والموضع ستعتمد على الجسيمات الأخرى ، التي لا نراقبها؛ وهكذا يبدو أن أينشتاين كان على خطأ مضاعف عندما قال : ان الله لا يلعب بالنرد.

الكثير من العلماء - مثل أينشتاين - لديهم ارتباط عاطفي عميق بالحتمية ، ولكنهم - بعكس أينشتاين - قبلوا الخفض من قدرتنا على التنبؤ والذي أسفرت عنه نظرية الكم وذلك كان كافياً ، لكنهم لم يقبلوا إجراء مزيد من التخفيض الذي بدى أن الثقوب السوداء تتضمنه ، ولذلك ادّعوا أن هذه المعلومات لا تضيع بالفعل داخل الثقوب السوداء ، بيد أنهم لم ينجحوا في العثور على أي آلية من شأنها أن تعيد هذه المعلومات، إنه مجرد أمل ديني أن الكون يكون حتمي على

*الكثير من العلماء - مثل أينشتاين - لديهم ارتباط عاطفي عميق بالحتمية ، ولكنهم - بعكس أينشتاين - قبلوا الخفض من قدرتنا على التنبؤ والذي أسفرت عنه نظرية الكم وذلك كان كافياً ، لكنهم لم يقبلوا إجراء مزيد من التخفيض الذي بدى أن الثقوب السوداء تتضمنه*

طريقة تفكير لابلاس ، أشعر أن هؤلاء العلماء لم يتعلموا الدرس من التاريخ، فالكون لا يتصرف وفقًا لأفكارنا الموضوعة مسبقاً لذلك هو لا يزال يدهشنا.

المرء قد لا يفكر باهتمام كثيرًا ، إذا انهارت الحتمية قرب الثقوب السوداء نحن بالتأكيد لا نكاد نبتعد عن ثقب اسود - بأي حجم -على الأقل إلا بضعة سنوات ضوئية ، ولكن مبدأ عدم اليقين يتضمن أن كل منطقة من الفضاء يجب أن تكون ممتلئة بثقوب سوداء تقديرية صغيرة جدًا والتي تظهر وتختفي مرة أخرى، قد يتصور المرء أن الجسيمات والمعلومات يمكن أن تقع في هذه الثقوب السوداء وتضيع لأن هذه الثقوب السوداء الافتراضية هي صغيرة جدا - هي مئة مليار مليار مرة أصغر من نواة ذرة - ونسبة المعلومات التي سوف تضيع ستكون منخفضة جدًا، وهذا هو السبب في أن قوانين العلم تظهر حتمية بتقريب جيد للغاية ، ولكن في الظروف الشاذة مثل الكون المبكر أو في تصادم الجسيمات عالية الطاقة ويمكن أن تكون هناك خسائر كبيرة في المعلومات ، وهذا من شأنه أن يؤدي إلى عدم القدرة على التنبؤ بتطور الكون.

***

## ملاحظات :

* العنوان الرئيسي للمحاضرة هو (هل يلعب الإله بالنرد؟) لكن فضلت تغيير العنوان مراعاة للشعور العام

http://www.hawking.org.uk/does-god-play-dice.html

** ستيفن هوكينج: عالم فيزياء نظرية نجح في التوصل إلى ما يعد أهم اكتشافات في مجال الجاذبية، نظرياته الخاصة بما يعرف بالثقوب السوداء.

وُلد هوكينج في أكسفورد بإنجلترا وحصل على بكالوريوس العلوم في عام ١٩٦٢م من جامعة أكسفورد، ثم حصل على شهادة الدكتوراه من جامعة كمبردج عام ١٩٦٦م، حيث شغل منصب أستاذ رياضيات وهو المنصب الذي كان يشغله السير إسحق نيوتن.

ومنذ أوائل الستينيات و هوكينج يعاني من تصلب عضلي جانبي. وهو داء عضال لا شفاء منه، يصيب الجهاز العصبي. وهو حاليًا غير قادر على الحركة، كما أنه لا يستطيع التخاطب إلا من خلال جهاز كمبيوتر مثبت بكرسيه النقال.

١/ مارسيل بروست (١٨٧١ - ١٩٢٢م ) أحد أهم الروائيين الفرنسيين. تعد روايته الطويلة (البحث عن الزمن الضائع) ذات السبعة فصول عملًا شهيرًا، اشتهرت كتاباته بأسلوب رشيق لكنه متكلف.

٢/ الحديقة الجوارسية Jurassic Park : واحد من أشهر أفلام الخيال العلمي ..

٣/الكوانتا: Quanta مصطلح فيزيائي يستخدم في للإشارة إلى كميات الطاقة المحددة التي تنبعث بشكل متقطع ، وليس بشكل مستمر.

٤/ الثقب الأسود في كلكتا : غرفة صغيرة استعملت كسجن في مدينة كلكتا بالهند و في عام ١٧٥٦م ١٤٦ سجين بريطاني حشروا فيه ومات اغلبهم في ليلة واحدة لذا يضرب المثل عن حجرة مظلمة أو ضيقة بثقب اسود في كلكتا .

رجوع للفهرس

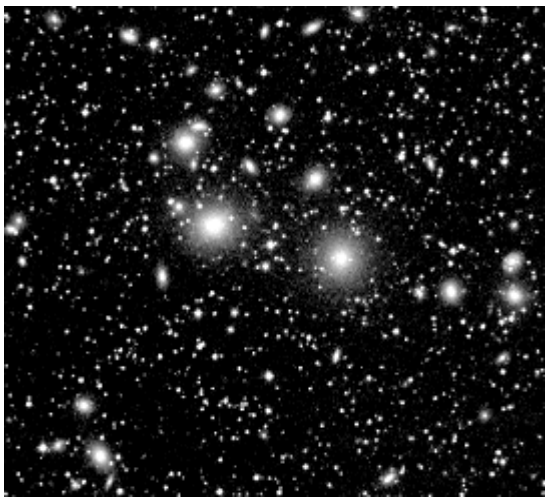
***

# موسيقى الثقب الأسود

هل تغني الثقوب السوداء؟!

ما سر تلك الأصوات الصادرة من حشود مجرات بيرسوس the Perseus cluster (حشود المجرات مجموعة من المجرات متماسكة بفعل قوة الجاذبية المتبادلة فيما بينها وكل مجرة تتحرك في مسارها الخاص ) والتي تبعد عن الارض مسافة ٢٥٠ مليون سنة ضوئية؟

هل تكون هذه الأصوات هي البداية لحل لغز الثقوب السوداء؟ أم تزيده غموضا على غموضه؟



**عنقود بيرسوس: كل جسم ضبابي مجرة واللون الأسود غيمة واسعة من الغاز الحار الذي يملأ العنقود وقرب المركز هناك ثقب أسود كبير**

## صوت من الفضاء

في عام ٢٠٠٢ م حصل الفلكيون على ملاحظة عميقة من مرصد (شاندرا Chandra) التابع لناسا NASA هذه الملاحظة عبارة عن تموجات لأمواج صوتية صادرة عن الغاز الذي يملأ تجاويف عنقود بيرسوس مصاحبا لها كمية من الحرارة.

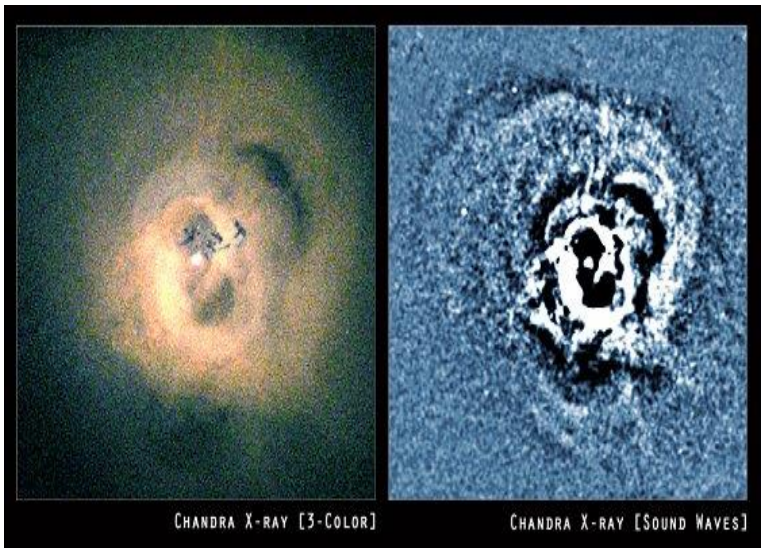
في عام ٢٠٠٢ م حصل الفلكيون على ملاحظة عميقة من مرصد (شاندرا Chandra) التابع لناسا NASA هذه الملاحظة عبارة عن تموجات لأمواج صوتية صادرة عن الغاز الذي يملأ تجاويف عنقود بيرسوس مصاحبا لها كمية من الحرارة.

يقول قائد فريق الدراسة أندرو فابي من معهد علوم الفلك في جامعة كامبردج انجلترا " الآن اكتشفنا صوتهم. "

لكن نغمات هذا الصوت لن يتمكن الإنسان من سماعها بإذنه البشرية، لأننا لو ترجمنا هذا الصوت إلى نوته موسيقية لكان أقل بـ٥٧ درجة من النغمة المتوسطة c لبيانو مثالي ، فتردد هذا

الصوت أقل بمليون بليون مرة من حدود سماع الإنسان .

يقول ستيفن إلي أحد المشاركين في الدراسة " أمواج صوت بيرسوس أكثر




**( في اليمين) تموجات الموجات الصوتية في غاز العناقيد حسب ملاحظة مرصد شاندرا (على اليسار) قلب عنقود**

## لغز الغاز الحار

تكشف ملاحظة مرصد (شاندرا) في عنقود بيرسوس عن وجود تجويفين على هيئة فقاعة واسعة يتمددان بعيدًا عن مركز الثقب الأسود ، هذان التجويفان تشكلا بنفاثات دفع المادة إلى

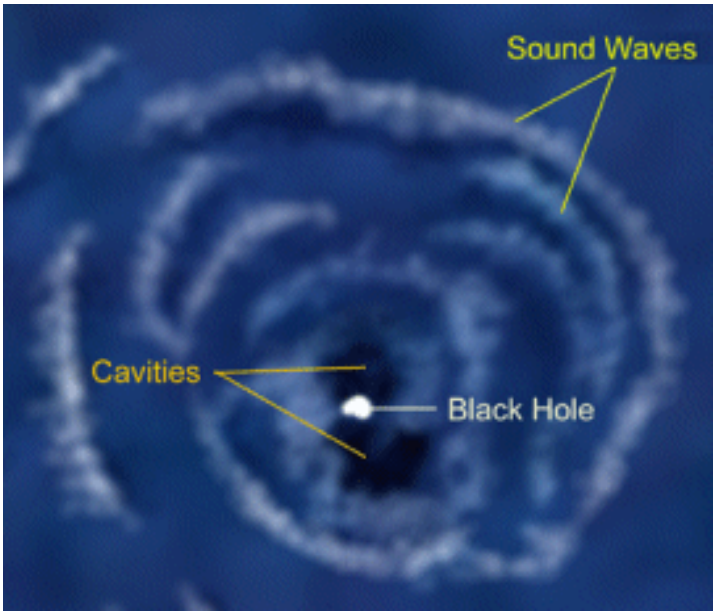
*تكشف ملاحظة مرصد (شاندرا) في عنقود بيرسوس عن وجود تجويفين على هيئة فقاعة واسعة يتمددان بعيدًا عن مركز الثقب الأسود ، هذان التجويفان تشكلا بنفاثات دفع المادة إلى خلف غاز العناقيد ، ولهذه النفاثات أثر مضاد لالتهام الثقب الأسود لما جاوره ، وكانت موضع شك لفترة طويلة بأنها وراء تسخين الغاز المحيط لكن الآلية كانت مجهولة..*

خلف غاز العناقيد ، ولهذه النفاثات أثر مضاد لالتهام الثقب الأسود لما جاوره ، وكانت موضع شك لفترة طويلة بأنها وراء تسخين الغاز المحيط لكن الآلية كانت مجهولة..

لسنوات طويلة حاول الفلكيون فهم لماذا هناك الكثير من الغاز الحار في عناقيد المجرة مع القليل من الغاز البارد ؟!!!

وهذا الغاز الكثيف القريب من مركز العنقود يبدي لمعان أكثر للأشعة السينية ( التي تملأ التجاويف) مع أن المفترض أن يقل هذا اللمعان لأن الأشعة السينية الصادرة تستهلك جزءًا من الطاقة !

يرى الباحثون أن الغاز إذا برد فالضغط سينخفض مسببا مزيدًا من تدفق الغاز إلى المركز ،وبتدفقه تتشكل تريليونات من النجوم لكن الدليل ضئيل على هذا التدفق




**إيضاح للتجاويف والموجات الصوتية في الغاز الحار الذي يملأ العنقود بيرسوس**

أو هذا التشكل ..

هذه كله أجبر الفلكيون على أن يبتكروا طرقًا جديدة لشرح كيف أن الغاز المحتوى داخل العناقيد يبقى حاراً ؟

## الموجات تكشف السر

الموجات الصوتية التي تمت ملاحظتها من قبل مرصد ( شاندرا) تشرح آلية التدفئة تلك فالطاقة اللازمة لتوليد تجاويف العناقيد تقدر بـ ١٠٠ مليون نجم مستعر (supernova) وهذه الطاقة نكون محمولة على هذه الموجات الصوتية ويتم تبديدها ( أي الطاقة) على غاز العناقيد فيظل حارا إلى جانب تمنع هذه الطاقة التدفق البارد ..

وإذا صحت هذه التصورات، فإن موسيقى الثقب الأسود ( المتمثلة في

*الموجات الصوتية التي تمت ملاحظتها من قبل مرصد ( شاندرا) تشرح آلية التدفئة تلك فالطاقة اللازمة لتوليد تجاويف العناقيد تقدر بـ ١٠٠ مليون نجم مستعر (supernova) وهذه الطاقة نكون محمولة على هذه الموجات الصوتية ويتم تبديدها ( أي الطاقة) على غاز العناقيد فيظل حارا إلى جانب تمنع هذه الطاقة التدفق البارد ..*

هذه الموجات) ستظل ثابتة لـ ٢.٥ مليون سنة قادمة.

بيرسوس هو العنقود الألمع بالأشعة السينية في مجموعة المجرات لذلك كان مثالياً لمرصد (شاندرا) في البحث عن الأمواج الصوتية خلال الغاز الحار في العناقيد .

لكنّ عناقيدًا أخرى لها كهوف أشعة سينية ربما تكون هدف مرصد ( شاندرا) في المستقبل للكشف عن موسيقى جديدة للثقوب السوداء.

***

**مصدر المقال :**

http://science.nasa.gov/science-news/science-/at-nasa/٢٠٠٣/٠٩sep_blackholesounds

رجوع للفهرس

***

# خمسة أسرار عظمى للمادة المضادة

ماذا يحدث عندما تسمع عبارة ضديد المادة أو المادة المضادة antimatter ؟

قد لا تستوعب المسمى لأن الأمر يبدو غريباً وغير واقعي ؟!

لكن علماء ناسا وباحثي الجامعات يرون أن ضديد المادة سيكون وقوداً للسفر عبر الفضاء في المستقبل ..كيف ذلك ؟

عندما تلتقي المادة مع ضديدها تبيد كلاً منهما الأخرى وتتحول كامل كتلتيهما إلى طاقة صافية هذه الطاقة هي الوقود المطلوب ...لكن ما هو ضديد المادة ؟ الأمر يحتاج إلى توضيح ...

## البداية من المادة

تصف أغلب كتب الفيزياء أن المادة ما كان لها كتلة وتشغل حيزاً من الفراغ وكل مكونات الطبيعة تتكون من مادة، فإذا كان الامر كذلك فأين المادة المضادة ؟

دعونا نعود إلى ثلاثينات القرن العشرين لنعرف الإجابة ....

في عام ١٩٢٨م صاغ الفيزيائي البريطاني بول ديراك (١٩٠٢-١٩٨٤) نظرية لحركة الإلكترونات في مجال كهرومغناطيسي متضمنا تأثيرات النسبية العامة ..

معادلاته وضحت الكثير من خواص الإلكترون إلى جانب أنها تنبأت بإلكترون ضديد له نفس كتلة الإلكترون لكن بإشارة موجبة ( شحنة الإلكترون سالبة) ..تم اكتشاف هذا الضديد من قبل كارل اندرسون عام ١٩٣٢م وسمي البيزترون positron ، وكان هذا هو المثال الأول لضديد المادة.

في عام ١٩٥٥ تم اكتشاف ضديد البروتون antiproton في بيركلي ،

في عام ١٩٢٨م صاغ الفيزيائي البريطاني بول ديراك (١٩٠٢-١٩٨٤) نظرية لحركة الإلكترونات في مجال كهرومغناطيسي متضمنا تأثيرات النسبية العامة

ليتم صناعة ضديد الهيدروجين antihydrogen عام ١٩٩٥م في CERN ( معجل الجسيمات الأوربي) بدمج ضديد البروتون مع ضديد الإلكترون لكن ضديد الهيدروجين هذا لم يدم طويلا لقد سار بسرعة الضوء تقريباً وعاش حوالي ٤٠ نانوثانية (١)

## خمسة أسرار عظمى للمادة المضادة (٢)

### ١/ أين هي كل المادة المضادة؟

وفقاً للنظرية القياسية ، المادة والمادة المضادة تم إنشاؤهما بكميات متساوية في الانفجار العظيم لذا ينبغي لها أن تفني بعضها البعض تماماً في أول ثانية تقريباً لوجود الكون والكون ينبغي أن يكون مليئاً بالضوء .

بالرغم من ذلك نحن هنا، وكذلك الكواكب والنجوم والمجرات و كل شيء يمكن أن نراه ،ُصنع حصرياً من المادة.

هناك حلان من الحلول المعقولة لهذا اللغز الوجودي.

الحل الأول : قد تكون هناك بعض الاختلافات الطفيفة في فيزياء المادة والمادة المضادة التي تركت الكون في وقت مبكر مع وجود فائض من المادة، بينما تقول النظرية أن

المادة المضادة في العالم هو انعكاس كامل لنا ، والتجارب قد وجدت بالفعل خدوشاً مشبوهة في التناظر؛ في عام ١٩٩٨ ، تجارب سيرن أظهرت أن جسيمة غريبة واحدة بعينها هي الكاون kaon ، تحولت إلى ضديد الجسيمة لكن حدث ذلك أكثر بقليل من حدوث عكس ذلك ، صانعة حالة من عدم التوازن الصغير بين الاثنتين.

*المادة المضادة في العالم هو انعكاس كامل لنا ، والتجارب قد وجدت بالفعل خدوشاً مشبوهة في التناظر؛ في عام ١٩٩٨ ، تجارب سيرن أظهرت أن جسيمة غريبة واحدة بعينها هي الكاون kaon*

ذلك التقدم تبعته التجارب في المعجلات في كاليفورنيا واليابان ، والذي كشف في عام ٢٠٠١ بشكل مماثل وأكثر وضوحاً عدم التماثل بين جسيمات من نفس عائلة kaons المسماة بميزونات B .

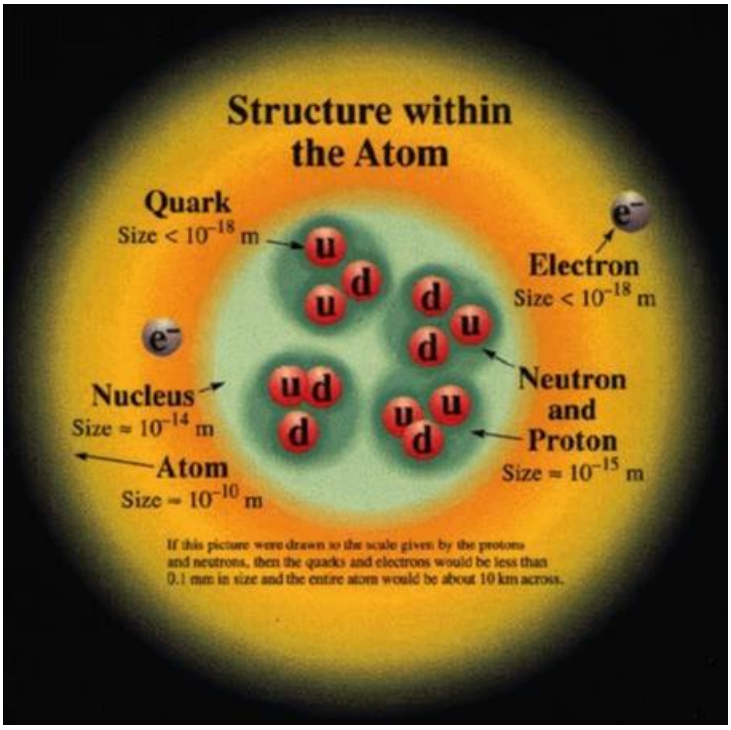
والحل الثاني المعقول للغز المادة هو أن الإبادة لم تكن كاملة في تلك الثواني القليلة الأولى : بطريقة ما المادة

المضادة والمادة تمكنتا من الفرار من قبضة بعضها البعض القاتلة، وفي مكان ما هناك ، في بعض منطقة تماثل الكون ، المادة المضادة تكمن وقد تألفت من النجوم المضادة والمجرات المضادة وربما حتى الحياة المضادة !

عندما الكون برد بعد الانفجار العظيم في البداية قد يكون لدينا مادة زائدة هنا والمادة المضادة زائدة بقليل في مكان آخر هذه الاختلافات الصغيرة يمكن ان تتوسع الى مناطق منفصلة كبيرة بمرور الوقت.

مجالات المادة المضادة هذه إذا كانت موجودة هي بالتأكيد ليست قريبة، فالإبادة في مناطق الحدود بين النجوم والنجوم المضادة تنتج هذا التوقيع الذي لا تخطئه العين من أشعة جاما العالية الطاقة، إذا كانت مجرة مضادة اصطدمت مع مجرة عادية فمن شأنه أن يؤدي إلى إبادة تكون ذات أبعاد هائلة لا يمكن تخيلها ، لكن لم نر أي بادرة من هذا القبيل ، ولكن من ناحية أخرى هناك الكثير من الكون الذي لم نشاهده حتى الآن - ومناطق بأكملها بعيدة من أن ُترى .

إيجاد الهليوم المضاد أو أي ضديد ذرات أخرى أثقل من الهيدروجين سيكون دليلاً ملموساً لكون مضاد، فهذا يعني أن




النجوم المضادة هي مطبخ للذرات المضادة من خلال الانصهار النووي ، تماماً كما النجوم العادية تدمج الذرات العادية.

## ٢٢. / كيف نصنع مادة مضادة؟

إذا أردنا حقاً فهم أسرار المادة المضادة ، يجب علينا أولاً أن نتمكن من التأقلم مع المادة نفسها. القول أسهل من الفعل ، ولكن من الصعب أن نمسك بمادة تختفي بمجرد أن تلمس أي شيء؟

تجربتان من تجارب سيرن ، هما ATRAP و ALPHA تتعاملان مع هذا الأمر، إن هدفهم هو ُصنعْ ضديد الهيدروجين - أبسط مضاد ذرة ممكن مجرد ضديد بروتون و بوزيترون مرتبطان معاً - بكمية كافية لفترة طويلة ، ويكفي لمقارنة طيف الضوء المنبعث منه مع المنبعث من الهيدروجين العادي، حتى أدنى درجات الفرق بين الاثنين من شأنه أن يهز النموذج المعياري.

التجارب تتطلب شبه فراغ كامل ، فمجرد مواجهة ذرة من الهواء يعني نهاية لأي جسيم ضديد ، ويجب أن تكون هناك طريقة ما لمحاصرة الأضداد : ليس في وعاء تقليدي ، ولكن باستخدام المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

قامت ALPHA بنجاح في عزل ضديد الهيدروجين عام ٢٠٠٢ ،وذلك بالجمع بين البروتونات المضادة من معجل للجسيمات وبوزيترونات من مصدر الصوديوم المشع في فخ مغناطيسي لكن للأسف هذا النجاح هو عابر : الفخاخ المغناطيسية تعمل على ما يرام على الجسيمات المشحونة مثل البروتون المضاد والبوزيترونات ولكن ضديد الهيدروجين

محايدة(بدون شحنة) ، بحيث يمكن أن تفلت من خلال الخطوط التي يحتويها كل حقل.

إن مشكلة ALPHA وATRAP لا زالت موجودة والتقاط ذرات ضديد الهيدروجين هي الحدود الحالية ، وإنها تشكل تحديًا ، حتى الآن لا أحد قد تمكن من فعل ذلك ، لكن ربما في المستقبل.

*إن مشكلة ALPHA و ATRAP لا زالت موجودة والتقاط ذرات ضديد الهيدروجين هي الحدود الحالية ، وإنها تشكل تحديًا ، حتى الآن لا أحد قد تمكن من فعل ذلك ، لكن ربما في المستقبل.*

## ٣. هل تعمل الجاذبية على المادة المضادة ؟

نعتقد أن الجاذبية تعمل بنفس الطريقة على جميع المادة، ولكن ماذا عن المادة المضادة؟

AEGIS هي تجربة سيرن التي قدُمنحت الضوء الأخضر بالمضي قدماً

بالتصميم لمعرفة ذلك، لأن الجاذبية هي قوة ضعيفة نسبياً ، ولذلك فإن التجربة سوف تستخدم الجسيمات الغير مشحونة لمنع القوى الكهرومغناطيسية من إضعاف آثار الجاذبية؛ سيكون أولاً بناء أزواج غير مستقرة إلى حد كبير من الالكترونات والبوزيترونات ، والمعروفة باسم بوزيترونيوم positronium ، ثم إثارتها بالليزر لمنعها ان تُباد بسرعة كبيرة جداً، غيوم من البروتون المضاد سوف تمزق هذه الأزواج إرباً ساحبة البوزيترونات لصنع ذرات ضديد الهيدروجين محايدة.

نبضات من هذه الذرات المضادة تُقذف أفقيا من خلال شبكتين من الشقوق ستصنع نمطاً دقيقاً من التأثير والظل على شاشة الكاشف ومن خلال قياس مدى ذلك النمط كيف ينزاح ، فالقوة - والاتجاه – لقوى الجاذبية على المادة المضادة يمكن قياسها.

إذا نجح الباحثون ، سيكون أمراً يستحق كل هذا الجهد.

إذا الجاذبية تؤثر على المادة المضادة بشكل مختلف ،فالتجربة سوف لن تخبر عن المادة المضادة فقط ،ولكن أيضاً عن الأسس التي تعتمد عليها نظريات الفيزياء الحديثة، فنظرية النسبية العامة لأينشتاين هي المفضلة حاليا كنظرية الجاذبية تخبرنا أن هذه القوة يجب أن تعمل بشكل متطابق على أي نوع من هذه المادة بنفس القدر، لكن إذا وجدنا أن أياً من هذه الأمور تختلف ، فقد وجدنا شيئاً في غاية الأهمية.

*إذا الجاذبية تؤثر على المادة المضادة بشكل مختلف ،فالتجربة سوف لن تخبر عن المادة المضادة فقط ،ولكن أيضاً عن الأسس التي تعتمد عليها نظريات الفيزياء الحديثة*

## ٤. هل يمكننا أن نصنع عالم مضاد ؟

الفيزيائيون حتى هذه اللحظة يواجهون صعوبة كافية في ترويض ضديد الهيدروجين وهي أبسط ضديد ذرة ممكنة فهل يمكننا أن نتوقعهم يصنعون ضديد الهليوم، ومن ثم جزيئات عضوية

ضديدة مصنوعة من ضديد الكربون وضديد كامل للجدول الدوري أيضا؟

المشكلة هنا هي أن كل ذرة مضادة قد ُبنيت بجسيم دون ذري subatomic واحد في كل مرة على حدة؛ على سبيل المثال ، إذا كنت تريد أن تصنع ضديد الديتريوم antideuterium - يشابه ضديد الهيدروجين ولكن مع إضافة ضديد نيترون - عليك أولاً أن تصنع ضديد النيترون ، لكن النيترونات الضديدة محايدة(بدون شحنة) مما يجعل من المستحيل توجيهها بالطريقة التقليدية بالمجالات الكهرومغناطيسية ، لذا عليك أن تصنع أعداد كبيرة منها ، وتأمل أن مقابل كل مليون نيترونات ضديدة تقريبا تصنعها واحد فقط ينتهي به المطاف لصناعة ذرة ضديد الديتريوم.

بينما لا أحد حل تلك المشكلة حتى الآن ، فتجربة في سيرن تستعمل طريقة مختصرة بسيطة على الأقل تقدم شيء ما عدا ضديد الهيدروجين، تجربة ASACUSA صنعت ذرات من "الهيليوم ضديد البروتوني antiprotonic helium " فيه أحد الإلكترونات التي تدور حول نواة الهليوم استعيض بها بـضديد البروتون، من خلال دراسة طيف الضوء المنبعث من

هذه المادة المركبة من ذرة المادة و ضديد مادة فإن الخصائص الكهربائية والمغناطيسية لضديد البروتون يمكن قياسها بدقة كبيرة - بالمقارنة مع تلك التي من البروتون العادي.

كما لدينا فرص لتقديم أي شيء أكثر تعقيداً، لكن الأمر لا يبعث على التفاؤل لأنه ربما سيستغرق بليون من السنوات تزيد أو تنقص ؟!

وكم سيدوم الجنس البشري ؟!

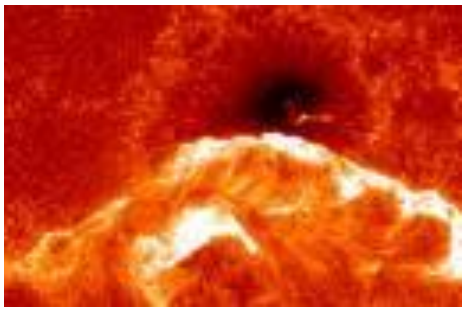
يبدو أن لدينا أفضل رهان للحصول على عناصر غريبة في الجدول الدوري المضاد هو أن ننظر إلى السماء ، ونأمل أن يتم في مكان ما من نجوم مضادة antistars مشغولة بإنتاجها بكمية وفيرة وسريعة لأجلنا.

*هذه المادة المركبة من ذرة المادة و ضديد مادة فإن الخصائص الكهربائية والمغناطيسية لضديد البروتون يمكن قياسها بدقة كبيرة - بالمقارنة مع تلك التي من البروتون العادي.*

## ٥. هل يمكن استخدام المادة المضادة لصناعة قنبلة عظمى ؟

فكرة أن الإنسانية يوم ما قد تسخر القوة التدميرية للمادة المضادة لأغراض تدميرية لديها سحر مروع !

استرخ ولا تخف، هناك سبب وجيه جداً بأن شيئا من هذا القبيل سوف لن يحدث في أي وقت قريب؛ فأنت إذا قمت بجمع كل المادة المضادة التي صُنعت لأكثر من ٣٠ عاما في المختبرات- وإذا كانت سخية جدًا - قد تحصل على عشرة أجزاء من البليون من الجرام ،وهي حتى إذا انفجرت على طرف صبعك لن تكون أكثر خطورة من إضاءة عود ثقاب ؟!



والمرضى الذين يخضعون لعمليات التفحص بذرات مشعة طبيعية في دمائهم تنبعث منها عشرات الملايين - إن لم يكن أكثر- من البيزترونات بدون أي تأثير سيء.

حتى لو تمكن علماء الفيزياء من صنع مادة مضادة ما يكفي لصنع قنبلة فعالة ، ستكون التكلفة فلكية؛ فجرام يمكن أن

يكلف مليون بليون دولار وهذا سيستغرق منا ١٠ بليون سنة لتجميع ما يكفي من المادة المضادة لصنع مثل تلك القنبلة ؟!!!

***

**الهوامش:-**

١/ What's the Matter? : http://science.howstuffworks.com/antimatter١.htm

٢/The five greatest mysteries of antimatter:

http://www.newscientist.com/special/antimatter-mysteries

رجوع للفهرس

***

# النسبية والكون*

ألان ليتمان**

في نوفمبر ١٩١٩ أصبح ألبرت أينشتاين- وهو في الأربعين من العمر - مشهورًا بين ليلة وضحاها بسبب كسوف شمس، أكدت التجربة بأن أشعة الضوء من النجوم البعيدة حرفت بجاذبية الشمس بالقيمة تماماً التي توقعها في نظريته عن الجاذبية - النسبية العامة.

كانت النسبية العامة النظرية الجديدة الرئيسية الأولى للجاذبية منذ نظرية إسحاق نيوتن من قبل أكثر من ٢٥٠ سنة. أينشتاين أصبح محط الانظار وبدأ بناء الأسطورة، فقد ظهرت العناوين البارزة في الصحف في جميع أنحاء العالم، في ٨ نوفمبر ١٩١٩م- على سبيل المثال- التايمز اللندنية كان لها مقالة تحت عنوان: "ثورة في العلم / أينشتاين مقابل نيوتن." بعد يومين عناوين النيويورك تايمز البارزة تقول: "يضيء كل انحراف في السماوات / رجال العلم تقريبا متلهفون لنتائج مشاهدات الكسوف / نظرية أينشتاين تنتصر."

فرغ العالم من الحرب العالمية الأولى ومشتاق لبعض إشارة من بشر نبلاء وفجأة هنا كان عبقري علمي متواضع مهتم على ما يبدو فقط في المساعي الثقافية الخاصة.

## جوهر الجاذبية

ما هي النسبية العامة؟

نظرية أينشتاين السابقة عن الزمن والمكان- النسبية الخاصة - اقترحت بأن الزمن والمكان ليسا مطلقين، وتعتمد سرعة مؤشر الساعة على حركة مراقب تلك الساعة؛ وكذلك بشكل مماثل لطول "عمود الياردة".

نُشرت في ١٩١٥ النسبية العامة التي اقترحت بأن الجاذبية- بالإضافة إلى الحركة- يمكن أن تؤثر على فترات

*نظرية أينشتاين السابقة عن الزمن والمكان- النسبية الخاصة - اقترحت بأن الزمن والمكان ليسا مطلقين، وتعتمد سرعة مؤشر الساعة على حركة مراقب تلك الساعة؛ وكذلك بشكل مماثل لطول "عمود الياردة".*

الزمن و المكان، إن الفكرة الرئيسية للنسبية العامة - والمسماة مبدأ التكافؤ- هي إن سحب الجاذبية في اتجاه مكافئ جدًا إلى التعجيل في الاتجاه المعاكس، وهكذا ففي أي سيارة متسارعة إلى الأمام تشعر أن الجاذبية تدفعك إلى الخلف ضد كرسيك ، ومصعد يتسارع إلى الأعلى تشعر أن الجاذبية هي التي تدفعك إلى الأرضية.

إذا الجاذبية مكافئة للتعجيل وإذا الحركة تؤثر على مقاييس الزمن والمكان (كما هو معروض في النسبية الخاصة) ،إذن يترتب على ذلك أن تعمل الجاذبية ذلك أيضا.

بشكل خاص جاذبية أي كتلة مثل شمسنا لها تأثير يشوه الفضاء والزمن حولها، على سبيل المثال زوايا مثلث لن تبلغ ١٨٠ درجة ودق الساعات يبطئ أكثر بالاقتراب من كتلة جذبية مثل الشمس.

تم التأكد من العديد من تنبؤات النسبية العامة مثل انحناء ضوء النجوم بالجاذبية وتغيير طفيف جدا في مدار كوكب عطارد بشكل قيمي بالتجربة، لكن اثنتان من التنبؤات

الأغرب مستحيلة أبدًا للتأكد منها بشكل كامل وهي وجود الثقوب السوداء وتأثير الجاذبية على الكون ككل .

## النجوم المنهارة

الثقب الأسود black hole هو منطقة من الفضاء الذي قوة جاذبيته الساحبة حادة جداً بحيث لا مادة ولا ضوء أو تواصل من أي نوع يمكن أن يهرب، فيبدو الثقب الأسود هكذا أسود من الخارج (ومع ذلك الغاز حول الثقب الأسود يمكن أن يكون لامع جدًا).

يعتقد بأن الثقوب السوداء تشكلت من انهيار النجوم، وطالما هي تبعث الحرارة والضوء إلى الفضاء فالنجوم قادرة على دعم نفسها ضد جاذبيتها الداخلية بالضغط الخارجي المتولد

*الثقب الأسود black hole هو منطقة من الفضاء الذي قوة جاذبيته الساحبة حادة جداً بحيث لا مادة ولا ضوء أو تواصل من أي نوع يمكن أن يهرب، فيبدو الثقب الأسود هكذا أسود من الخارج (ومع ذلك الغاز حول الثقب الأسود يمكن أن يكون لامع جدًا).*

بالحرارة من التفاعلات النووية في بواطنها العميقة.

لكن يجب أن يستنزف كل نجم وقوده النووي في النهاية، وعندما يحدث ذلك قوة سحب جاذبيته الذاتية الغير متوازنة تسبب انهياره، طبقا للنظرية إذا أحترق نجم له كتلة أكبر من حوالي ثلاث مرات من كتلة شمسنا فكمية الضغط الإضافي لا يمكن أن تتفادى انهيار جذبي كلي، فينهار النجم لتشكيل ثقب أسود، ويتناسب حجم الثقب الأسود الناتج مع كتلة النجم الأصلي؛ فثقب أسود كتلته ثلاثة أضعاف كتلة شمسنا ،فإن قطره حوالي ١٠ أميال.

إن احتمالية أن النجوم يمكن أن تنهار لتشكيل الثقوب السوداء كان "مكتشف" أولاً نظرياً في عام ١٩٣٩ من قبل جي . روبرت اوبنهايمر وهارتلند سايندر الذي كانا يعالجان معادلات نسبية أينشتاين العامة، ويُعتقد أن الثقب الأسود الأول بأنه اكتشف في العالم الواقعي مقابل العالم الرياضي على الورق كان Cygnus X-١ على بعد ٧,٠٠٠ سنة ضوئية من الأرض. (السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في السنة حوالي ستة تريليون ميل) Cygnus X-١ وجد في

١٩٧٠، ومنذ ذلك الحين ميزت عشرات الثقوب السوداء المرشحة الممتازة.

يعتقد العديد من الفلكيين والفيزيائيين الفلكيين بأن الثقوب السوداء الضخمة- ذات أحجام بحدود ١٠ مليون مرة قدر شمسنا- توجد في مراكز المجرات النشطة والكوازرات(١) وهي المسئولة عن إطلاق طاقتها الهائلة، من سخرية القدر أينشتاين بنفسه لم يؤمن بوجود الثقوب السوداء بالرغم من أن العلماء توقعوا ذلك باستخدام نظريته.

*يعتقد العديد من الفلكيين والفيزيائيين الفلكيين بأن الثقوب السوداء الضخمة- ذات أحجام بحدود ١٠ مليون مرة قدر شمسنا- توجد في مراكز المجرات النشطة والكوازرات(١) وهي المسئولة عن إطلاق طاقتها الهائلة، من سخرية القدر أينشتاين بنفسه لم يؤمن بوجود الثقوب السوداء بالرغم من أن العلماء توقعوا ذلك باستخدام نظريته.*

## بداية كل شيء

في بداية عام ١٩١٧م طبق أينشتاين وآخرون النسبية العامة على تركيب وتطور الكون ككل. النظرية الكونية البارزة المسماة نظرية الانفجار العظيم صاغها في عام١٩٢٢م عالم الرياضيات

والأرصاد الروسي ألكسندر فريدمان، حيث بدأ بمعادلات أينشتاين للنسبية العامة ووجد في حل تلك المعادلات أن الكون بدأ في حالة من الكثافة ودرجة الحرارة العالية جداً (ما تسمى بالانفجار العظيم Big Bang ) وبعد ذلك توسع بمرور الوقت ثم خف وبرد ، إحدى أكثر النجاحات المذهلة لنظرية الانفجار العظيم هو التنبؤ أن عمر الكون هو١٠ بليون سنة تقريباً وهي نتيجة متحصله من نسبة تباعد المجرات البعيدة عن بعضها البعض، هذا التنبؤ يتوافق مع عمر الكون المتحصل عليه من الطرق المحلية نفسها مثل تأريخ الصخور المشعة على الأرض.

طبقاً لنظرية الانفجار العظيم الكون قد يستمر بالتوسع إلى الأبد إذا جاذبيته الداخلية ليست قوية بما فيه الكفاية لموازنة الحركة الخارجية للمجرات أو هو قد يصل إلى نقطة قصوى من التوسع وبعد ذلك يبدأ بالانهيار بتزايد أكثف وأكثف تدريجيا فيمزق المجرات والنجوم والكواكب والناس وفي نهاية المطاف يمزق حتى الذرات المفردة ؛ هذان المصيران اللذان ينتظران كوننا يمكن أن تقريرهما بقياس كثافة المادة المعاكسة لمعدل التوسع، معظم علم الكون الحديث- بما في

ذلك بناء المناظير الجديدة العملاقة مثل منظار Keck الجديد في هاواي- كان محاولة لقياس هذين العددين بشكل أفضل وأكثر دقة، وبالدقة الحالية للقياس فالأعداد تقترح بأن كوننا سيستمر بالتوسع إلى الأبد بتزايد أبرد وأبرد وأكثر تباعداً.

النسبية العامة قد تكون القفزة الأكبر للخيال العلمي في التأريخ، وعلى خلاف العديد من التطورات العلمية الهامة السابقة مثل مبدأ الانتقاء الطبيعي أو اكتشاف الوجود الطبيعي للذرات ، فالنسبية العامة كان عندها أسس قليلة بناء على نظريات أو تجارب عن الزمن، لا أحد ـ ماعدا أينشتاين ـ كان يعتبر الجاذبية مكافئه للتعجيل وظاهرة هندسية تقوم بحني الزمن والمكان، بالرغم من أن ذلك مستحيل معرفته

*النسبية العامة قد تكون القفزة الأكبر للخيال العلمي في التأريخ، وعلى خلاف العديد من التطورات العلمية الهامة السابقة مثل مبدأ الانتقاء الطبيعي أو اكتشاف الوجود الطبيعي للذرات*

فالعديد من الفيزيائيين يعتقدون بأنه بدون أينشتاين كان يمكن أن تكون بضعة عقود أخرى أو أكثر قبل أن ينجح فيزيائي آخر بتقديم مفاهيم ورياضيات النسبية العامة.

*فالعديد من الفيزيائيين يعتقدون بأنه بدون أينشتاين كان يمكن أن تكون بضعة عقود أخرى أو أكثر قبل أن ينجح فيزيائي آخر بتقديم مفاهيم ورياضيات النسبية العامة.*

***

## ملاحظات المترجم:

* نشر هذا المقال على موقع نوفا http://www.pbs.org في يونيو ٢٠٠٥م

http://www.pbs.org/wgbh/nova/physics/relativity-and-the-cosmos.html

** ألان ليتمان : فيزيائي وروائي هو حاليا استاذ مساعد في العلوم الانسانية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT، وهو عضو في هيئة البحوث

بمركز هارفارد، من كتبه الاخيرة: أحلام أينشتاين والتشخيص وإعادة لم الشمل وإحساس الغموض والاكتشافات.

١/ الكوزارات quasars : أشباه النجوم ولكنها تشع ضوء بشكل براق.

***

مصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء الأزرق

- تملأ العالم بضوء جديد*

تتم مكافأة ايسامو اكاساكي Isamu Akasaki ، هيروشي أمانو Hiroshi Amano وشوجي ناكامورا Shuji Nakamura لاختراع مصدر جديدة للطاقة فعال ومصدر ضوء صديق للبيئة - إنه الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) الأزرق .

بروح ألفريد نوبل ، تمنح الجائزة لأي اختراع ذي فائدة عظمى للبشرية؛ باستخدام المصابيح LED الزرقاء ، يمكن إنشاء/توليد الضوء الأبيض بطريقة جديدة.

مع ظهور مصابيح LED أصبح لدينا الآن بدائل أطول عمراً وأكثر كفاءة من مصادر الإضاءة القديمة.

عندما يصل اكاساكي وأمانو وناكامورا إلى ستوكهولم في أوائل ديسمبر لحضور حفل جائزة نوبل، فإنهم لن يفشلوا في ملاحظة الضوء من اختراعهم المتوهج بالفعل في جميع نوافذ المدينة .

مصابيح LED الأبيض موفرة للطاقة، طويلة الأمد وينبعث منها ضوء أبيض ساطع. وعلاوة على ذلك، على عكس مصابيح الفلورسنت، فأنها لا تحتوي على الزئبق.

الثنائيات الباعثة للضوء الاحمر و الأخضر كانت معنا لمدة نصف قرن تقريبا ، ولكن كانت هناك حاجة لضوء أزرق لإحداث ثورة فعلًا في تكنولوجيا الإضاءة، لأنه فقط ثالوث الأزرق والأحمر والأخضر يمكن أن ينتج الضوء الأبيض الذي ينير العالم لنا.

على الرغم من المخاطر العالية والجهود الكبيرة المبذولة في المجتمع البحثي وكذلك في الصناعة، ظل الضوء الأزرق تحديا لثلاثة عقود.

عمل اكاساكي مع أمانو في جامعة ناجويا، بينما كان يعمل ناكامورا في كيماويات نيتشيا Nichia ، وهي شركة صغيرة تقع في توكوشيما في جزيرة شيكوكو Shikoku.

*على الرغم من المخاطر العالية والجهود الكبيرة المبذولة في المجتمع البحثي وكذلك في الصناعة، ظل الضوء الأزرق تحديا لثلاثة عقود.*

عندما حصلوا على أشعة الضوء الأزرق الناصعة من أشباه الموصلات التابعة لهم، فإنهم فتحوا الابواب على تحول أساسي في تكنولوجيا الإضاءة.

المصابيح الكهربائية المتوهجة أضاءت القرن العشرين، ستكون مصابيح LED إضاءة القرن الحادي والعشرين.

## توفير الطاقة والموارد

يتكون الصمام الثنائي الباعث للضوء من مواد أشباه الموصلات متعددة الطبقات. في LED، يتم تحويل الطاقة الكهربائية مباشرة إلى جزيئات الضوء، الفوتونات، مما يؤدي إلى مكاسب في الكفاءة مقارنة مع مصادر الضوء الأخرى التي يتم تحويل معظم الطاقة الكهربائية إلى حرارة وكمية صغيرة منها فقط إلى ضوء.

في المصابيح المتوهجة ، كما في مصابيح الهالوجين، يُستخدم التيار الكهربائي لتسخين شعيرة الأسلاك، مما يجعلها تتوهج.

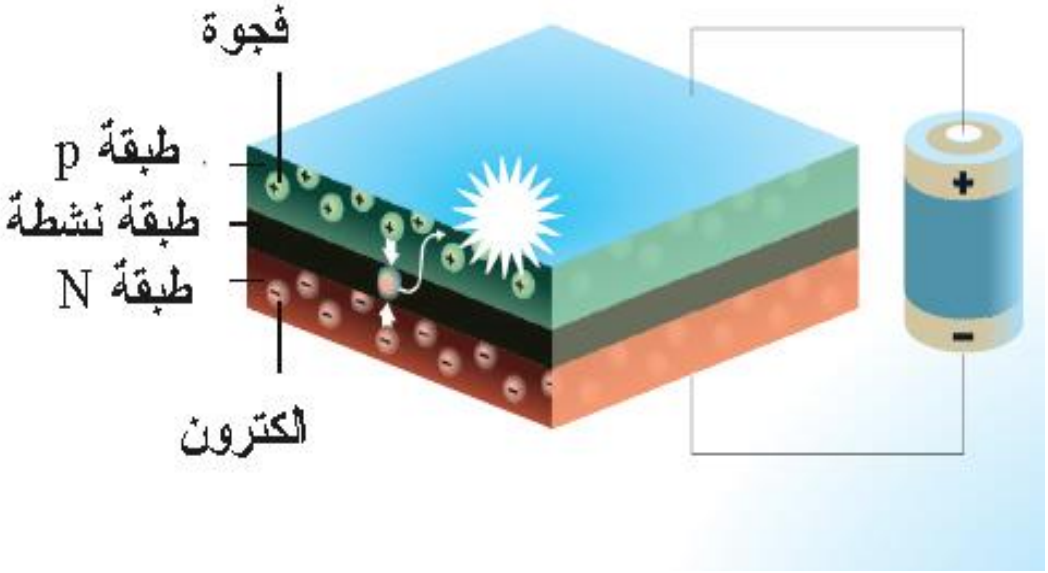
في مصابيح الفلورسنت (سابقا يشار اليها بالمصابيح ذات الطاقة المنخفضة، ولكن مع ظهور مصابيح LED تلك

التسمية فقدت معناها) تفريغ غازي منتوج يصنع كلا من الحرارة والضوء.

وهكذا، فإن المصابيح الجديدة تتطلب كميات أقل من الطاقة من أجل بعث ضوء مقارنة بمصادر الضوء القديمة. وعلاوة على ذلك، يتم تحسينها باستمرار، فتصبح أكثر كفاءة مع فيض flux الاضاءة العالي (تقاس باللومن lumen ) لكل وحدة طاقة كهربائية مدخلة (تقاس بالواط).

آخر سجل ما يزيد عن ٣٠٠ لومن / واط، والتي يمكن مقارنتها بـ ١٦ للمصابيح العادية وقرابة من ٧٠ لمصابيح الفلورسنت.

كما أن حوالي ربع استهلاك الكهرباء العالمي يستعمل



لأغراض الإنارة ، فالمصابيح الموفرة للطاقة LED تساهم في توفير موارد الأرض.

قلب LED.

يتكون الصمام الثنائي الباعث للضوء LED من عدة طبقات من المواد شبه الموصلة.

الجهد الكهربائي يدفع الإلكترونات من طبقة N والفجوات holes من طبقة P إلى الطبقة النشطة، وهناك تتحدان فينبعث الضوء.

الطول الموجي للضوء يعتمد كليا على المادة شبه الموصلة المستخدمة.

الصمام ليس أكبر من أي حبة رمل.

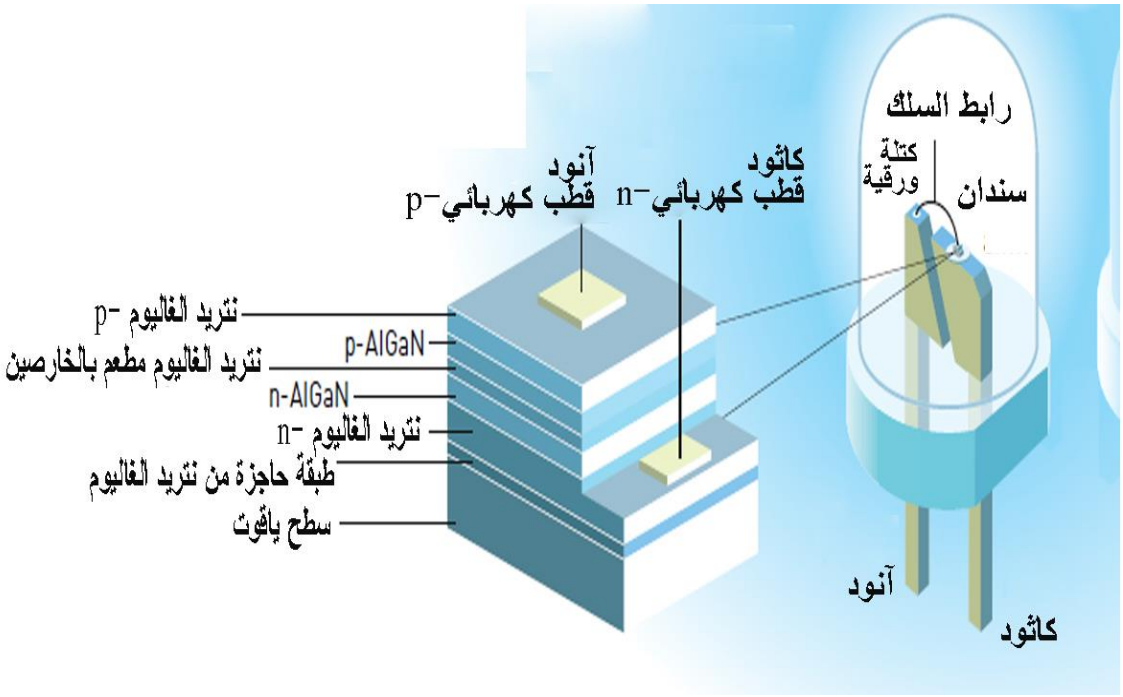
مصباح LED الأزرق.

*الجهد الكهربائي يدفع الإلكترونات من طبقة N والفجوات holes من طبقة P إلى الطبقة النشطة، وهناك تتحدان فينبعث الضوء.*

الصمام الثنائي الباعث للضوء LED في هذا المصباح يتكون من عدة طبقات مختلفة من نيتريد الغاليوم (GaN).

عن طريق خلط الإنديوم (In) والألمنيوم (AL)، نجح الفائزون بالجائزة في زيادة كفاءة المصباح.

(مبدأ الصمام الثنائي الباعث للضوء - الصمام ومثال على




مصباح LED الازرق.)

مصابيح LED هي أيضا طويلة الأمد أكثر من المصابيح الأخرى، فالمصابيح المتوهجة تستمر ١،٠٠٠ ساعة، حيث

تدمر الحرارة الشعيرة، في حين مصابيح الفلورسنت تستمر عادة حوالي ١٠،٠٠٠ ساعة.

مصابيح LED يمكن أن تستمر لـ ١٠٠،٠٠٠ ساعة، وبالتالي تقليل استهلاك المواد بشكل كبير.....

*تقنية LED تنبع من نفس مهارة الهندسة التي أعطتنا الهواتف المحمولة وأجهزة الكمبيوتر وجميع الأجهزة الإلكترونية الحديثة مستندة على الظواهر الكمومية.*

## إنشاء الضوء في أشباه الموصلات

تقنية LED تنبع من نفس مهارة الهندسة التي أعطتنا الهواتف المحمولة وأجهزة الكمبيوتر وجميع الأجهزة الإلكترونية الحديثة مستندة على الظواهر الكمومية.

يتكون الصمام الثنائي الباعث للضوء LED من عدة طبقات: طبقة من نوع N مع وجود فائض من الإلكترونات السالبة، وطبقة من النوع P مع كمية

غير كافية من الإلكترونات، كما يشار اليها كطبقة مع فائض من الفجوات الموجبة.

بينهما الطبقة النشطة، حيث تُدفع الإلكترونات السالبة والفجوات الموجبة عند تطبيق الجهد الكهربائي لأشباه الموصلات.

عندما تلتقي الإلكترونات والثقوب فأنها تتحد و يتم إنشاء ضوء.

الطول الموجي للضوء يعتمد كليا على أشباه الموصلات. يبدو الضوء الأزرق في نهاية الموجة القصيرة من قوس قزح ويمكن انتاجه فقط في بعض المواد.

التقرير الأول عن الضوء المنبعث من أشباه الموصلات قدمه هنري جي. روند Henry J. Round في عام ١٩٠٧م ، وهو زميل عمل لجوجليلمو ماركوني، الحائز على جائزة نوبل عام ١٩٠٩م، في وقت لاحق، في عشرينيات وثلاثينيات القرن الماضي ، في الاتحاد السوفياتي، قامت أوليغ لوسيف Oleg V. Losev بدراسات أوثق لانبعاث الضوء.

ومع ذلك، روند و لوسيف افتقرا إلى المعرفة لفهم هذه الظاهرة حقا.

معنى هذا أن الأمر سيستغرق بضعة عقود قبل انشاء المتطلبات الاساسية prerequisites للحصول على وصف نظري لما يسمى استضاءة كهربائية electroluminescence.

لقد تم اخترع الصمام الثنائي الذي ينبعث منه الضوء الأحمر في نهاية الخمسينيات، التي كانت تُستخدم، على سبيل المثال، في الساعات والآلات الحاسبة الرقمية، أو باعتبارها مؤشرات على أوضاع الفتح/ الغلق في العدد المختلفة.

في مرحلة مبكرة كان من الواضح أن الصمام الثنائي بالطول الموجي القصير، المكون من فوتونات نشطة للغاية - أي

معنى هذا أن الأمر سيستغرق بضعة عقود قبل انشاء المتطلبات الاساسية prerequisites للحصول على وصف نظري لما يسمى استضاءة كهربائية electroluminescence.

الصمام الثنائي الأزرق- مطلوب لإنشاء الضوء الأبيض.

وقد حاولت العديد من المختبرات صناعته، ولكن دون نجاح.

## تحدي الصعب

الحاصلون على الجائزة تحدوا الحقائق الراسخة؛ لقد عملوا بجد وتحملوا مخاطر كبيرة، فبنوا معداتهم بأنفسهم، وتعلموا التكنولوجيا، ونفذوا آلاف التجارب، أكثر من مرة فشلوا، لكنهم لم ييأسوا. كانت هذه مهارة مختبرية على أعلى مستوى.

كان نيتريد الغاليوم المادة المفضلة لكلا من اكاساكي وأمانو بالإضافة لناكامورا، نجحت جهودهم في نهاية المطاف، على الرغم أن الآخرين قبلهم قد فشلوا.

في وقت مبكر، كانت مادة نيتريد الغاليوم هي المادة مناسبة لإنتاج الضوء الأزرق، ولكن الصعوبات العملية ظهرت هائلة، فلم يكن أحد قادرا على تكوين بلورات نيتريد الغاليوم ذات جودة عالية بما فيه الكفاية، لأنها كان يُنظر إلى هذا التكوين باعتباره مسعى يائس لمحاولة إنتاج السطح المناسب لتكوين بلورة نيتريد الغاليوم عليه، وعلاوة على ذلك، كان من المستحيل تقريبا إنشاء طبقات من نوع P في هذه المادة.

ومع ذلك، اكاساكي اقتنع أن الخبرة السابقة لاختيار المادة كانت صحيحة، واستمر بالعمل مع أمانو، الذي كان طالب دكتوراه في جامعة ناجويا.

لقد اختار ناكامورا في نيتشيا نيتريد الغاليوم قبل البديل سيلينيد الزنك zinc selenide ،تلك التي رأى الآخرون انها مادة واعدة أكثر.

*لقد اختار ناكامورا في نيتشيا نيتريد الغاليوم قبل البديل سيلينيد الزنك zinc selenide ،تلك التي رأى الآخرون انها مادة واعدة أكثر*

## اللوكس المسطح (التي هي وحدة الاضاءة ) - يسمح بتواجد الضوء

في عام ١٩٨٦م، كان اكاساكي وأمانو أول من ينجح في إنشاء نيتريد الغاليوم عالي الجودة عن طريق وضع طبقة من نيتريد الألومنيوم على سطح ياقوت ومن

ثم تكوين نيتريد الغاليوم عالي الجودة على قمته.

وبعد سنوات قليلة، في نهاية الثمانينيات، حققوا انجازا كبيرا في إنشاء طبقة من النوع P.

بالصدفة اكاساكي وأمانو اكتشفا أن مادتهم تتوهج بشكل أكثر حدة عندما تم دراستها بالمجهر الإلكتروني الماسح، فاقترحا أن هذا الشعاع الإلكتروني من المجهر كان يجعل الطبقة من نوع P أكثر كفاءة.

في عام ١٩٩٢م كانوا قادرين على تقديم أول صمام ثنائي يبعث ضوء أزرق ناصع.

بدأ ناكامورا تطوير صمامه الأزرق في عام ١٩٨٨م، و بعد عامين، هو أيضا، نجح في إنشاء نيتريد الغاليوم ذي جودة عالية، فقد وجد طريقته الذكية لإنشاء بلورة من خلال اولاً تكوين طبقة رقيقة من نيتريد الغاليوم في درجة حرارة منخفضة، ومن ثم تكوين طبقات لاحقة عند درجة حرارة أعلى.

ناكامورا يمكن أن يفسر أيضا لماذا اكاساكي وأمانو قد نجحا مع طبقة من نوع P الخاصة بهما: لأن شعاع الالكترون ازال

الهيدروجين الذي منع تشكيل طبقة من النوع P، لكنه من جانبه، استبدل شعاع الالكترون بطريقة أبسط وأرخص: وذلك عن طريق تسخين المادة تمكن من إنشاء طبقة وظيفية من نوع P في عام ١٩٩٢م، وبالتالي، فإن حلول ناكامورا مختلفة عن اكاساكي وأمانو.

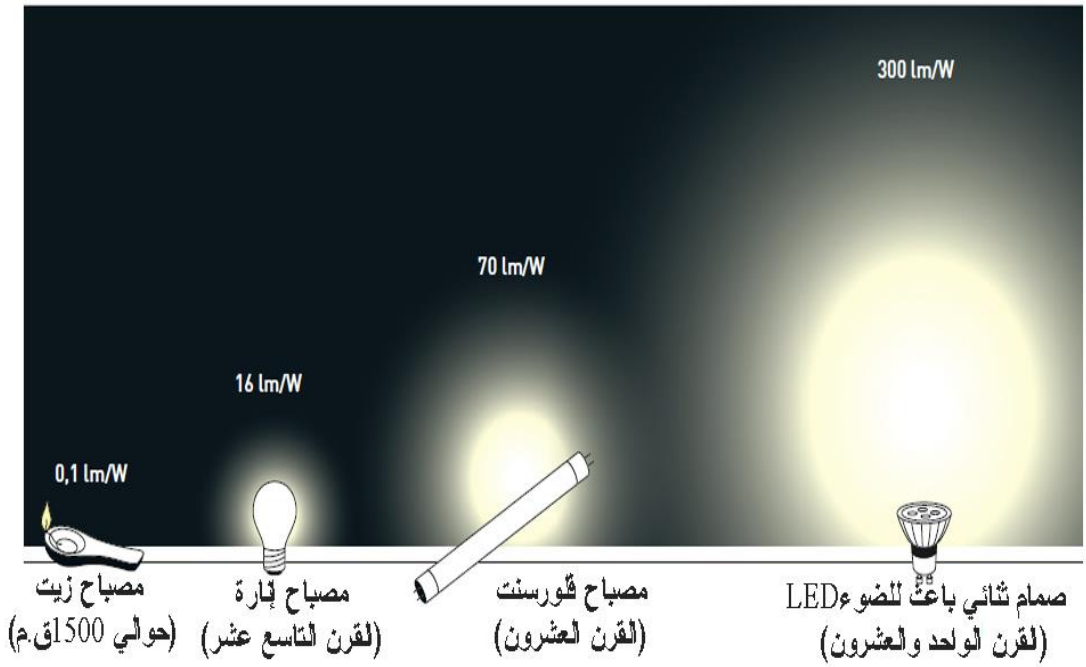
*الهيدروجين الذي منع تشكيل طبقة من النوع P، لكنه من جانبه، استبدل شعاع الالكترون بطريقة أبسط وأرخص: وذلك عن طريق تسخين المادة تمكن من إنشاء طبقة وظيفية من نوع P في عام ١٩٩٢م، وبالتالي، فإن حلول ناكامورا مختلفة عن اكاساكي وأمانو.*

خلال التسعينيات، نجحت كل من المجموعتين البحثيتين في زيادة تحسين أكبر لمصابيحهم الزرقاء بما يجعلها أكثر كفاءة، فقد أنشأوا سبائك مختلفة من نيتريد الغاليوم باستعمال الألومنيوم أو الإنديوم، وأصبح تركيب صماماتهم الثنائية الباعثة للضوء LED يزداد تعقيدا.

اكاساكي ، جنبا إلى جنب مع أمانو، بالإضافة إلى ناكامورا، اخترعوا الليزر

الأزرق الذي فيه LED الازرق، بحجم حبة الرمل، مكوّن حاسم، و خلافا لضوء LED المفرق، فإن الليزر الأزرق يبعث شعاع قطع حاد.

نظرًا لأن الضوء الأزرق له طول موجي قصير جداً، فإنه يمكن أن يحتشد بشكل أكثر إحكاماً ؛ بالضوء الأزرق المنطقة




يمكن أن تخزن معلومات أكثر بأربع مرات عن نفس المنطقة لو استخدمنا ضوء الأشعة تحت الحمراء.

هذه الزيادة في السعة التخزينية أدت بسرعة إلى تطوير أقراص بلو راي Blu-ray بأوقات تشغيل أطول، وكذلك الطابعات الليزرية الأفضل، وهكذا تم تجهيز العديد من الأجهزة المنزلية أيضا بمصابيح LED، انها تتألق على

شاشات LCD في أجهزة التلفزيون وأجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة، وتوفّر أيضا مصباح وفلاش للكاميرا.

(مصابيح LED تتطلب طاقة أقل لينبعث الضوء من مصادر الضوء القديمة، الكفاءة يدل عليها فيض الاضاءة (تقاس باللومن lumen ) لكل وحدة طاقة كهربائية مدخلة (تقاس بالواط).

كما أن حوالي ربع استهلاك الكهرباء العالمي يستعمل لأغراض الإنارة ، فالمصابيح الموفرة للطاقة LED تساهم في توفير موارد الأرض. )

## ثورة مشرقة

اختراعات الحاصلين على الجائزة احدثت ثورة في مجال تكنولوجيا الإضاءة، فالمصابيح الجديدة هي الاكثر

*(مصابيح LED تتطلب طاقة أقل لينبعث الضوء من مصادر الضوء القديمة، الكفاءة يدل عليها فيض الاضاءة (تقاس باللومن lumen ) لكل وحدة طاقة كهربائية مدخلة (تقاس بالواط).*

كفاءة والارخص والآنق، والمتطورة دائما.

يمكن إنشاء مصابيح LED الأبيض بطريقتين مختلفتين:

الطريقة الاولى باستخدام الضوء الأزرق لإثارة الفوسفور بحيث يضيء باللون الأحمر والأخضر، فعندها تجتمع هذه الألوان معا، فينتج الضوء الأبيض.

أما الطريقة الأخرى بتصنيع مصباح من المصابيح LED، بالألوان الثلاثة الأحمر والأخضر والأزرق، والسماح للعين للقيام بالدمج بين الألوان الثلاثة إلى اللون الأبيض.

بالتالي مصابيح LED هي مصادر ضوء مرنة، في العديد من التطبيقات في مجال الإضاءة فعلاً - يمكن أن تنتج ملايين من الألوان المختلفة؛ الألوان والكثافة يمكن أن تختلف حسب الحاجة.

لوحات ضوء ملون، عدة مئات من الأمتار المربعة في الحجم، ومضة، تغيير الألوان والأنماط.

وكل شيء يمكن أن يكون تحت سيطرة أجهزة الكمبيوتر، هذه الإمكانية في التحكم بلون الضوء يعني أيضا أن مصابيح

LED يمكن إعادة انتاج تناوبات الضوء الطبيعي فتتبع ساعتنا الحيوية.

زراعة بيت زجاجي باستخدام الضوء الاصطناعي هو بالفعل حقيقة واقعة.

يحمل مصباح LED أيضا وعدا كبيرا عندما يتعلق الأمر بإمكانية زيادة نوعية الحياة لأكثر من ١.٥ مليار شخص يفتقرون حاليا الوصول إلى شبكات الكهرباء، كما أن متطلبات الطاقة المنخفضة تشير أن مصباح LED يمكن أن يعمل بواسطة الطاقة الشمسية الرخيصة المحلية.

وعلاوة على ذلك، المياه الملوثة يمكن تعقيمها باستخدام مصابيح LED فوق البنفسجية، وهذا يمثل توسع لاحق من الصمامات الثنائية الباعثة للضوء الأزرق.

*يحمل مصباح LED أيضا وعدا كبيرا عندما يتعلق الأمر بإمكانية زيادة نوعية الحياة لأكثر من ١.٥ مليار شخص يفتقرون حاليا الوصول إلى شبكات الكهرباء، كما أن متطلبات الطاقة المنخفضة تشير أن مصباح LED يمكن أن يعمل بواسطة الطاقة الشمسية الرخيصة المحلية.*

اختراع الصمامات الثنائية الباعثة للضوء الأزرق بعمر عشرين عاما فقط، لكن قد ساهم إنشاء الضوء الأبيض بطريقة جديدة كلية في منفعتنا جميعا.

(الإشارات البيضاء اللامعة لراكبي الدراجات في ستوكهولم. )

***

* نشر هذا المقال في موقع منظمة المجتمع العلمي العربي في أكتوبر ٢٠١٤م.

http://www.arsco.org/detailed/٥٤٥٦af٦f-bdbf-٤٧١٠-٨١٠e-dfe١٦٤٨٧eeec

## مصدر المقال:

http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/٢٠١٤/popular-physicsprize٢٠١٤.pdf

***

رجوع للفهرس

## السيرة الذاتية

الاســـم كاملا: عبدالحفيظ احمد صالح العمري

تاريخ الميلاد : ٧ ديسمبر ١٩٧٥ م

مكان الميلاد : تعز - اليمن

البريد الالكتروني: alamri_٧٥@yahoo.com أو abdualamri.٧٥@gmail.com

المدونة: http://knoweyes.blogspot.com (مدونة عيون المعرفة)

المؤهلات :

بكالوريوس (بك) في الهندسة الميكانيكية جامعة الانبار العراق عام ٢٠٠٠ م + دبلوم في علوم الحاسوب من المعهد الوطني للعلوم الإدارية إب ٢٠٠٨م.

## الكتابات :

١/ معدا لبرنامج تلفزيونية مثل: ( لسان عربي) و(دلائل الإعجاز)

٢/ كاتبا في صحف عربية ويمنية.

## المشاركات :

١/ مهرجان القصة والرواية اليمنية الرابع الذي أقامه منتدى نادي القصة اليمني (المقه) في صنعاء للفترة من ٢٠٠٨/٧/٢٨م إلى ٢٠٠٨/٧/٣٠ م .

٢/ مهرجان الأدب اليمني الذي أقامه الاتحاد العام للكتاب والأدباء اليمنيين في عدن للفترة من ٢٠١٠/٥/٢٤م إلى ٢٠١٠/٥/٢٧م .

## المنشورات :

* لا توجد لي كتب مطبوعة ، لكني نشرت للآن ٧ كتب إلكترونية هي :

١- آفاق الثقافة العلمية - ديسمبر ٢٠١٤م.

٢- عالَم الذرة - ديسمبر ٢٠١٤م.

٣- التلوث الضوضائي - ديسمبر ٢٠١٤م.

٤- الزمن من العصور القديمة إلى أينشتاين - يناير ٢٠١٥م (ترجمة) .

٥- هذا زمان النانو - يناير ٢٠١٥م (ترجمة).

٦- هل نحن وحدنا في الكون؟ - فبراير ٢٠١٥م (ترجمة) .

٧- حكاية النسبية - مارس ٢٠١٥م .

٨- هذا الكتاب (عالَم من المعادلات) (ترجمة) .

كلها صدرت عن دار حروف منثورة للنشر الإلكتروني

http://ebook-heruf.blogspot.com

.....

رجوع للفهرس