اللّه لا يَرمي النَّرد

"من الفيزياء الكلاسيكية إلى النسبية والكم والأوتار الفائقة"

محمود علام

KAYAN PUBLISHING

الله لا يرمي النرد

مقالات

محمود علاَّم.

الله لا يرمي النرد: مقالات /محمود علاَّم .

القاهرة : كيان للنشر والتوزيع، 2022.

264 صفحة، 20 سم.

تدمك : 978-977-820-107-9

-1مقالات

أ- العنوان : 813

رقم الإيداع : 23747 / 2021

الطبعة الأولى : يناير 2022.

جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة ©

كيان للنشر والتوزيع

إشراف عام:

محمد جميل صبري

نيفين التهامي

4 ش حسين عباس من شارع جمال الدين الأفغاني– الهرم

هاتف أرضي: 0235918808

هاتف محمول: 01000405450 - 01001872290

بريد إلكتروني: kayanpub@gmail.com

info@kayanpublishing.com

الموقع الرسمي: www.kayanpublishing.com

• إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبر بالضرورة عن رأى الناشرين.

©جميعُ الحقوقِ محفوظةٌ، وأيُ اقتباسٍ أو إعادةِ طبع أو نشر في أي صورةٍ كانتْ ورقيةً أو الكترونيةً أو بأيةِ وسيلةٍ سمعية أو بصريةٍ دون إذن كتابي من النـاشـر، يعرض صاحبه للمساءلة القانونية.

الله لا يرمي النرد

مقالات علمية بحثية مبسّطة

محمود علّام

إهداء واجب

إلى كلِّ من ساعدني، وكلِّ من لم يساعدني. إلى كلِّ من تابعني وكلِّ من لم يتابع. إلى كلِّ من انتقدني وكلِّ من أثنى عليّ. إلى كلِّ مَن بوجوده وجدتُ لديَّ القدرة للكتابة والتطوير والتحضير. إلى إخوة العقل، والقلب والدماغ.

أجرؤ على القول بأنني أحفظ أسماءكم وأشكالكم.

إلى كلِّ من وضعني على الطريق الصحيح، وكل من أعطاني عزيمة دفعتني إلى الأمام.

إليكم أنتم.

فلتزأر العاصفة، فنحن هنا اليوم بفضلِكم جميعًا.

محمود علّام

مقدمة

الله لا يرمي النرد.

كلَّما تفكَّرتُ في تلك الكلمة اكتشفتُ أنَّها عبقرية بشكلٍ غير عادي؛ عبقرية لدرجة أنَّها تصلح للردِّ على أي سؤالٍ لا تجد له إجابة.

أي سؤالٍ في أي زمنٍ، وفي أي مكانٍ.

أحيانًا، كثرة الأسئلة التي لا تجد لها إجابةً في عقلِكَ يمكنها أن تقودك للإلحاد لو كنتَ ضعيفَ النفس أو لا تملك الإيمان الكافي، وهذا ما كاد يحدث معي شخصيًّا.

عندما قرأتُ تلك العبارة في وقتٍ ما، أثار ذهولي بساطتُها الواضحة ومعناها المؤثِّر المبهر. طبعًا -للمخضرمين منكم– أنتم تعرفون قائل هذه العبارة، العبقري (ألبرت أينشتاين Albert Einstein). كان الأمر مجرد تعبيرٍ بلاغيٍّ منه ردَّ به على فرضيات نظريات ميكانيكا الكمِّ Quantum Mechanics ، وبالأخص مبدأ عدم التأكُّد Uncertainty Principle للعالِم (فيرنر هايزنبرج Werner Heisenberg) الذي قال إنَّ سرعة الإلكترون وموقعه حول الذرَّة غير مؤكدين، ولا يمكن توقُّعهما معًا، بل يمكن توقُّع أحدهما فقط دون الآخر. وصحة التوقُّع والناتج من عدمِها محتملة وليست أكيدة لأنَّ كلَّ شيء يخضع للاحتمالات فقط. بمعنى أنَّ سرعته أو وجوده أو عدم وجوده محتملٌ وليس أكيدًا، ومن ثمَّ عممتُ ذلك على الكون كلِّه.

الله لا يرمي النرد، وبالمثل؛ لا شيء في الكون خُلِق عبثًا. ليس معنى أنَّنا لا نفهم الغرض من وجود الكون وكيفية خلقه أنَّ الكونَ مخلوقٌ عبثًا، كلا بالطبع؛ عقولنا دومًا قاصرة عن فهم كيفية تفكير الإله، لماذا خلق كلَّ شيء، لماذا خلق البشر والكون.

تلك هي القضية العبثية؛ كلَّما زاد العلم؛ زادت الأسئلة، واكتشفتَ في قرارة نفسِكَ أنَّه لا جواب هنالك. الفَهْم مطلوبٌ ولكنَّه مستحيلٌ، كلُّ ما يمكنك فعله هو التأمُّل والتفكير، وتذكير نفسكَ دومًا بأنَّ الله لا يرمي النرد، وأنَّ الكونَ لم يُخلَق عبثًا، بل هو موجودٌ لسببٍ ما.

لا يمكنك أن تنكر وجود الخالق لأنَّك تعجز عن استيعابه، الكون لا يبالي بأنَّك تعجز عن الاستيعاب؛ وسيظلُّ موجودًا أبد الدهر، هذه حقيقة واقعة؛ قبولها نضجٌ ورفضها حماقة، لكنَّنا -للأسف- نفضِّل أن نكون حمقى على أن نعترف بأنَّنا مخلوقات دنيا ذات عقلٍ قاصرٍ. ولكن دعونا من هذا الآن.

جديرٌ بالذكر أنَّ هذه المقالات نُشرِت من قبل إلكترونيًّا في بعض المواقع والمجموعات الإلكترونية العديدة، وتمَّت سرقتها مِرارًا، لذلك فدعوني أخبركم من أنا، وعمَّا نتحدَّث بالضبط ها هنا.

أنا (محمود علَّام)، وهذه مقالات (الله لا يرمي النرد)، هذا واضحٌ طبعًا.

ما نحن بصدد الكلام عنه هنا هو علوم الفيزياء الكونية النظريةTheoretical Astrophysics ؛ فلو كنتَ ممن يفهمون هذه الأمور فأنتَ عبقريٌّ، أما لو لم تكن، فهذا الكتاب مناسبٌ تمامًا لكَ.

هذا صحيحٌ، سنجيب عن الأسئلة التي دومًا ما دارت بذهنِكَ وأنت تنظر إلى السماء في ظلمة الليل، أو على الأقل سنحاول بقدر الإمكان.

فاتَّخذوا مجالسكم حولي، وأعيروني كامل انتباهكم وتركيزكم، نحن لا نمزح هنا.

قد حان وقت العلم؛ فدعونا نبدأ.

***

ملحوظة:

(تعمَّدتُ ذِكر معظم المصطلحات في هذا الكتاب باللغة الإنجليزية إلى جانب مرادفاتها العربية، والسبب ليس التحذلُق، بل هو لتسهيل معرفة النطق الصحيح للكلمات والمصطلحات والأسماء، وذلك لمن كانت هذه أول مرة له يطالع فيها كتابًا علميًّا. أتمنَّى أن يسهل ذلك البحث عنها في الكتب أو الإنترنت بعد ذلك).

***

-١-

بداية عصر جديد

The Beginning of a New Era

تمهيد

1665

ما الذي يمكن أن يحدث عندما تسقط على شخصٍ تفاحةٌ؟

سيلتقطها ليأكلها طبعًا!

لكنَّ ايزاك نيوتن Issac Newton عندما سقطتْ عليه التفاحة بينما هو جالسٌ تحت الشجرة، كان يفكر في شيء يشغله منذ فترة طويلة بشكلٍ جعله لا يلاحظ الوقت إلَّا عندما أيقظته التفاحة من شروده.

(قصَّة نيوتن والتفاحة هي قصة خيالية وغير حقيقية، تمَّ ذكرُها هنا كنوعٍ من التشويق المبسَّط).

غيَّرَ ذلك الرجل وقتها نظرتَنا إلى الكون تمامًا، عندما قال إنَّ القوتين اللتين تجعلان التفاحة تسقط على الأرض، والأرض تدور حول الشمس هما في الواقع القوة نفسها؛ الجاذبية.

كان ذلك في وقتِها بمثابة أول نظرية توحيد Unification في تاريخ الفيزياء، كما قال عنه العالِم (ستيفن وينبرج Steven Weinberg) بعدها:

"كان توحيد القوى التي تعمل على الأرض والتي تعمل في السماء توحيدًا رائعًا لنظرتِنا إلى الكون".

المدهش في قوانين الجاذبية التي وضعها نيوتن أنَّها حتى الآن ما زالت تعطي نتائجَ غاية في الدقة كلما استخدمناها؛ مثلًا علماء وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا N.A.S.A) لم

يحتاجوا لأكثر منها حتى يُطلِقوا مكوكاتِهم للفضاء، ويضعوا أول رجل (نيل أرمسترونج Neil Armstrong) على القمر.

لكن كانت هناك مشكلة، مشكلة عويصة رغم أنَّ السؤال الذي يعبِّر عنها هو سؤالٌ شديد البساطة:

كيف تعمل الجاذبيةGravity ؟

المشكلة كانت أنَّ نيوتن -رغم أنَّه وضع قوانين الجاذبية شديدة الدقة التي نستعملها حتى اليوم- لم يكن يعرف كيف تعمل الجاذبية بالضبط، وما هو الـ (ميكانيزم Mechanism) أو الآلية الخاصَّة بها!

كان الأمر يُعدُّ أكبر لغزٍ في تاريخ الفيزياء، حتى وقتٍ قريبٍ جاء فيه العبقري (ألبرت أينشتاين Albert Einstein)، وغيَّر تاريخ الفيزياء ونظرتنا ذاتها إلى الكون تمامًا.

كيف؟

هذا هو موضوعنا الأول.

***

-١-

عن العبقرية والجاذبية والجمباز وأشياء أخرى

‘‘سرعة الضوء هي أقصى سرعة في الكون، ولا يمكن لأي شيء أن يتخطاها’’.

تخيَّلوا موقف علماء الفيزياء في العالم عندما تخرج تلك العبارة من موظفٍ مجهولٍ يعمل في مكتبٍ سويسري. بالتأكيد لن يكون ذلك موقفًا ظريفًا جدًّا بالنسبة لقائلها؛ فالمجتمع العلمي لا يرحم المدَّعين. ولذلك كان من اللازم أن يثبِتْ ألبرت أينشتاين كلامَه، خصوصًا أنَّ كلامَه وضعه في موقفٍ حرجٍ جدًّا أمام العلماء، وذلك بسبب معنى كلامِه ذاتِه. فطبقًا لذلك الافتراض، كان السؤال هو بما أنَّ سرعة الضوء أقصى سرعة في الكون، إذن كيف تعمل الجاذبية بذلك الشكل الفوري؟! نفس سؤال نيوتن، والمشكلة التي حيَّرت كثيرًا من العلماء وقتها.

دعوني أشرح لكم المشكلة بالضبط.

افترضوا معي -من منظورٍ علميٍّ وافتراضيٍّ بحتٍ- أنَّ الشمس اختفتْ من مكانِها؛ ما الذي سيحدث عندها؟ طبعًا -وفقًا لقوانين نيوتن- ما سيحدث هو أنَّ الكواكبَ ستخرج عن مساراتِها حول الشمس فورًا، لأنَّه -نيوتن- افترض أنَّ قوة تأثير الجاذبية ‘‘فورية» مهما اختلفت المسافات، ولذلك فنحن -طبقًا لتصورات نيوتن أيضًا- سنشعر على الأرض هنا باختفاء الشمس بشكلٍ فوريٍّ فور حدوث شيء كهذا.

لكن طبعًا كما قلنا، أينشتاين كان يجد مشكلة كبيرة في ذلك التصوُّر، لماذا؟

بالنسبة له -أينشتاين وليس نيوتن- وبالنسبة لمعادلاته، فإنَّ الضوء لا ينتقل بشكلٍ فوريٍّ، بل له سرعة (229792458 متر/ثانية)، وطبعًا بحسبة رياضية بسيطة نجد أنَّ الضوء

سيستغرق قرابة 8 دقائق حتى يقطع مسافة 93 مليون ميلٍ، وهي المسافة بين الأرض والشمس حتى يصل إلينا، كل ذلك جميل.

كيف يمكن أن نتحرَّر من جاذبية الشمس -بفرض أنَّها اختفت كما قلنا- بشكلٍ فوريٍّ، ونطير في الفضاء بعيدًا عنها، قبل حتى أن نشعر بالظلمة الناتجة عن اختفاء الشمس؟! ذلك شيء غير منطقي.

كما قلنا من قبل، بالنسبة لمعادلات أينشتاين، لا يوجد شيءٌ في الكون يمكن أن يتحرَّك أسرع من الضوء، سواء كان شيئًا ماديًّا أو طاقة، وبالتالي يعني ذلك طبعًا أنَّ نيوتن كان مخطئًا في تصوراته عن الجاذبية!

بذلك، وضع هو نفسه في موقفٍ لا يُحسَد عليه، لأنَّه لو كان محقًّا في كلامه، فكيف تعطي كلُّ معادلات نيوتن وقوانينه نتائجَ وحساباتٍ وتصوراتٍ غاية في الدقة للكواكب ومساراتِها حول الشمس؟ كيف نستخدمها نحن أنفسنا حتى الآن من دون أي أخطاءٍ إطلاقًا؟

كان لزامًا على أينشتاين أن يحلَّ أول مشكلة واجهته في حياته العلمية -دعك من كونها مشكلة الفيزياء الكبرى حتى وقتها- حتى يثبت صحة كلامه، وفعلًا وصل إلى حلِّ اللغز بعد عشر سنواتٍ من التعب والتفكير والكتابة وأكواب القهوة.

كيف؟

دعوني أخبركم.

***

دعوني أسألكم سؤالًا: ممَّ يتكوَّن كلُّ شيءٍ، بما فيه الكون ذاته؟

بالضبط .. طول وعرض وارتفاع.

بدأ أينشتاين شرحه بأن وضع بُعدًا رابعًا وأضافه للأبعاد الثلاثة الأولى، وهو الزمن، ثم سمَّى كلَّ ذلك (النسيج الكوني أو الزمكان Spacetime).

ومن فهمه لهندسة الزمان والمكان -أو الزمكان كما سمَّاه- قال كلامًا غريبًا شديدَ التعقيد، يستعصي فهمه بسهولة.

دعوني أشرح لكم النظرية بشكلٍ غاية في البساطة.

تخيَّلوا معي أنَّ الكون عبارة عن سطحٍ مطاطيٍّ مثل ذلك الذي يقفز عليه البهلوانات ولاعبو الجمباز -يسمُّونه الترامبولين Trampoline- ولنُطلِق عليه اسم النسيج الكوني.

جميل، تعالوا بعدها نمسك بكرة معدنية كبيرة، ثم نضعها في وسط ذلك السطح ونسميها -جدلًا- الشمس.

طبعًا سنجد أنَّ السطحَ هبط وتقعَّر للأسفل تحت تأثير ثِقَل الكرة المعدنية، جميل.

دعونا بعدها نحضر كراتٍ معدنية أخرى صغيرة هذه المرة، ونحاول أن ندفعها لتمشي على ذلك السطح بصورة مستمرة بشكلٍ لا نهائي، طبعًا سنجدها تنحدر في مسارِها بشكلٍ دائريٍّ، وتدور حول الكرة الكبيرة التي هي الشمس، وذلك بسبب المنحنيات التي صنعتها الكرة الكبيرة في السطح المطاطي.

الكون في تكوينِه يشبه ذلك السطح بالضبط مع اختلاف الخصائص والحجم والأبعاد الزمنية والطولية ذاتها. يمكن أن يلتفَّ وينحني ويتقعَّر لو وُضِع فيه أجسامٌ ضخمة مثل الكواكب والنجوم، وبالتالي يفرض ذلك على الأجسام الصغيرة -بسبب طاقتها- الدوران حول الأجسام الكبيرة بسبب المنحنيات التي صنعتها الأجسام الكبيرة في النسيج الكوني، وذلك ما يخلق ما نشعر نحن بأنَّه مدار Orbit.

بمعنى أنَّ النسيج الكوني المنحني المتقعر بسبب كتلة وكثافة الشمس هو الذي يفرض على كوكب الأرض مثلًا أن يدور حول الشمس في تلك المنحنيات، وبالتالي يصبح شكلُها كأنَّها مجذوبة بقوة أو طاقة للشمس.

بعبارة أخرى، الكواكب لا تدور حول الشمس لأنَّ هناك قوة تخرج منها لتجذب الكواكب إليها، بل لأنَّ -بمنتهى البساطة- كتلة وكثافة الشمس تُجبِر الكواكبَ والأقمارَ على الدوران في منحنيات النسيج الكوني الناتجة عن تلك الكثافة.

وبالتالي لو أنَّنا قمنا بتجربة ذلك المفهوم الجديد للجاذبية سنجد أنَّنا لن نشعر باختفاء الشمس -لو اختفت طبعًا فنحن نفترض هنا- مباشرة، بل ستصلنا الأخبار في شكل موجة بعد 8 دقائق تقريبًا من اختفائها. حَسَبَ أينشتاين سرعة تلك الموجة فوجدها نفس سرعة الضوء بالضبط!

شرحٌ عبقريٌّ لا يمكن أن يخرج إلَّا من عقلٍ فوق الطبيعي بالفعل.

طبعًا سمَّى العبقري أينشتاين تلك النظرية العبقرية (النسبية العامة General Relativity)، وكانت تلك النظرية هي التي جعلت أعين المجتمع العلمي كله متركزة عليه، وأهَّلته بعد ذلك للفوز بجائزة نوبل في الفيزياء سنة 1921، عن ورقة قدَّمها عن شيءٍ مختلفٍ تمامًا، وهو التأثير الكهروضوئي، وذلك ضمن ثلاثمائة ورقة بحثية له.

لكن في الواقع، وحتى بعد كلِّ ذلك العمل والمجهود، لم يكن راضيًا عمَّا قدَّمه للفيزياء بعد؛ فكان يحلم بأن يوحِّد بين نظريته وبين قوة أو طاقة جديدة اكتُشفت حديثًا في ذلك الوقت، وهي الطاقة الكهرومغناطيسية Electromagnetic Energy.

كان يؤمن حدَّ اليقين أنَّه –لو تمكَّن من فعل ذلك– فإنَّه سيتمكَّن من ابتكار نظرية واحدة تصف كلَّ شيءٍ يحدث في الكون بذاتِها وحدها، نظرية يمكنها وصف ما حدث بالضبط عند نشأة الكون.

طبعًا كما تعرفون، لم يكن هذا بالسهولة التي توقعها.

كيف؟

هذا هو ما ستعرفونه حالًا.

***

-٢-

عن ماكسويل والذرة والحوائط وأشياء أخرى

قبل نحو خمسين سنة من زمن أينشتاين، لاحظ عالِمٌ اسكتلندي يُدعى (جيمس ماكسويل James Maxwell) شيئًا غريبًا للغاية.

لاحظ أنَّه عند مرور تيارٍ كهربي في معدنٍ ما، فإنَّ ذلك يكسب المعدن خواصًا مغناطيسية وإستاتيكية، ويجعله يؤثِّر في المعادن الأخرى التي حوله.

ومن خلال أربع معادلاتٍ رياضية استطاع أن يوحِّد بين القوتين الكهربائية والمغناطيسية ليتوصَّل إلى مفهومٍ جديدٍ وهو الطاقة الكهرومغناطيسية. كانت خطوة تماثل في عظمتها خطوة نيوتن عند اكتشافه لقوانين الجاذبية، ونقلة جديدة في معادلات التوحيد Unification التي تحدَّثنا عنها من قبل.

أينشتاين كان شديدَ الإعجاب بالاثنين، وكان يؤمن أنَّ ما فعله هذان الاثنان هو خطوة مهمة جدًّا في طريق المعادلة الأم التي يمكنها أن توحِّد نظرتنا للكون. وبعد خمسين سنة من ذلك الوقت، كان أينشتاين كما قلنا يحاول أن يوحِّد بين نظريته وبين تلك القوة حتى يمكنه التوصُّل إلى تلك المعادلة الموحدة.

ولكن عندها قابلته مشكلة عويصة.

***

عندما بدأ أينشتاين محاولاتِه لتوحيد الفكرتين واجهته مشكلة معقَّدة جدًّا؛ الفرق بين قوة وشدة القوة الكهرومغناطيسية والجاذبية.

القوة الكهرومغناطيسية أقوى بملايين المرات من الجاذبية. مثلًا نحن نقدر كل يوم -باستخدام عضلات أجسامنا فقط- أن نتغلَّب على الجاذبية، كرفع جسمٍ أيًّا كان عن الأرض على سبيل المثال، لكن لا يمكننا التغلُّب على القوة الكهرومغناطيسية بمثل تلك السهولة.

علي سبيل المثال، تلك القوة هي التي تمنع أجسادنا من اختراق الأرض ونحن واقفون عليها أو لو سقطنا من أي ارتفاعٍ مثلًا. مثال آخر هو أنَّك -مهما حاولت– لا تقدر على أن تخترق حائطًا مثلًا أثناء سيرك، لأنَّ ببساطة القوة التي تمنعك من ذلك هي القوة الكهرومغناطيسة الموجودة في الشحنة السالبة على محيط الذرات التي تجمع بين جزيئات المادة وتربطها ببعضها بشكلٍ متماسكٍ.

بعبارة أخرى هي القوة التي تحفظ صلابة الأجسام وتماسك الذرات.

الحقيقة أنَّنا نعتقد أنَّ الجاذبية هي قوة كبيرة رغم أنَّها أضعف قوة في الطبيعة، مثلًا الكرة الأرضية بكلِّ حجمها وكثافتها وجاذبيتها عندما تقوم بجذب كرة قدم صغيرة لها فإنَّها سترتطم بالأرض وترتدُّ مرة أخرى، ولن تعبر منها، وذلك بسبب القوة الكهرومغناطيسية التي تحفظ تماسُك المادة. في الواقع القوة الكهرومغناطيسية أقوى بمليارات المرات من الجاذبية، لكنَّنا لا نشعر بذلك لأنَّها تعمل على مستوى الذرات والجزيئات، لذلك فقد كان ذلك أصعب مهمات أينشتاين بسبب -كما قلنا- الفرق العظيم في شدة القوتين.

تعقَّدت الأمور أكثر عندما ظهرت اكتشافاتٌ علمية فيزيائية جديدة علي المستوى الذري جعلت أينشتاين عاجزًا عن مجاراة التطور العلمي وقتها، لأنَّه كان متمسكًا بشدة بنظريته النسبية -التي قدَّمت لنا الكثيرَ فعلًا- وأهمل الاكتشافات التي ظهرت وقتها على المستوى الذري، وأدَّى به ذلك إلى الفشل في محاولاته لتوحيد القوتين.

وماذا حدث بعدها؟

جاء (نيلز بور Niels Bohr) و(شرودنجر Schrodinger) و(هايزنبرج Heisenberg) و(ديراك Dirac) والكثيرون غيرهم طبعًا.

***

في أواخر عشرينيات القرن المنصرم جاءت مجموعةٌ من العلماء بقيادة (نيلز بور Niels Bohr) و(هايزنبرج Heisenberg)، وقدَّمت نظرة غريبة وعجيبة للفيزياء جعلتهم يختطفون الأضواء من أينشتاين ذاته.

تلك النظرة كانت نوعًا من الخيال العلمي وقتها، ويمكننا القول إنَّها قلبت الفيزياء (رأسًا على عقب) كما يقولون.

ولماذا؟

هؤلاء المخابيل (كما وصفهم علماء عصرهم في البداية) كانوا يعتقدون أنَّ الذرة ليست هي أصغر جزءٍ في المادة كما كان يعتقد الجميع وقتها!

كانوا يروْن أنَّ الذرَّة تتكوَّن من أجزاءٍ أصغر سمُّوها (البروتونات Protons) و(النيوترونات Neutrons)، يدور حولها أجزاءٌ أصغر اسمها (الإلكترونات Electrons).

وفي ذلك العالَم المتناهي الصغر، طبعًا كانت معادلات ماكسويل وأينشتاين عديمة الجدوى في وصف ما يحدث على المستوى الذري وشرح السلوك الغريب لتلك الجزيئات المتناهية الصغر؛ حيث إنَّ الجاذبية ليست لها قيمة على المستوى الذري، وفي الوقت نفسه، الكهرومغناطيسية -التي كانوا يعرفون أنَّها المسئولة عن ربط الذرات ببعضها- لم تفلح إطلاقًا في وصف ما يحدث داخل الذرات نفسها.

تعقَّدت الأمور أكثر وتداخلت، ولم يكونوا قادرين على فَهْم أو استيعاب ما يحدث على مستوى مكونات الذرة، حتى توصَّل الرياضيان العبقريان (هايزنبرج Heisenberg) و(شرودنجر Schrodinger) بمساعدة بعض العلماء الآخرين إلى النظرية الأسطورية.

النظرية التي غيَّرت نظرتنا الجديدة للكون تمامًا:

ميكانيكا الكمِّ Quantum Mechanics.

***

طبعًا كما قلنا من قبل، النسبية كانت تؤكد أنَّ الكونَ بكلِّ ما يحدث فيه منظمٌ جدًّا وأحداثه منظَّمة يمكن توقُّعها بسهولة.

جاءت ميكانيكا الكمِّ لتنسف ذلك نسفًا.

كيف؟

لأنَّ ميكانيكا الكمِّ تقول إنَّ العالَم -على المستوى الذري- عالمٌ من الاحتمالات؛ لا توجد فيه أحداثٌ منظَّمة أو معروفة، عالم الكلمة العليا فيه هي (اللا تأكيدUncertainty)، ولذلك فإنَّ ميكانيكا الكمِّ تقدر على توقع الاحتمالات فقط لنتيجة ما أو أخرى.

طبعًا فتحت تلك الفكرة الباب أمامنا على صورة جديدة لعالمٍ غير مستقرٍّ ولا يمكن توقُّع أحداثه، عالم لو أمكننا رؤيته بأعيننا المجردة لأصبنا بالجنون.

القوانين في العالم الكمي أو الكوانتي (Quantum Realm) مختلفة تمامًا عن القوانين الفيزيائية التي نعرفها؛ مثلًا لا وجود لِمَا نسميه بالاتجاهات، لا يوجد أعلى أو أسفل، لا يسار ولا يمين، عالم مجنون ببساطة، السائد فيه هو الاحتمالية عوضًا عن الحتمية، بمعنى أنَّ حدوث أي حدثٍ فيه محكومٌ باحتمالٍ معين وليس أكيدًا، بل -والأدهى- عدم حدوث حدثٍ

معين لا يعني أنَّه لم يحدث فعلًا، بل يمكن أن يكون قد حدث بالفعل في عالمٍ مختلفٍ عن ما نراه في تلك اللحظة بأعيننا!

باختصار، كلُّ شيء محتملٌ في ميكانيكا الكمِّ، ولا يوجد أي شيء مؤكد.

دعوني أقدِّم لكم مثالًا غريبًا ولكنه محتمَلٌ حسب معطيات النظرية:

الحسابات الرياضية لميكانيكا الكم تُظهر أنَّ ذرَّات جسدك لديها فرصة أن تعبر من المسام الذرية لجسم صلب -حائط مثلًا- بمجرد أن تصطدم به أو تدفعه، لكن احتمال حدوث ذلك هو احتمالٌ صغيرٌ جدًّا لدرجة فلكية تعادل اللا نهاية، بمعنى أنَّك لو عكفت على محاولة دفع حائط بجسدِك لمدة زمنية تعادل اللا نهاية فإنَّك في الواقع يمكن أن تعبره إلى الناحية الأخرى!

رأي طبعًا سينال إعجاب أي سلحفاة تنطح حجرًا بشدة.

أمَّا على المستوى الذري وفي ذلك العالم الصغير الذي تكلَّمنا عنه، تلك الاحتمالات تحدث بشكلٍ أكبر بكثير.

قاوم أينشتاين تلك الفكرة جدًّا، ولم يقتنع أنَّ ذلك العالم أقصى إجابة يمكن أن نتوصَّل لها فيه هي احتمال وليست نتيجة مؤكَّدة، بل والأدهى -حسب مبدأ عدم التأكُّد لهايزنبرج- أنَّه يقدر على التوصل لنتيجة واحدة فقط من النتيجتين، إمَّا سرعة الإلكترون مثلًا أو موقعه حول الذرة، ولا يمكنه التوصُّل إلى النتيجتين معًا، وحتى النتيجة المتوصل إليها هي نتيجة غير مؤكدة تمامًا، بل هي احتمال. قال وقتها أينشتاين كلمته الشهيرة التي هي عنوان الكتاب: "الله لا يرمي النرد God Doesn't Play Dice"، وهو ما جعل هايزنبرج يردُّ عليه قائلًا :

."Stop Telling God What He Should Do"

بمعنى توقف عن إخبار الرب بما يجب عليه أن يفعله.

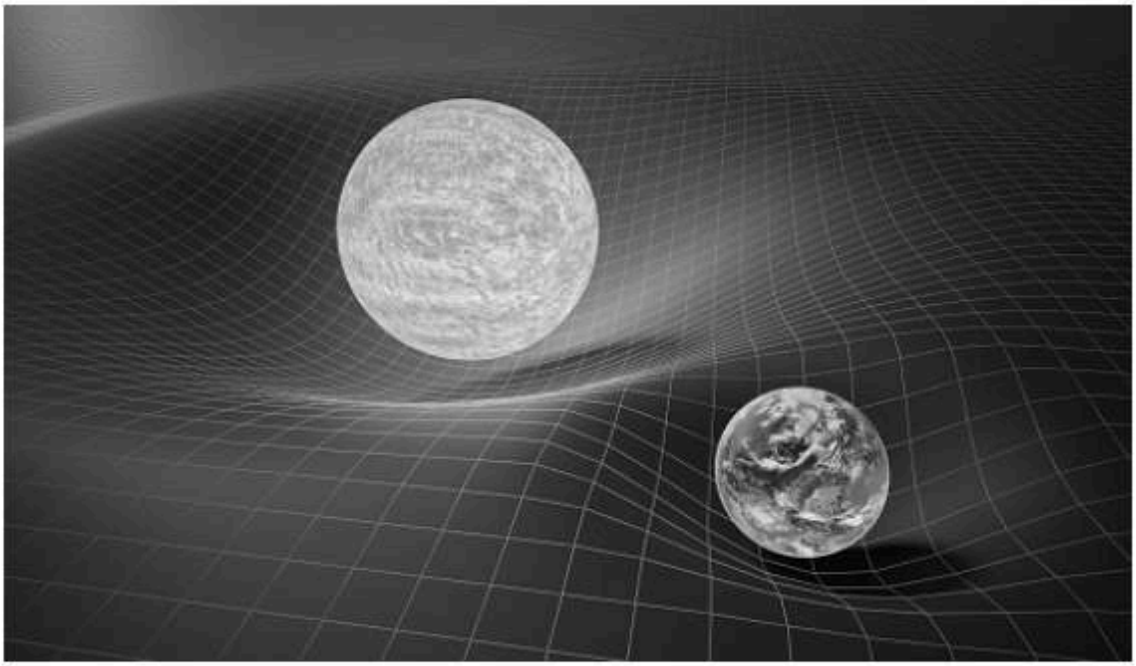
وفعلًا أظهرت كلُّ الحسابات والاختبارات التي أجريت بعد ذلك أنَّ أينشتاين كان مخطئًا، لأنَّ ميكانيكا الكمِّ نجحت -بدقة مذهلة- في وصف العالم على المستوى الذري. بمعنى أنَّه إذا أراد أي شخصٍ أن يفهم ما يحدث على المستوى الذري، فإنَّه -حتمًا- سيحتاج إلى ميكانيكا الكمِّ. ولم تثبت أي مشاهدة أو تجربة أو ملاحظة علمية خطأ أي توقُّع قدَّمته ميكانيكا الكمِّ.

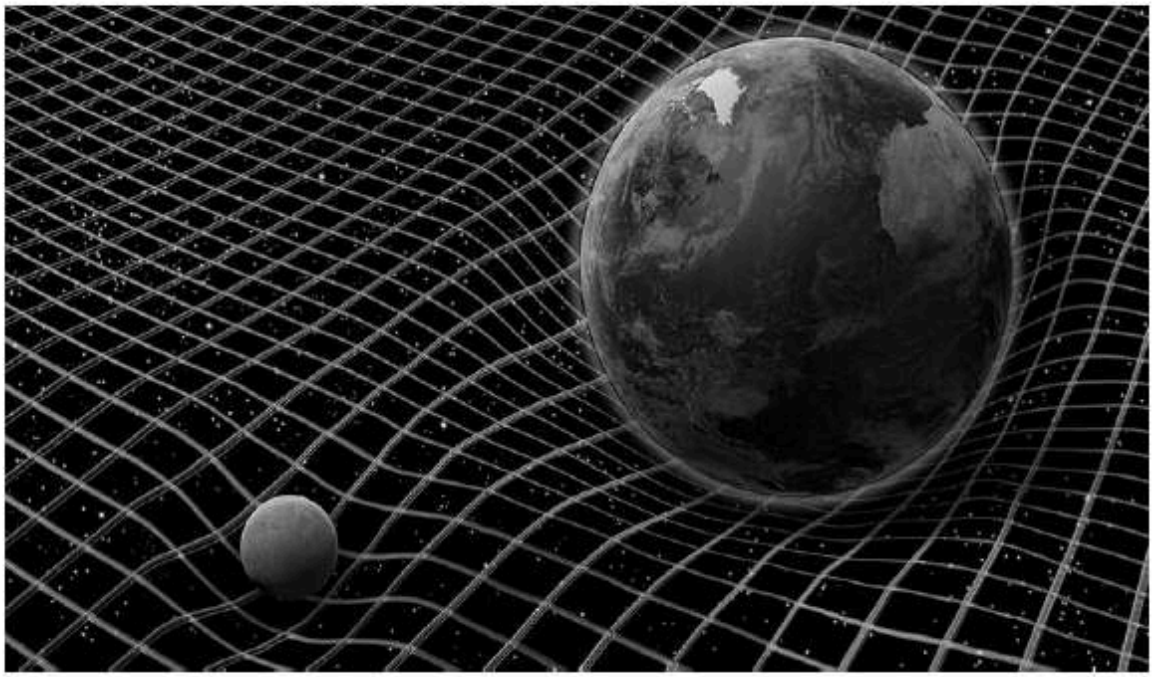
لكن هذا لم يكن كلَّ شيء، ما زالت هناك الكثير من الأشياء التي قدَّمتها ميكانيكا الكمِّ لتغيِّر نظرتنا للكون بشكلٍ أكبر، لكن تلك سنعرفها في المقال القادم بإذن الله.

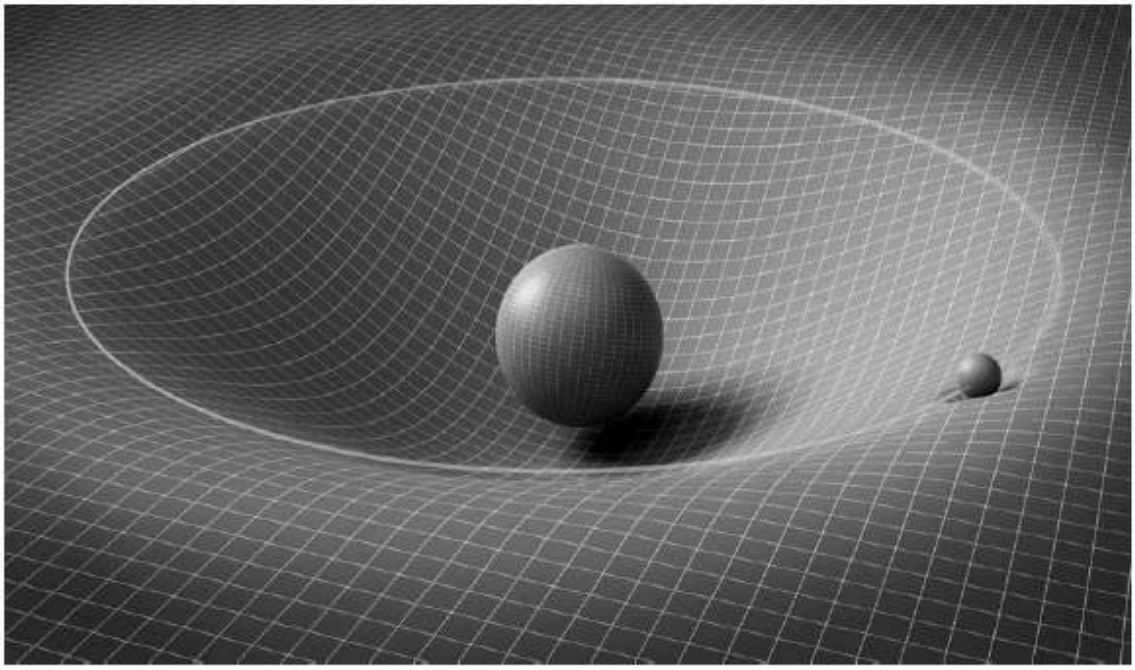
لو أصابك الأمرُ بالصداع، فانهض وأعد لنفسِكَ كوبًا من الشاي أو القهوة الساخنة؛ عقلك يستحقُّ راحة قصيرة، لكن عُد بسرعة ولا تكن كسولًا.

فما زال هناك الكثير.

***







أشكال توضيحية لطريقة عمل الجاذبية في النسبية العامة

-٢-

لغز فيزيائي

Physics Puzzle

تمهيد

كما قلنا من قبل، في الوقت الذي كان أينشتاين فيه غارقًا في مشاكله الخاصة مع نظريتِه النسبية، ومحاولاته المستميتة لدمجها مع الطاقة الكهرومغناطيسية وميكانيكا الكمِّ، كانت الأخيرة على الصعيد الآخر تقدِّم كشوفاتٍ وفتوحاتٍ جديدة في عالم الفيزياء لم يتوقعها أحدٌ، ولم يتخيَّلها شخصٌ من قبل.

كشوفات فتحت الباب أمام التقدُّم العلمي في القرن العشرين بلا مبالغة.

ما هي الكشوفات؟

دعوني أخبركم.

***

-١-

فتوحات وثقوب سوداء وما إلى ذلك

في أواخر الثلاثينيات كان أينشتاين منشغلًا بالنسبية، وكان عمله كلُّه مركَّزًا على محاولة تطويرها ودمجها مع ميكانيكا الكمِّ، وعلى الناحية الأخرى كانت الأخيرة تقدِّم لنا كشوفًا أخرى مذهلة.

حتى تلك اللحظة كان العلماء يعتقدون أنَّ القوى التي تحكم الذرة والكون هي الجاذبية والكهرومغناطيسية فقط. الجديد هنا أنَّه -بناءً على حسابات ميكانيكا الكمِّ- يوجد قوتان إضافيتان:

التفاعل النووي القوي (Strong Nuclear Interaction)، والتفاعل النووي الضعيف (Weak Nuclear Interaction).
التفاعل النووي الضعيف (يُعرف أيضًا باسم القوة النووية الضعيفة Nuclear Weak Force) هو القوة التي تسمح بتحوُّل النيوترونات المتعادلة الشحنة إلى البروتونات الموجبة الشحنة، وينتج عن ذلك الإشعاع الذري Nuclear Radiation الناتج عن التحلُّل الإشعاعي Radioactive Decay.

أمَّا التفاعل النووي القوي (يُسمَّى أيضًا بالقوة النووية الكبيرة Nuclear Strong Force) فهو القوة المسئولة عن ترابُط مكونات الذرة نفسها مع بعضها. للتبسيط يمكن أن نتخيَّلها كالغراء الذي يجعل النيوترونات والبروتونات ملتصقة ببعضِها داخل الذرَّة لتدور حولها الإلكترونات.

القوة النووية الكبيرة من أهم تطبيقاتها القنبلة النووية المستخدمة في الحرب العالمية الثانية. فأبحاث العالم البريطاني إرنست راذرفورد (Ernest Rutherford) على تلك القوة

جعلت الفكرة ممكنة، فالقنبلة النووية التي تمَّ إنتاجُها بعد ذلك تقوم فكرة عملِها أصلًا على تحرير تلك القوة، وشطر الذرة وكسر الترابُط بين مكوناتِها، وبالتالي ينتج عن ذلك تلك القوة المهولة التي نراها في مشاهد الانفجارات النووية التي نعرفها جميعًا.

على أي حالٍ كفانا كلامًا عن القنابل النووية، ولنعد لموضوعنا قبل أن يرسلنا الـ CIA جميعًا إلى جوانتانامو.

المهم في كلِّ ذلك هو أنَّ الجاذبية ليست لها قيمة داخل الذرة كما قلنا، بمعنى أنَّها موجودة وتعمل في العالم العادي المرئي وليس الذري.

يعني ذلك أنَّ الجاذبية في نسبية أينشتاين يمكنها وصف الكون المادي على مستوى الكواكب والمجرات بكفاءة، لكن عندما تستخدمها في تفسير الذرات والروابط بينها فإنَّها لا تعمل على الإطلاق.

بنفس الطريقة ميكانيكا الكمِّ تصف العالم المادي على مستوى الذرات والجزيئات، لكن على مستوى الأجرام والأجسام الكبيرة فإنَّها تعطي نتائج خاطئة تمامًا.

تلك هي المسألة؛ لا بُدَّ من نظرية تجمع بين الاثنين، لأنَّ الأجسام الكبيرة والكواكب تتكوَّن من نفس المادة التي تتكوَّن منها الجزيئات، والكون كلُّه يتكوَّن من نفس الذرات.

ذلك هو لغز الفيزياء الحديثة؛ لا أحد يعرف كيف يمكن أن يدمج النسبية وميكانيكا الكمِّ.

الدمج بينهما كان مستحيلًا بكلِّ المقاييس لدرجة جعلت العلماء يُصابون بالإحباط، لأنَّ القاعدة العامة للفيزياء تنصُّ على أنَّ قوانين الطبيعة الصحيحة يجب عليها أن تطبق في كلِّ مكانٍ وعلى أي شيء موجود في الطبيعة، وذلك الذي استحال تحقيقه بين النسبية وميكانيكا الكمِّ.

ظلَّ العلماء بعدها يستعملون النظريتين بشكلٍ منفصلٍ، وحقَّقوا كشوفاتٍ ونتائجَ مذهلة في دراسة الكون، مما ساهم بشكلٍ أساسيٍّ في التقدُّم الذي وصلته البشرية حتى الآن. ولكن المشكلة كانت في الظواهر التي لا يمكن تفسيرها باستخدام نظرية واحدة من بين الاثنتين، بل هي تحتاج إلى نظرية واحدة ذات قانونٍ أو معادلة موحدة يمكنها دمج الاثنتين.

مثل أعماق الثقوب السوداء على سبيل المثال.

***

1916

الحرب العالمية الأولى

وهو على الجبهة في الحرب العالمية الأولى، قدَّم عالِم الفلك الألماني (كارل شفارتزشايلدCarl Schwarzschild) فكرة الثقوب السوداء بعد ما حلَّ معادلات أينشتاين بطريقة جديدة وغريبة بعض الشيء.

هل تعرفون النجوم؟ جميل، جميعنا نعرف أنَّ النجوم عند تكوُّنها تبدأ في التضخم، لكن هل التضخم والكبر يستمرُّ للأبد؟ كلا بالطبع.

النجوم تستمر في التضخم وهي تستهلك الوقود الهيدروجيني في مركزها، حتى ينتهي ذلك الوقود، فتبدأ في استهلاك عناصر أثقل كالكربون مثلًا، حتى تصل لِمَا يُسمَّى بالكتلة الحرجة Critical Mass، يعني ذلك أنَّ جاذبية النجم أصبحت أكبر من قدرتِه على التوازن والاحتمال، وبشكلٍ تدريجي يؤدي ذلك إلى أن ينهار النجم على نفسه جاذبًا نفسه للداخل وليس الخارج، وبالتالي كثافة وكتلة النجم الهائلة تلك تتركز كلها في نقطة تفرد

Singularity صغيرة جدًّا جاذبيتها بلغت من القوة والشدة درجة أنَّ شيئًا لا يمكنه الإفلات منها حرفيًّا، حتى الضوء، ومن هنا جاء مصطلح الثقوب السوداء Black Holes.

لأنَّ تلك الكتلة والكثافة الرهيبة المتركزة في نقطة واحدة بلغت قوتها شدة جعلتها تحني وتشوه النسيج الكوني بشكلٍ لا نهائي -هل تذكرون النسبية؟- لدرجة لا تسمح لأي شيء أن يفلت من تلك الجاذبية، حتى الزمن نفسه يتباطأ في محيطٍ (يسمُّونه أفقًا) الثقب الأسود حتى يتوقَّف تمامًا!

نظرية غريبة فعلًا، وكانت شبيهة بالخيال العلمي وقتها، لا تنسوا أنَّ شفارتزشايلد قدَّم النظرية سنة 1916.

طبعًا كان علماء الفلك وقتها يظنون أنَّها مجرد نظرية غريبة مفرطة في الخيال حتى رصدت التليسكوبات الثقوب السوداء فعلًا وتحقَّق التوقُّع والاستنتاج الرياضي لشفارتزشايلد؛ ومن هنا جاءت المشكلة.

لو أنَّنا الآن أردنا البدء في دراسة أعماق الثقوب السوداء -بالمناسبة ذلك هو أكبر ألغاز الفيزياء الحديثة الذي سنتكلَّم عنه في مقالٍ قادمٍ تحت اسم (أفق الحدث)- فأي نظرية سنستخدم؟ النسبية لأنَّ كتلة وكثافة الثقب الأسود أكبر من كثافة النجوم؟ أم ميكانيكا الكمِّ لأنَّ الثقب الأسود أصغر من الذرة؟ هل ترون المشكلة؟

لا بُدَّ من وجود قانون ونظرية واحدة موحَّدة تدمج الاثنتين حتى يمكننا وصف ودراسة شيء كهذا.

وحتى نصف الانفجار الكبير أيضًا.

***

-٢-

تضارب رؤى

كما قلنا، أكبر مشكلة تواجه العلماء وتجعلهم يقفون حائرين عند محاولة تفسير كيف بدأ الكون، وكيف حدث الانفجار الكبير، هي تضارب النظريات التي يعملون بها.

فلدينا في ناحية النسبية الدقيقة جدًّا على مستوى الكون المرئي والكواكب والأجرام السماوية، وعلى الناحية الأخرى لدينا ميكانيكا الكمِّ التي تعطي حساباتٍ مذهلة الدقة على مستوى الكون الذري. ولكن أحدًا لا يمكنه الدمج بينهما.

في لحظة الانفجار الكبير تواجدت مادة صغيرة جدًّا بحجم الذرة أو أصغر، حدث بداخلها اختلال وانشطرت وانفجرت كمثل انفجار القنابل النووية مثلًا، وانتقل فجأة الكون من الأبعاد الدقيقة إلى الأبعاد العملاقة؛ حيث إنه في خلال أربعة عشر مليار من السنين التي تلت ذلك بدأت المادة الأولية تتمدَّد وتبرُد وتُشكل الكون الذي نعرفه الآن بمجراته وكواكبه ونجومه، سنشرح نظرية الانفجار الكبير في مقالٍ قادمٍ بإذن الله بالتفصيل.

لكن فكروا معي، وتخيَّلوا لحظة أنَّنا عُدنا بالزمن للوراء، وتابعنا العودة باستمرارٍ، سنجد أنَّ الكون حجمه يصغر ويصغر حتى تبدأ حرارته في الارتفاع، وكثافته في الزيادة بشكلٍ رهيبٍ حتى يعود للحجم المضغوط لا نهائي الصغر والكثافة الذي بدأ عنده الزمن، بدأ عنده كلُّ شيء.

في شكلِها الحالي، تلك القوانين لا تصلح لوصف شيء كهذا لأنَّها ببساطة ناقصة.

تعالوا نفهم لماذا لا تتفق نظرية النسبية مع ميكانيكا الكمِّ.

كما قلنا من قبل، الجاذبية على مستوى الكون هي التفافات وانحناءات النسيج الكوني على نفسه بطريقة تغير شكل النسيج الكوني نفسه أو ما يسمونه بالزمكان Spacetime.

لكن شكل الكون الحتمي الذي نعرفه جميعًا على مستوى الأجرام السماوية يختلف عن شكلِه على المستوى الصغير جدًّا الممعن في التفاصيل، بمعنى أنَّنا لو استخدمنا ميكانيكا الكمِّ في تفسير الكون المرئي فإنَّها ستعطي نتائجَ مختلفة ومغايرة للواقع تغير الكون تمامًا في نظرنا كأنَّنا نتكلَّم عن كونين مختلفين تمامًا.

العالم الذري أو الكون بمقاييس ميكانيكا الكمِّ يقول إنَّ الكون فوضويٌّ بشكلٍ كبيرٍ -عكس النظام الواضح الذي نراه في حركة الكون- وغير منتظم بأي مقياسٍ، بمعنى أنَّه عالمٌ مضطربٌ لدرجة أنَّه لا معنى فيه للزمن ولا الاتجاهات ولا مفاهيمنا عنهم. الزمان والمكان أو الزمكان مشوَّه بدرجة لا نهائية يستحيل معها معرفة ما إذا كان حدثٌ معين قد وقع قبل حدثٍ آخر أو بعده، لأنَّه لا معنى للزمن ذاته، ولا حتى الاتجاهات.

الزمكان Spacetime لأي حدثٍ غير محدد، بل هو محتملٌ فقط ولا يمكن توقعه بشكلٍ مؤكدٍ. قرونٌ عديدة مرَّت بعدها والعلماء يعتقدون أنَّ المادة تتكوَّن من أجزاءٍ كروية صغيرة جدًّا في حجمها تُدعى (الجزيئات Molecules)، وتلك الأجزاء تتكوَّن من أجزاءٍ أخرى أصغر في حجمها (الذرات Atoms)، التي تتكوَّن بدورها من أجزاءٍ أصغر: (البروتونات Protons والنيوترونات Neutrons)، تدور حولها (الإلكترونات Electrons).

لكن هل سألتَ نفسَكَ يومًا ما هو الأصغر من كل هؤلاء؟ ما المكون الذي تتكوَّن منه كلُّ تلك الأجزاء؟

هنا جاءت واحدة من أعظم النظريات في تاريخ الفيزياء الكلاسيكية والحديثة، النظرية التي -بسبب تعقيدها- لم يستطع أحدٌ من العلماء أن يثبتها عمليًّا حتى وقتنا هذا، ولا نظريًّا حتى وقت قريب جدًّا.

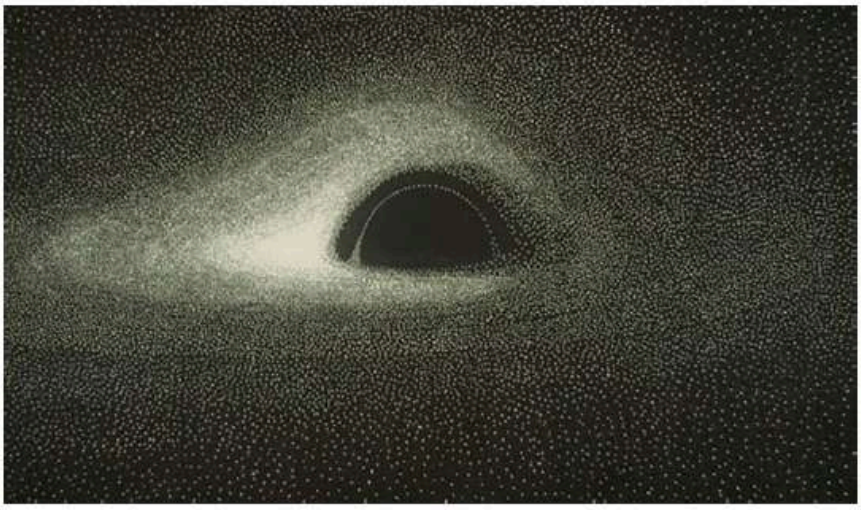
النظرية التي لو صحَّت عمليًّا فعلًا كما هي صحيحة رياضيًّا ونظريًّا ستمكننا من فهم كيف بدأ الكون والخلق، وستفسِّر لنا كلَّ شيء في الكون حرفيًّا.

تلك النظرية لها العديد من الأسماء، واحدٌ منها هو نظرية الأوتار الفائقةSuper String Theory، أو النظرية M، ولكن الاسم الأكثر شهرة هو (نظرية الكل The Theory of Everything).

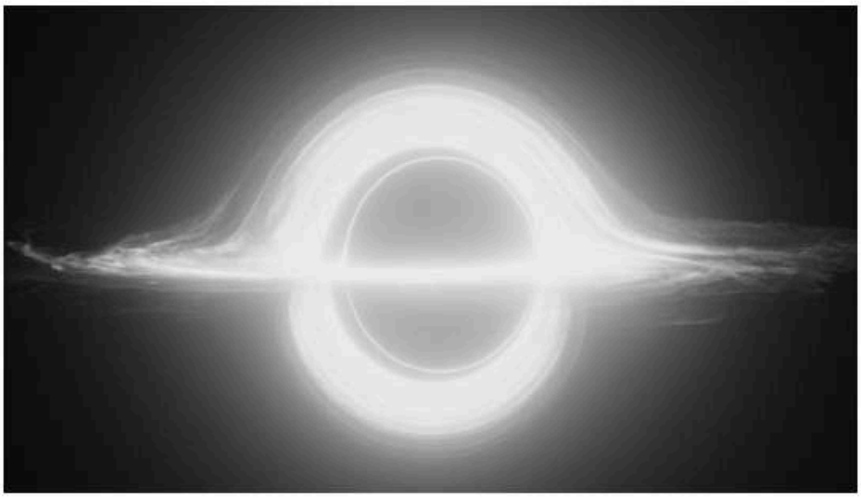
سنفهم عنها كلَّ شيء في المقال القادم، ولكن دع عقلك يستريح قليلًا قبل أن تقلب الصفحة؛

فالتركيز هو اسم اللعبة.

***

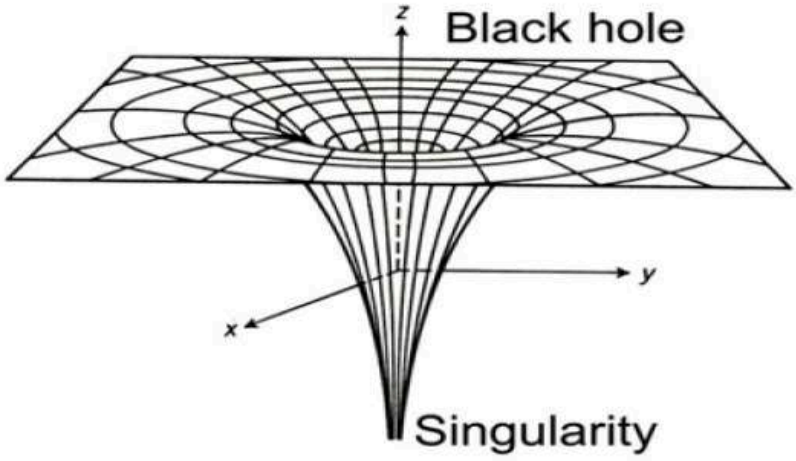


صورة تخيلية جرافيكية لشكل الثقب الأسود

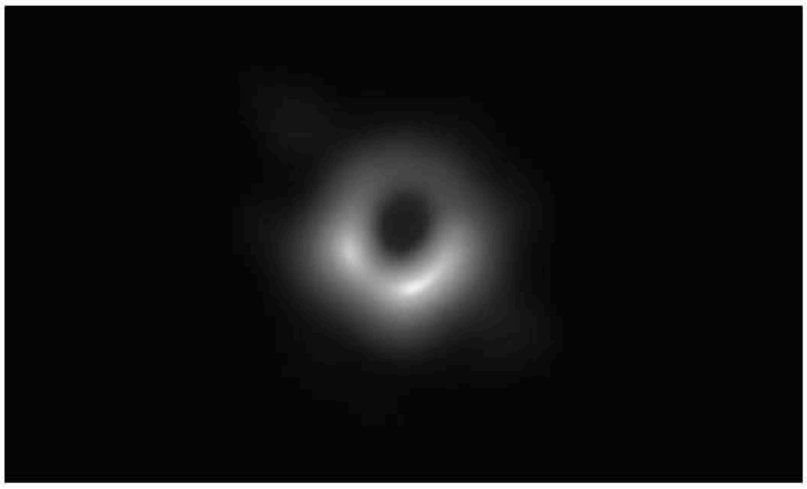


صورة تخيلية لشكل الثقب الأسود، من فيلم Interstellar

للمخرج كريستوفر نولان



رسم بياني توضيحي لشكل الثقب الأسود في نسيج الفضاء



صورة حقيقية لظل ثقب أسود عملاق بمركز مجرة M-87، تم التقاطها لأول مرة في التاريخ عام ٢٠١٩، بواسطة تعاون مرصد أفق الحدث العالمي، أو Event Horizon Telescope

-٣-

الأوتار الفائقة

Super Strings

تمهيد

مشكلة علوم الفيزياء دومًا في تاريخها كانت التوصُّل إلى نظرية توحيد Unification تربط بين كلِّ القوانين الفيزيائية التي يستعملونها في الفيزياء الكلاسيكية والحديثة.

شطرا الفيزياء المتكونان من النسبية وميكانيكا الكمِّ كانا دومًا شديدي الدقة في تفسير مجالاتهما، ولكن ما أن يتم دمجهما حتى يبدأ الجنون.

توالت محاولات الفيزيائيين لقرونٍ عدة بلا توفيقٍ، حتى خرجت تلك النظرية للنور لأول مرة في الستينيات.

نظرية الأوتار الفائقة.

***

-١-

البداية

1968.

تعالوا لنبدأ من البداية.

كان يا ما كان، كان هناك فيزيائيٌّ إيطاليٌّ شابٌّ اسمه (جابرييل فينيتزيانو Gabriele Veneziano)، كان ذلك الفيزيائي الشاب يبحث في كتبِه عن معادلاتٍ رياضية تصف قوى النواة الكبيرة في الذرة، المهم أنَّه كان يمتلك عدة كتب رياضيات قديمة كان يبحث فيها، حتى قاده بحثه إلى معادلة رياضية قديمة كتبها عالمٌ آخر يُدعى (ليونهارد إيولر Leonhard Euler).

تلك المعادلة كانت تصف بشكلٍ مذهلٍ قوى النواة الكبيرة في الذرة -مع العلم أنَّ تلك المعادلات كانوا يعتبرونها لسنين مجرد فضولٍ رياضيٍّ– وتفسِّر كلَّ شيء عنها. وبمساعدة تلك المعادلة استطاع فينتزيانو أن يحقِّق اكتشافه الكبير عن قوى النواة الكبيرة في الذرة، وكان ذلك الوقت هو مولد نظرية الأوتار رسميًّا في المحافل العلمية.

وبعدها بسبب شهرة ذلك الاكتشاف، وقعت تلك المعادلات الرياضية في يد عالِم آخر يُدعى (ليونارد ساسكيند Leonard Susskind). اكتشف ذلك الفيزيائي أنَّ تلك المعادلات تصفُ أكثرَ من مجرد جسيماتٍ؛ المعادلة كانت تقدم متحولات تصف اهتزازات ناتجة عن خيوط. تعمَّق أكثر في الدراسة، ووجد أنَّها عمليًّا تصفُ خيوطًا مهتزة تشبه الخيوط المطاطية حرة الطرفين، تلك الخيوط بالإضافة لصفات التمدُّد والانكماش، تتميز أيضًا بأنَّها تهتز بشكلٍ دائريٍّ حسب المعادلة.

المضحك في الأمر أنَّه عندما قدَّم بحثه للنشر تمَّ رفضُه بسبب عدم أهميته، وكان يعتقد أنَّ اكتشافه سيموت.

في تلك الأوقات كان العلماء مشغولين بالاكتشافات الكثيرة التي كانوا يتوصلون إليها، وكانوا يكتشفون الجزيئات وأنواع الجسيمات الجديدة عن طريق تعريضها لطاقاتٍ كبيرة ينتج عنها سرعة تجعلها تتصادم مع بعضها، وبعد ذلك يدرسون نواتج تلك الانشطارات.

كانت الاكتشافات كثيرة، وأنواع الجزيئات الناتجة كبيرًا مما أدى لاستنتاجاتٍ كبيرة على مستوى الفيزياء، من أهمها مثلًا أنَّ قوى الطبيعة يمكن وصفها بالجسيمات، مثلًا القوة التي تنشأ بين جسمين هي في الواقع عبارة عن جسيمٍ منتقلٍ بينهما -يسمونه الجسيم الرسول Messenger- وكلما انتقل ذلك الجسيم بين الجسمين أكثر وأسرع؛ اقترب الجسمان من بعضهما أكثر أو بعبارة أخرى فيزيائية (تزيد القوة بينهما)، بمعنى أن تبادل الجسيمات هو الذي يخلق ما نشعر نحن به على أنَّه طاقة.

وفعلًا تمَّ تأكيد تلك الاكتشافات عندما بدأ العلماء اكتشاف الجسيمات المسئولة عن القوة الكهرومغناطيسية والقوة النووية القوية (التي هي كما قلنا مسئولة عن تماسك أجزاء الذرة) والقوة النووية الضعيفة (المسئولة عن الإشعاعات الذرية). وشعروا أنَّهم اقتربوا من تحقيق حلم توحيد القوى الذي بدأه أينشتاين، لأنَّ الجسيمات المسئولة عن القوى الثلاث تبدأ خصائصها في التشابه عندما نبدأ في تطبيق حالة الانفجار الكبير عليهم، بمعنى أنَّهم ينصهرون في حرارة وكثافة الكون عند نقطة الصفر، ويشكّلون نوعًا واحدًا من القوة. ذلك كان اكتشاف العالِم (ستيفن وينبرج Steven Weinberg) لو كنتم تذكرونه، وسُميَ باسم الشكل القياسي للقوة Standard Module of Force، وتمَّ اكتشاف الهيدرون الموحد لتلك القوى الثلاث وتأكيده منذ قريب، وأُطلِق عليه اسم (جسيم هيجز Higgs Particle) أو (بوزون هيجز

-٢-

سيمفونية الكون

دعوني أسألكم سؤالًا، على كم بُعدٍ يحتوي الكون الذي نعيش فيه؟

4؟

خطأ، بل يحتوي على أحد عشر بُعدًا!

تخيَّلوا معي أنَّنا نعيش في كونٍ يعيش فيه الخيال العلمي جنبًا إلى جنبٍ مع الحقيقة، كونٍ يتكوَّن في الواقع من 11 بُعدًا، كون يتكوَّن كله من موسيقى الأوتار الفائقة، دعكم من كلِّ الكلام المعقَّد الذي تشرحه النظرية لأنَّ فكرتها الأساسية بسيطة بشكلٍ مذهلٍ؛ فمفهومها يقول إنَّ الكونَ كلَّه من أصغر جزيء لأكبر مجرة يتكوَّن من شيءٍ واحدٍ فقط، هو عبارة عن خيوطٍ مهتزَّة متحركة ملتفَّة صغيرة ودقيقة من الطاقة نسميها أوتار الطاقة Energy Strings.

ومثل وتر الجيتار الذي يعطي تشكيلة كبيرة من الأصوات الموسيقية بحسب درجة وشدة اهتزازه، فإنَّ أوتار الطاقة التي نتكلم عنها تهتزُّ بطرقٍ وأشكالٍ وقوى مختلفة هي التي تعطي مكونات الطبيعة التي نعرفها جميعًا أشكالها.

بعبارة أخرى، الكون كلُّه عبارة عن سيمفونية موسيقية عظيمة تتمثَّل بكلِّ النغمات التي تقدر أوتار الطاقة أن تصنعها من خلال أحد عشر بعدًا يشكلون كلَّ أشكال الطاقة والمادة التي نعرفها!

صورة غريبة للكون أليس كذلك؟ وجميلة.

تلك النظرية استطاعت وصفَ كلِّ مكونات الكون بشكلٍ مذهلٍ، بمعنى أنَّ البروتونات والإلكترونات والنيوترونات التي تتكوَّن منها الذرة تتكوَّن بدورِها من موادٍ أصغر.

تلك المواد الأصغر كانوا يعتقدون أنَّها مادية، ولكنها في الواقع خيوطٌ صغيرة جدًّا مهتزَّة من الطاقة تُدعى الأوتار، وكل وترٍ من تلك الأوتار حجمه صغيرٌ إلى حدٍّ فلكي؛ يمكن أن نشبهه بحجم تفاحة من حجم المجرة! وكل اهتزاز معين لتلك الأوتار يعطي للمادة خصائصها الفيزيائية التي نعرفها جميعًا. مثلًا يمكن للاهتزاز في بُعدٍ معين وبطريقة وشدة معينة أن يعطي جزيئات ذرات المادة أو الجاذبية أو جسيمات ألفا Alpha أو بيتا Beta أو .. أو ...

الخلاصة أنَّ كلَّ شيء في الكون -سواء كان مادة أو طاقة أو شحنة أو جسيم- هو في الواقع يتكوَّن من أوتارٍ تهتزُّ بطرقٍ مختلفة.

مثلًا الفرق بين جزيئات الخشب وجزيئات الحديد وجزيئات الجاذبية هو طريقة اهتزاز الأوتار الفائقة فقط!

تلك النظرية كانت الحلم، لأنَّها كانت حلقة الوصل بين النسبية وميكانيكا الكمِّ، فقد فسَّرت وألغت الفروقات بينهما بناءً على طبيعة واهتزاز الأوتار وخواصها، بمعنى أنَّ الكون الذري الفوضوي أصبح منتظمًا وأقلَّ فوضوية مثل الكون الكبير على مستوى الكواكب والمجرات، وذلك كان أكبر انتصارٍ على مستوى الفيزياء والرياضيات تحقَّق في السنوات الماضية.

تعالوا نفهم النظرية من البداية.

***

لتفسير نظرية الأوتار الفائقة والخواص التي تصنعها الأوتار وينتج عنها المادة والجزيئات والطاقة، احتاج علماء نظرية الأوتار إلى أن يطبِّقوا شيئًا أشبه بالخيال العلمي ولكنَّه ممكنٌ

ومحتملٌ رياضيًّا.

نحن بحاجة لأبعادٍ إضافية زمكانية في الكون، ولن تكفينا الأبعاد الأربعة المعروفة (الطول والعرض والارتفاع والزمن).

الأبعاد الثلاثة المكانية هي الأبعاد التي نقدر على رؤيتها، وهي الأبعاد التي تحتاج إليها عقولنا لفهم واستيعاب الكون المرئي، لكن لا يوجد مانعٌ علميٌّ أو نظري أو رياضي يمنع وجود أبعاد أخرى لا نقدر نحن على إدراكها بحواسِنا المجردة المعروفة. والمذهل في الموضوع أنَّ تلك الأبعاد أقرب إلينا مما نتخيَّل، لكنَّنا لا ندركها ولا نستوعبها بسبب حجمها متناهي الصغر، دعوني أخبركم كيف.

لو نظرنا إلى عمودٍ خشبيٍّ من بعيدٍ، لن نرى شيئًا سوى خطٍّ مستقيمٍ له بُعدان فقط هما الطول والعرض مثل هذا الخط (_____)، ولكن لو اقتربنا أكثر من ذلك العمود سيمكننا حينها رؤية الأبعاد الأخرى -الارتفاع والسماكة- بمعنى أنَّ العمود يصبح حينها ثلاثيَّ الأبعاد كالصور الهولوجرامية Holograms.

جميل، تعالوا إذن نقترب جدًّا من الأجسام لدرجة أن ندخل بين جزيئاتها، ونقترب من الذرات والإلكترونات والأوتار؛ سنجد عندها أنَّ تلك الأوتار تحتاج إلى فضاءٍ يملك أكثر من مجرد ثلاثة أبعاد حتى تهتز بالطرق التي تعطي للمادة خواصها، في الواقع ستحتاج إلى تسعة أبعاد مكانية بالإضافة إلى البعد العاشر الذي هو الزمن حسب ما افترضه أينشتاين.

تلك الأبعاد الصغيرة جدًّا يمكن تصوُّرها بأنَّها أسطح منحنية على بعضها ومتداخلة، هناك صورة في آخر الكتاب توضِّح شكلها نظريًّا.

تلك الأوتار أيضًا لها أهمية أخرى معينة.

***

قبل أينشتاين، كان العلماء يعتقدون أنَّ الكون ثابتَ الشكل، وعندما جاء أينشتاين بالنسبية ووضَّح مفهوم النسيج الكوني Spacetime، وصوَّر الكون على أنَّه نسيجٌ يمكن حنيه وثنيه والتفافه، ظهر مصطلح الثقوب الدودية Wormholes إلى النور لأول مرة.

لمن شاهد فيلم Interstellar منكم، ستجدون هنا نفس الشرح الذي كان فيه، لأنَّه كان دقيقًا بشكلٍ مذهلٍ.

تخيَّلوا معي أنَّ الكونَ يشبه الورقة؛ لو أردنا أن نسافر من نقطة في أول الورقة لآخر الورقة، فالطريق الواضح سيكون هو الخط المستقيم. الطريق الذي نتكلم عنه هنا هو الطريق المختصر، وهو يتكوَّن لو ثنينا الورقة على بعضها، ثم أحضرنا إبرة أو دبوسًا أو قلمًا أو ما يشبه ذلك، وثقبنا به الورقة مكان النقطتين بحيث يصل المسافر من النقطة الأولى للثانية بمجرد عبور ذلك الثقب.

ذلك هو مفهوم الثقب الدودي، بما أنَّ الكون نسيجٌ مثل الورقة بالضبط، فإنَّه يمكن أن ينثني على نفسه صانعًا طرقًا مختصرة تنقلنا لأبعادٍ قصوى من الكون بشكلٍ فوري، وبشكلٍ نظريٍّ فقط.

جميل جدًّا. على المستوى الذري في الناحية الأخرى، ذلك النسيج الكوني معرَّض للتمزُّق والتغيُّر بشكلٍ كبيرٍ جدًّا بسبب الانحناءات التي تسبِّبها فوضى الجزيئات، مثل الأنفاق الدودية والثقوب السوداء مثلًا. بوجود تلك الفوضى يكون النسيج الكوني معرَّضًا للتمزُّق بشكلٍ دائمٍ، وذلك يمكنه أن يسبِّب كوارث زمنية ومكانية أكبر من قدرتِنا على الاستيعاب.

هنا يأتي دور الأوتار الفائقة في ترميم ذلك النسيج الفوضوي الممزَّق؛ فهي تهتزُّ من خلال النسيج الكوني الممزَّق بشكلٍ ممتدٍّ يمكن أن يصل لطول الكون ذاته حتى يمكنها إصلاحه وترميمه، وذلك -حسب فرضيات النظرية- هو ما يجعل الكون مستقرًّا نسبيًّا على المستوى الدقيق، ولا يجعل ذلك التمزُّق يمتدُّ بطول النسيج الكوني ويسبِّب كارثة كونية.

لكن -ورغم الأهمية التي وصلت لها النظرية- كانت هناك مشكلة كبيرة جدًّا فيها هي أنَّها -النظرية- لم تكن تتكوَّن من نظرية واحدة فقط أو قانون واحد أو معادلة واحدة، بل كانت تتكوَّن من خمس نظريات مختلفة، كل واحدة تفترض أنَّ هناك عشرة أبعادٍ، وكل واحدة تفسر شيئًا معينًا.

كيف تمَّ حل ذلك الموضوع؟

هذا هو ما سنعرفه حالًا.

***

-٣-

ثورة الأوتار الفائقة

في أواخر الثمانينيات من القرن المنصرم، كان علماء نظرية الأوتار منشغلين بها ولديهم الكثير من المشاكل لأنَّهم في الواقع كانت لديهم خمس نسخ من النظرية، كل نسخة يمكن حلُّها بشكلٍ رياضي مختلف لتعطي نتائج مختلفة ومتشابهة في أشياء وأشياء أخرى.

تلك هي أنواعها (Type I , Type II A , Type II B , SO 32 , E8 x E8).

طبعًا كما تعرفون كانت تلك مشكلة كبيرة، لأنَّنا في الأساس كانت مشكلتنا وجود نظريتين تفسران الكون ولا يمكن أن ندمجهما معًا في نظرية واحدة، وهما النسبية وميكانيكا الكمِّ، فكيف بعد كل ذلك نبتكر نظرية ونظن أننا وصلنا للحل، لنجد أنَّها تتكوَّن من خمس نظريات في الواقع وليس نظرية واحدة؟

كان ذلك يعني أنَّ المشكلة تضاعفت.

لكن تلك المشكلة لم تستمر كثيرًا لأنَّ الفيزيائي العبقري (إدوارد ويتن Edward Witten) جاء في منتصف التسعينيات ووضع نظرية (إم M).

ذلك العبقري قال إنَّ تلك النظريات الخمس ليست مختلفة تمامًا، بل في الواقع هي عبارة عن أبعادٍ مختلفة لنظرية واحدة أطلق عليها اسم (M - Theory).

اقتراحه كان قائمًا على ملاحظته أنَّ النظريات الخمس التي تشكِّل التكوين الأساسي لنظرية الأوتار يمكن تعيينها واستنتاجها وربط بعضهم ببعض عن طريق قواعد رياضية معينة سمَّاها بالثنائياتDualities .

ذلك الاكتشاف العبقري هو الأساس الرئيس لشعلة العمل والنظريات الحديثة في وقتنا هذا، والتي يسمونها ثورة الأوتار الفائقةSuper String Revolution .

المهم في الموضوع أنَّه حتى يستطيع ويتن أن يثبت نظريته اضطرَّ إلى أن يضيف بُعدًا جديدًا للنظرية، فأصبح هناك في الواقع أحد عشر بُعدًا!

البُعد الجديد الذي أضافه كانت له نتائج كبيرة على النظرية لأنه -البعد- يسمح للوتر بالتمدُّد والاهتزاز بمساحة كبيرة جدًّا من الممكن أن تصل لحجم الكون نفسه على شكل غشاء اصطلحوا على تسميته (Membrane).

تلك الفكرة تقود لاستنتاج أنَّنا في الواقع نعيش على غشاءٍ كوني أوMembrane عملاق سببه اهتزاز الأوتار، كأنَّها سجادة مثلًا ونحن نجلس عليها، بمعنى أنَّنا نعيش في كونٍ موجودٍ على شريحة أو غشاء في كونٍ أكبر ذي أبعادٍ أكثر من الأبعاد التي ندركها نحن، كأنَّنا نعيش في كونٍ عملاقٍ مؤلفٍ من عدة شرائح أو أغشية واحد منها هو كوننا نحن.

أعرف أنَّها فكرة غريبة وصعبة، ولكن من الممكن أن يكون معناها أنَّ تلك الأبعاد والعوالم الأخرى الافتراضية يمكن أن تكون بجوارنا تمامًا وحولنا في كلِّ مكانٍ، ولكنَّنا لا نشعر بها ولا نقدر على استيعابها لأنَّ تردُّدات وجزيئات أجسادنا لا يمكنها اختراق الغشاء أو الـ Membrane الذي نعيش فيه ببساطة!

وفوق كل هذا، قدَّمت النظرية أيضًا افتراضًا آخر شديد الجرأة.

***

(أعتقد حقًّا أنَّ الانفجار العظيم أتى من العدم؟ كلا؛ أنا لستُ فيلسوفًا، أعتقد أنَّ هذه مشكلة بالنسبة للفلاسفة، لكن حتى العلماء يكرهون كلمة عدم لأنَّها لا توصلهم إلى شيء فعليًّا).

بيرت أوفرت Burt Ovrut، واحد من علماء نظرية الأوتار الفائقة.

***

حتى يمكننا فهم الافتراض، لا بُدَّ أن نعرف أولًا كيف تبدو تلك الأوتار.

سنه 1987 اكتشف العلماء إريك بيرجشويف وإرجين سيزجين وبول تاونسيند شيئًا مهمًّا جدًّا،

اكتشفوا -ركزوا- أنَّ الفضاء ذا الأحد عشر بُعدًا يحتوي على أغشية ثنائية الأبعاد، بمعنى أنَّ الفضاء الافتراضي ذا الأحد عشر بُعدًا الذي افترضته النظرية يحتوي على أغشية Membranes ثنائية الأبعاد، وبشكلٍ تخيلي، تلك الأغشية شكلها يشبه الورق أو الشرائح، وتبدو عائمة في الفضاء ذي الـ 11 بُعدًا.

بعد ذلك الاكتشاف بوقتٍ قصيرٍ جدًّا، جاء العلماء مايكل داف وبول هاوي وتاكيو إنامي وكيلوج ستيل، ووضعوا فرضية لكيفية تكوّن أوتار الطاقة.

بافتراض صِغر حجم المساحة ذات الـ 11 بُعدًا إلى حدٍّ فلكي، فإنَّ واحدًا من تلك الأبعاد سيكون متكورًا على نفسه في شكل دائرة، وفي ذلك الإطار يلتفُّ الغشاء أو الـ Membrane حول ذلك البُعد الدائري، وبما أنَّنا نفترض صِغر المساحة الهائل، فإنَّ ذلك الغشاء سيغدو شكله بالضبط كشكل الوتر في الفضاء ذي الـ 10 أبعاد.

في الواقع؛ تصوُّر داف والعلماء الآخرين الذين كانوا معه وضَّحَ بالضبط شكل وتكون الأوتار في النظرية الثانية من النظريات الخمس الأساسية لنظرية الأوتار، وهي نظرية (Type II A).

جميل.

الافتراض الذي تقدِّمه النظرية يقول إنَّه بما أنَّنا نعيش على كونٍ محمولٍ على غشاءٍ كبيرٍ شكَّلته الأوتار المتمددة في البُعد الحادي عشر، إذن لا شيء يمنع أن يكون هناك غشاءٌ آخر يحمل كونًا آخر قريبًا من الغشاء الذي يحمل كوننا نحن، ويمكن في بعض الأحيان أن يحدث تماسٌّ بين تلك الأغشية يولد طاقة مهولة تولد انفجارًا كبيرًا لكونٍ جديدٍ على غشاءٍ جديدٍ!

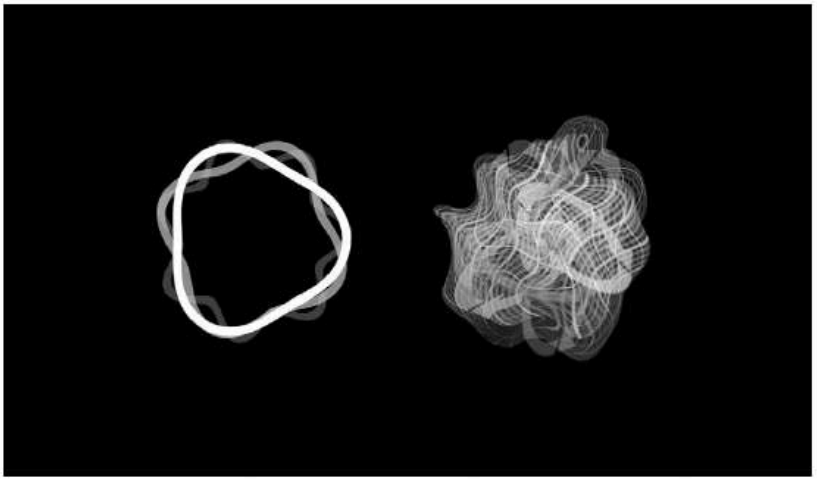
بمعنى أنَّه يمكن لهذين الغشاءين أن يقتربا من بعضهما في أي وقت ويتلامسا، والطاقة الناتجة عن ذلك التماس عندها ستوَّلد انفجارًا كبيرًا لكونٍ جديدٍ.

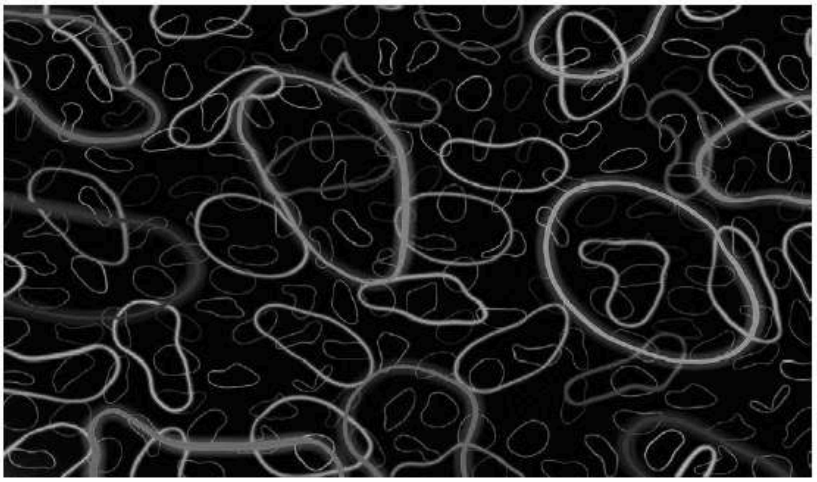
لا يوجد مانعٌ حتى أن يكون كوننا نحن قد جاء بنفس الطريقة أيضًا؛ تلامسٌ بين غشاءين نتج عنه طاقة مهولة لا يمكن تخيُّلها خلقت كوننا الذي نعيش فيه من مليارات السنين.

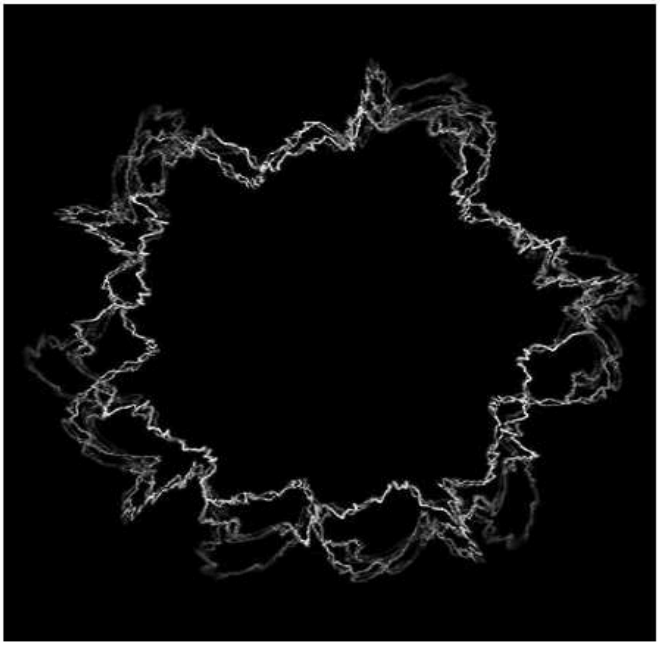
نظرية جريئة وتجعل المرء يشرد بخيالِه بعيدًا، لكن ما زال هناك ما هو أكثر.

من المُعترَف به أنَّ نظرية الأوتار حصلت على جزءٍ كبيرٍ من الاهتمام بسبب موضوعٍ محدَّدٍ؛ فرضياتها عن الجاذبية.

***







أشكال توضيحية بالجرافيك لشكل الأوتار الفائقة التي تكون باهتزازاتها كل شيء في الكون.

-4-

جرافيتون

منذ قرابة ثلاثمائة سنة، ومنذ أيام نيوتن، والجاذبية هي أقدم قوة تعرَّف عليها البشر.

ورغم اعتقاد معظمنا أنَّ الجاذبية قوة قوية جدًّا -لأنَّها هي التي تربط الكواكب بالشمس مثلًا- فهي في الواقع كما قلنا من قبل في المقالات السابقة واحدة من أضعف القوى الفيزيائية.

مثلًا القوة الكهرومغناطيسية أكبر بمليارات المرات من الجاذبية، مثال على ذلك قدَّمناه من قبل هو أنَّه بإمكاننا أن نرفع قطعة حديدٍ صغيرة عن الأرض لو استخدمنا مغناطيسًا متغلبين بذلك على قوة جاذبية الكرة الأرضية كلها لنفس قطعة الحديد!

الحسابات الرياضية في الواقع توضِّح أنَّ القوة الكهرومغناطيسية أقوى بألف مليار مليار مليار مرة من قوة الجاذبية! بمعنى أنَّها أقوى بواحد وبجواره تسعة وثلاثون صفرًا! وذلك فرقٌ هائلٌ جدًّا لا يمكن استيعابه.

ذلك الضعف الشديد في قوة الجاذبية كان محيِّرًا جدًّا بالنسبة للعلماء والفيزيائيين لسنين كثيرة، حتى جاءت نظرية الأوتار وغيَّرت نظرة المجتمع العلمي كله للجاذبية من خلال افتراضٍ معين.

افترضت أنَّ الجاذبية قوية جدًّا كالقوة الكهرومغناطيسية وباقي القوى الفيزيائية، ولكنَّها تبدو ضعيفة لنا بسبب خصائص الأوتار، نحن نعرف أنَّ الأوتار هي المكون الأساسي للمادة والطاقة، بمعنى أنَّ الأوتار هي المكوِّن الرئيس للجسيمات التي تنقل الطاقة مثل الفوتون مثلًا الذي هو الجسيم الذي تتكوَّن منه الطاقة الضوئية. كل هذا جميل، ولكن ماذا لو أنَّ

الجسيم المسئول عن نقل قوى الجاذبية والذي يسمونه (الجرافيتونGraviton) كان جسيمًا غير مستقرٍّ في كوننا؟ بمعنى ماذا لو أنَّه يتسرَّب لأبعادٍ أخرى بجانب الأبعاد المعروفة لنا نحن، فيبدو تأثيره ضعيفًا في عالمنا؟

تلك هي الفكرة فائقة الأهمية التى قدَّمتها نظرية الأوتار في فَهْم طبيعة الجاذبية.
جسيمات الطاقة التي نعرفها والجزيئات التي تشكِّل المادة التي يتكوَّن منها كلُّ شيء في الكون تحافظ على بقائها في البُعد الذي نعيش نحن فيه، والغشاء المتكوِّن من اهتزاز الأوتار في البعد الـ 11 يحجب بعدنا وكوننا عن أكوان أخرى في أبعادٍ أخرى. لكنَّ جسيمَ الجرافيتون -حسب نظرية الأوتار- هو الجسيم الوحيد الذي يتكوَّن من أوتارٍ مغلقة الطرفين مثل الحلقة وليس أوتارًا حرة كالأوتار التي تكوِّن الجسيمات الأخرى، وتلك الخاصية بالذات هي التي تجعل الجرافيتون حرًّا وغير مرتبطٍ بالبعد الذي نعيش فيه، وذلك يؤدي في النهاية لتسرُّبِه من الغشاء الذي نحن نعيش عليه لأبعادٍ أخرى وأكوانٍ

-٤-

عن هوكينج

Of Hawking

تمهيد

(ستيفن هوكينج Stephen Hawking) هو واحدٌ من الأناس النادرين في تاريخ العالم كلِّه الذين فعلًا استطاعوا أن يتحدُّوا كلَّ الظروف وصنعوا شيئًا بحياتهم، شيئًا خلَّد اسمه في التاريخ البشري، ناهيك عن العلمي والفيزيائي. الحقيقة أنَّ هوكينج هو شخصٌ فريدٌ من نوعِه فعلًا كإنسانٍ عاديٍّ وكعالِمٍ. يكفينا قولًا إنَّه يُعتبَر أكبر عقلية علمية في التاريخ بعد أينشتاين ونيوتن. سنتكلَّم عنه حالًا فلن أطيل عليكم ها هنا، لكن ما أردتُ قوله هو أنَّ هذا المقال لن يحتوي على الكثير من التفاصيل العلمية، إن لم تنعدم تمامًا؛ فالمقال مخصَّص بالكامل للكلام عن حياة ستيفن هوكينج، كنوعٍ من التغيير وحتى لا يصيبكم الملل من كثرة التفاصيل العلمية

-١-

عن هوكينج

8 يناير 1942

كان يوم مولد العبقري الجديد في ذلك اليوم، الذي كان -بالمصادفة البحتة- الذكرى الـ 300 لوفاة العالِم الفلكي العظيم جاليليو Galileo.

والده كان يُدعى فرانك، ووالدته كان اسمها إيزابيل، وكانت اسكتلندية، كانا يدرسان في جامعة أوسكفورد Oxford بالرغم من مشاكِلِهم المادية، فكان والده يدرس الطب، ووالدته الفلسفة والسياسة والاقتصاد.

وكان اللقاء الذي جمع الاثنين في بدايات الحرب العالمية الثانية، في مركز أبحاثٍ طبية كان والده يعمل به باحثًا، وكانت إيزابيل سكرتيرة بالمركز، وبعدها بفترة وجيزة، تزوجا وانتقلا إلى بيتِهما في هاي جيت بمدينة لندن.

ونظرًا لأنَّ لندن وقتها كانت ساحة حرب، وكانت تُقصف بقنابل النازيين كلَّ يومٍ تقريبًا، اُضطرت إيزابيل للسفر إلى أوكسفورد، حتى تستطيعَ أن تلِدَ ستيفن في أمانٍ. نسيت أن أخبركم أنَّها كانت حاملًا به وقتها، وبعدها بفترة أعطت الحياة لأختين صغيرتين لستيفن، ماري وفيليبا، وكان لديه أيضًا أخٌ بالتبني يُدعى إدوارد.

بعد نهاية الحرب العالمية التانية سنة 1950، انتقلوا جميعًا لسانت ألبانز في هارتفورد شاير وعاشوا هناك، وكان الناس يعتبرونهم غرباء الأطوار بسبب ذكائهم الشديد؛ مثلًا، حينما كانوا يجلسون إلى مائدة الغداء لتناول الطعام، كانوا يقرؤون الكتب وهم صامتون،

وصوت صرصور الحقل يدوي في خلفية المشهد. أنت تعرف هؤلاء الأذكياء غرباء الأطوار الذين لا يختلطون بالناس حتى يظنَّ الجميعُ بهم الظنون.

ولكن دعنا من كلِّ هذا، ودعنا ننتقل إلى الجزء المُحزِن من القصة.

والد ستيفن كان يريد أن يجعله يدرس الطب مثله، ولكن ستيفن لم يكن مقتنعًا، ولم يكن يحب الطب أو البيولوجيا (علم الأحياء)، وكان يرى أنها علومٌ غير دقيقة، كان يفضِّل أن يدرس الفيزياء التي حصل فيها على الدرجات الكاملة تقريبًا في اختبار القدرات الخاص بجامعة أوكسفورد، وكان ذاك شيئًا مذهلًا فعلًا، لدرجة أنَّه أقنع والده بقراره.

وفي سنتِه الدراسية الأخيرة بأوكسفورد، بدأ ستيفن ملاحظة نوعٍ من الخرق في تصرفاته؛ فقد كان يجد نفسه يتعثَّر كثيرًا ويسقط أرضًا من دون سببٍ واضحٍ، أثناء صعوده الدرج مثلًا كان تعثُّره وسقوطه شيئًا معتادًا، بالإضافة إلى أنَّه لم يكن يستطيع أن يعطي أداءً جيدًا في مسابقات التجديف كما اعتاد، بسبب الضعف الذي بدأ يظهر على أعصاب يديه وقدميه، وبعدها بفترة، زادت المشاكل لدرجة أنَّ الكلامَ نفسَه أصبح صعبًا عليه، وأضحى لسانُه وطريقة نطقِه غير متزنة. وحينما لاحظ أهله وذووه تلك التغيُّرات، وأجروا له التحاليل والفحوص الطبية اللازمة، جاءتهم الصدمة الكبرى.

ستيفن في الواقع كان لديه مرضٌ نادرٌ مبكر الظهور وبطيء التقدُّم اسمه (التصلُّب الجانبي الضموري Amyotrophic Lateral Sclerosis) أو ALS ، وهو نفسه المرض الذي يسمُّونهMotor Neuron Disease أو مرض (لو جيريج Lou Gehrig).

وبسبب ذلك المرض، تدمَّرت معظم أعصاب جسده، وبدأ يُصاب بالشلل بشكلٍ تدريجيٍّ، وأخذت حالته تتدهور. وقبل أن يتمَّ تشخيصه بفترة قصيرة، كان قد قابل زميلته في الكلية (جاين وايلد Jane Wilde)، وبدأت بينهما قصَّة حبٍّ جارفة استمرت حتى بعد تشخيصه بمرض لو جيريج، وتمَّت خِطبتهما في أكتوبر من عام 1964. وقال هوكينج فيما بعد عن تلك الخِطبة أنَّها أعطته هدفًا يحيا لأجله.

مضت الأيام، وتزوجا بعدها بسنة، عام 1965، وعاشا في كامبريدج، وأنجبا ثلاثة أطفالٍ، كان أولهم روبرت عام 1967، ثم لوسي عام 1970، وبعدها تيموثي في إبريل من عام 1979.

كانت الحياة وقتها تغدو بالتدريج تجربة شديدة الصعوبة على هوكينج، وكان من النادر أن يتحدَّث هو مع أي شخصٍ عن مشكلاته الجسدية أو حتى النفسية، ولا مع زوجته. ومع تدهور حالته، كانت مسئولية المنزل بكلِّ ما يحويه تقع بالكامل على عاتق جاين، وأعطاه ذلك مزيدًا من الوقت ليفكر في الفيزياء التي كانت عشقه الأول.

ثم في عام 1974، عُرِض عليه منصبًا في معهد كاليفورنيا للعلوم والتكنولوجيا، أو كالتك Caltech كما يعرفه العالَم، في باسادينا بكاليفورنيا، في الولايات المتحدة الأمريكية. وكان يريد السفر بشدة، ولهذا اقترحت جاين أن يعيش معهم أحد تلاميذه، ويساعدهم، وبالفعل وافق هوكينج، وانتقل (بيرنارد كار) للعيش معهم وقتها، وكان أحد أوائل الناس الذين تولوا هذه المهمة. عاشوا سنة سعيدة في باسادينا، ثم عادوا بعدها إلى كامبريدج من جديدٍ. وبعد عودتهم انتقل الطالب (دون بايج) إلى العيش معهم، وكان التلميذ الثاني الذي عاش مع عائلة هوكينج حتى يساعدهم. وبذلك قلَّت المسئوليات التي كانت جاين تحملها على عاتقها، وأعطاها ذلك وقتَ فراغٍ استغلَّته في الاهتمام بدراستِها وهوايتها الجديدة التي كانت الغناء.

وفي ديسمبر من عام 1977، قابلت جاين عازف الأورج (جوناثان هيلر جونز) في الكنيسة، فقد كانت متدينة جدًّا ومداومة على الذهاب للكنيسة، وذلك كان سبب المشاكل التي وقعت بينها وبين هوكينج فيما بعد، ولكن هذا ليس موضوعنا الآن، ما يهمُّنا هو أنَّها التقت بجوناثان، وصار الأخير قريبًا من عائلة هوكينج، وأصبح يقوم بدور المساعد لهم، ثم بعدها بفترة قصيرة، تحديدًا عام 1980، بدأت قصة حبٍّ جارفة بين جاين وجوناثان!

وحينما علم هوكينج بالأمر، كان متفهمًا جدًّا، وقال إنَّه ليس معترضًا على علاقتِهما، طالما ظلَّت جاين تحبه هو الآخر!

كان موقفًا غريبًا فعلًا لا أفهمه حتى الآن، ولكن رأيي ليس مهمًّا لك على أي حال. ما حدث بعدها هو أنَّ جاين وجوناثان ظلّا على علاقة ببعضهما بعدها، وظلَّت علاقتهما أفلاطونية كما قالت جاين في مذكراتها، بمعنى أنَّهما لم يمارسا الجنس أو يتعاملا بشكلٍ جسديٍّ غير مقبولٍ على الإطلاق، وكان هذا بسبب إيمانهما القوي بضرورة الحفاظ على عائلة جاين وهوكينج.

كما ترى، كانت حياته جحيمًا يتحوَّل بالتدريج إلى كابوسٍ، وحتى كل ذلك الذي حكيته لكَ لم يكن أسوأ ما في الموضوع.

دعني أخبرك لماذا.

***

- ٢ -

عن هوكينج أيضًا

في منتصف سنة 1985، كان هوكينج في زيارة للمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية الواقعة على الحدود بين فرنسا وسويسرا، وهناك أصابه حادثٌ دمَّر الجزء المتبقي من حياته، التهاب رئوي عنيفٌ جدًّا بشكلٍ هدَّد جسده كلَّه بالموت، وكان سببًا في انتقاله للعناية المركزة، وظلَّت حالته تتدهور حتى وصلت لمرحلة عرض فيها الأطباء على جاين خيارًا صعبًا، هو أن تقوم بإيقاف أجهزة الإعاشة أو الـ Life Support، وتتركه ليموت في سلامٍ، كنوعٍ من القتل الرحيم.

ولكن جاين رفضت الأمر تمامًا، وكنتيجة لرفضها ذاك، وعدم قدرة ستيفن على التنفُّس بنفسه، اضطروا لعمل حيلة طبية تُسمَّى بالـ Tracheotomy، وهي عبارة عن شقٍّ يتمُّ فتحه في القصبة الهوائية، يتمُّ من خلاله إدخال أنبوبٍ يسمح للهواء بالانتقال مباشرة إلى رئة المريض، بسبب عدم قدرته على التنفُّس الطبيعي من خلال المسالك الهوائية بحلقِه. وأدى ذلك إلى فقدانِه لصوتِه بشكلٍ نهائي، بسبب اضطرارهم لقطع الأحبال الصوتية تمامًا، حتى يتمكَّنوا من إنقاذ حياته. دعكَ من أنَّه كان بحاجة لعناية شاملة من ممرضٍ لمدة 24 ساعة في الأسبوع بشكلٍ متواصلٍ، عرض الأطباء وخدمة الصحة القومية وقتها على جاين أن يتكفَّلوا هم بمصاريف العلاج ومصاريف منزل التمريض الذي يمكنها أن تقوم

-٥-

أفق الحدث

Event Horizon

تمهيد

جزءٌ كبيرُ من عمل ستيفن هوكينج يتركَّز على مفهوم الثقوب السوداء والنجوم وكيفية تكوّنها. ذلك هو ما يُطلِقون عليه مصطلح (التفردات الزمكانية Spacetime Singularities) في الفيزياء النظرية، فما الذي يعنيه كلُّ ذلك؟

هذا هو موضوعنا الآن.

***

-١-

عن النجوم نتحدث

• المشهد الأول: ظلامٌ أبديٌّ لا يبدِّده إلَّا نور النجوم الخافت الذي يلمع على ستارٍ أسود من الفضاء والعدم في خلفية المشهد، يظل الكادر على المنظر نفسه لفترة.

• المشهد الثاني: سحبٌ كبيرة جدًّا من الغازات والغبار والأتربة تتجمَّع مع بعضِها في مشهدٍ كونيٍّ مهيبٍ، مساحات شاسعة على مرمى البصر، ما الذي سيحدث بعدها؟ لا إجابة.

• المشهد الثالث: السحب تتجمَّع مع بعضها أكثر وحجمها يصغر، كتلتها تبدأ في التزايد، هل ترون؟ بدأت تتحوَّل إلى كتلٍ صغيرة. تلك الكتل بدورِها بدأت تتحوَّل لكتلٍ أكبر وبدأت تتماسك مع نفسِها بشكلٍ أكبر. الجو حارٌّ، هل أنا فقط من يشعر بذلك أم أنَّ حرارة تلك الكتل تتزايد؟ تتزايد بشكلٍ مرعبٍ.

• المشهد الرابع: تفاعلات نووية وانفجاراتٌ على مرمى البصر. الحرارة ما زالت تتزايد بشكلٍ أكبر، عشرة ملايين درجة مئوية، الكتل بدأت في التناسق مع بعضها، نجم أولي بروتوني Protostar يتكوَّن على مرمى البصر.

• المشهد الخامس: النجم غير متوازن أو متماسك، التفاعلات النووية في مركزه تجعله غيرَ مستقرٍّ. انفجاراتٌ نووية على مرمى البصر من دون صوتٍ طبعًا. لا تنسوا أنَّنا في الفضاء. التماسُك يبدأ في الاستقرار بعض الشيء، قد وصلنا لمرحلة التوازن أو الـ Equilibrium بمعنى التوازن بين ضغط الغازات في مركز النجم، التي تدفع الحرارة والضوء بعيدًا عن النجم، والجاذبية التي تجذب الذرات نحو مركز النجم.

• المشهد السادس: الحرارة ما زالت تتزايد، وصل النجم للمرحلة الحرجة Critical State أو الحرارة الحرجة Critical Heat، بمعنى أنَّ الاندماج النووي بدأ، وبدأ معه تحول الهيدروجين في مركز النجم إلى هيليوم ليطلق الحرارة والضوء. النور بدأ يسطع لدرجة مؤلمة، نحن الآن أمام نجمٍ حقيقيٍّ، لو لم يصل للحرارة الحرجة لِمَا حدث الاندماج النووي في مركزه، ولتحوَّل وقتها إلى قزمٍ بنيٍّ Brown Dwarf، ولكنَّه الآن نجمٌ حقيقيٌّ.

• المشهد السابع: النجم الآن في منتصف عمره، يستهلك الوقود الهيدروجيني Hydrogen Fuel ويطلِق حرارة وضوءًا ساطعين. يستمر المشهد لملايين السنين.

• المشهد الثامن: الوقود الهيدروجيني بدأ ينفد. النجم بدأ في تحويل الهيليوم الناتج لكربون، وبعد الكربون بدأ يحوِّله لعناصر أثقل. حالة من عدم التوازن بدأت تنشأ في مركز النجم.

• المشهد التاسع: حالة عدم التوازن تتزايد، إبقاء حاله الـEquilibrium بين ضغط الغازات والجاذبية أصبح صعبًا. النجم يبدأ في الانهيار على نفسه، وفي الوقت نفسه التفاعلات النووية خارج مركزه بدأت تجعله يزداد حجمًا لفترة، بدأ عملاق أحمر Red Giant في التكون.

• المشهد العاشر (سيناريو 1): ذلك السيناريو سيحدث عندما يكون حجم النجم نفس حجم شمسنا أو أصغر. الوقود الهيدروجيني الذي يعتمد عليه النجم نفد تمامًا، فأصبح مكونا النجم الأساسيان هما الكربون والأكسجين، لكنَّه ما زال في حالة توازن لم تختل بين ضغط الغازات والجاذبية. مع الوقت بدأ نوره يتحوَّل للون أبيض ومتوازن وحجمه أصبح يماثل حجم كوكب الأرض تقريبًا. أعتقد أنَّنا نتكلَّم عن قزمٍ أبيضWhite Dwarf .

• المشهد العاشر (سيناريو 2): يحدث ذلك السيناريو عندما يكون حجم النجم 1,4 من حجم شمسنا نحن أو أكبر بنسبة بسيطة (حجم الشمس يسمونه في علم الفيزياء الكونية

بالوحدة الشمسية Solar Mass، ويستعملونه في قياس حجم النجوم). سيحدث شيءٌ لا بُدَّ أن نبتعد عنه بالكاميرا حتى لا يؤذينا، انفجار السوبر نوفا Supernova.

انفجار السوبر نوفا هذا هو أكبر انفجار يمكن أن يحدث في الكون، ويمكن أن يبلغ مدى إشعاعاته والضوء الصادر عنه درجة يمكنها أن تتفوق على بريق مجرة كاملة. لماذا يحدث ذلك؟

لأنَّه عند نفاد الوقود النووي الهيدروجيني في مركز النجم يبدأ الأخير في تحويل النواتج لكربون، وعندها تبدأ كتلته ووزنه في التثاقل، وتتسرَّب أجزاءٌ من كتلته إلى مركزه. في النهاية يبلغ ثِقَل المركز درجة لا يقدر معها النجم على تحمُّل قوة جاذبيته الخاصة، ويبدأ في الانهيار، فيحدث بذلك انفجار السوبر نوفا الذي هو أكبر انفجار كوني معروف، وهو من أسباب تطور الكون في الأساس، وواحد من العوامل التي أكدت للعلماء أنَّ الكون يتمدَّد، وذلك من خلال مراقبتهم للحركات الناتجة عن الانفجارات، ولأنَّه أيضًا يقوم بقذف العناصر الأولية التي تتكوَّن منها نجومٌ أخرى وكواكب جديدة في الفضاء. جميل.

ما الذي سيحدث بعدها؟

يتحوَّل الناتج من ذلك الانفجار الهيدروجيني العظيم لِمَا يُدعى بالنجم النيوتروني Neutron Star ، هل ترونه؟

في الواقع، بعد الانفجار ما يحدث بالضبط هو أنَّ الإلكترونات والبروتونات في مركز النجم تنهار على نفسها وتندمج مع بعضها مكونة نيوترونات متعادلة الشحنة ناتجة عن اندماج شحنة الإلكترونات السالبة وشحنة البروتونات الموجبة، بمعنى أنَّ حجم النجم الهائل ينكمش في شكل نجم نيوتروني شديد الكثافة قطره قرابة 12.4 ميلًا أو عشرون كيلومترًا! تصل كثافة ذلك النجم حدَّ أنَّ ملعقة واحدة من مادته سيبلغ وزنها مليارات الأطنان، وزنها سيكون أكبر بمئات المرات من جبل إفرست!

ذلك بالإضافة إلى أنَّ قوة انفجار السوبر نوفا تجعل النجم يدور حول نفسِه بسرعة هائلة جدًّا لا تُستوعَب، يمكن أن تصل تلك السرعة إلى 43 ألف مرة في الدقيقة، تتحوَّل معها مادة النجم لأبخرة، وتمرُّ عبر الأقطاب المغناطيسية للنجم، وبالتالي تشع نبضات من أشعة إكس X – Rays، ووقتها نُطلِق عليها لقب النجوم المتردِّدة أو النابضة Pulsars .

• المشهد العاشر (سيناريو 3): يحدث ذلك السيناريو عندما يكون حجم مركز النجم قرابة 3 أضعاف حجم الشمس أو أكبر.

بدأت كتلة النجم الانهيار على نفسها. النسيج الكوني بدأ يتشوه وينحني بشكلٍ لا نهائي. قوة جاذبية النجم تغلَّبت على كلِّ القوى الفيزيائية الأخرى وبدأت تجذبه نحو مركزه. نوعٌ من التفرُّد Singularity بدأ يتكوَّن في المركز حتى الضوء لم يعد قادرًا على الهروب من قوة الجذب المرعبة تلك. الزمن نفسه بدأ يتباطأ حتى بلغ نقطة التوقُّف التام مع تكوُّن أفق الحدثEvent Horizon .

بدأ يتكوَّن الثقب الأسود.

***

(يقال إنَّ الحقيقة أحيانًا أغرب من الخيال، وقد لا يصحُّ هذا القول في أي حالة أكثر من حالة الثقوب السوداء).

ستيفن هوكينج.

***

-٢-

العمالقة السود

هل تذكرون قولنا إنَّ دراسة الكون ونقطة بدايته تفرض علينا دراسة وكشف أسرار أعماق الثقوب السوداء وما الموجود فيها؟

قلنا وقتها إنَّ الكونَ بدأ من نقطة واحدة متفردة هي نقطة الانفجار الكبير Big bang التي كانت كثافتها لا نهائية وانفجرت مكوِّنة بداية الزمن والمكان أو الزمكانSpacetime، وبدأ الكون كما نعرفه.

تذكرنا تلك الفكرة بفكرة الثقوب السوداء لأنَّها أيضًا في الواقع عبارة عن أجسامٍ صغيرة أو كبيرة على حسب نوعها، ذات كثافة لا نهائية تشوِّه النسيج الكوني وتحنيه إلى ما لا نهاية جاذبة بذلك كلَّ شيءٍ إليها، حتى الضوء.

لكن ما الذي يوجد بداخلها فعلًا؟ وما علاقته بتكوُّن الكون ونقطة بداية الزمكان أو النقطة صفر Point Zero كما يقولون؟ ذلك هو اللغز، ولنفهمه لا بُدَّ أن نبدأ من البداية الحقيقية.

جميعنا نظنُّ أنَّ فكرة الثقوب السوداء فكرة حديثة دخلت مصطلحات الفيزياء منذ زمنٍ قريبٍ، ولكن جميعنا مخطئون في الواقع، وسأخبركم لماذا.

فكرة وجود جسم شديد الكثافة والكتلة لدرجة لا تُمَكِّن أي شيء من الهرب منه هي فكرة قديمة في الواقع، الذي قدَّمها كان جون ميتشيل John Mitchell سنة 1783 في رسالة كتبها لـ "هنري كافنديش".

وأيَّد تلك الفكرة بعدها العالِم الفرنسي (بيير سايمون لابلاس Pierre - Simon Laplace) سنة 1796في كتابه (معرض النظام العالميExposition du système du Monde).

ولكن العقول الفيزيائية وقتها تجاهلت فكرة الأجسام السوداء أو المناطق السوداء لأنَّهم لم يكونوا قادرين على فَهْم أو استيعاب كيف لا يقدر شيء -لا وزن له أو كتلة مثل الضوء- على الهروب من جاذبية تلك الأجسام.

وسنة 1915 جاء أينشتاين بالنسبية العامة، واستنتج من خلال شرحه للنسيج الكوني الذي ينحني بتأثير كثافة وكتلة الأجسام -شرحنا ذلك الأمر في المقال الأول- أنَّ الجاذبية لها تأثيرٌ فعليٌّ و مباشرٌ على الضوء، وأنَّه يمكن أن ينحني بتأثير الجاذبية، ولكنَّه لم يستطع وضع معادلات رياضية تشرح كيفية عمل تلك الثقوب السوداء.

ظلَّ الحال كما هو عليه حتى جاء (كارل شفارتزشايلد Karl Schwarzschild) وحلَّ معادلات أينشتاين بطريقة جديدة ليبدِّد الظلام بعض الشيء عن اللغز.

ذلك الحلُّ يصف ما يُسمَّى بحقل جاذبية كتلة النقطة وحقل جاذبية كتلة الكرة.

Gravitational Field of a Point Mass & Gravitational Field of a Spherical Mass ..

دعوني أشرح لكم كلَّ هذا بالتفصيل.

***

ما الذي يحدث بالضبط عند انهيار النجوم العملاقة؟

هذا صحيحٌ، تبدأ كتلة ووزن وكثافة النجم في التزايد بشكلٍ جنونيٍّ جاعلةً النسيج الكوني ينحني انحناءً لا نهائي ويتشوَّه تشوهًا لا نهائي، بمعنى أنَّ جاذبية النجم نفسها تصبح لا نهائية، حتى يمكنكم تخيُّل ذلك الموقف بشكلٍ كاملٍ، هل تذكرون المثال الذي قدَّمناه في المقال الأول عن كيفية عمل الجاذبية على المستوى الكوني؟

عندما أحضرنا سطحًا مطاطيًّا ووضعنا بداخله كرة كبيرة من المعدن، ووجدنا أنَّه ينبعج وينحني تحت تأثير ثقل كتلة الكرة، وأنَّ ذلك الانحناء هو معنى الجاذبية، جميل.

بدلًا من الكرة المعدنية تعالوا نضع على السطح المطاطي بناية خرسانية كاملة أو جبلًا! ماذا سيحدث؟

طبعًا سيتشوَّه النسيج المطاطي -أو الكوني- بشكلٍ لا نهائي، بمعنى أنَّ التشوُّه سيصنع زاوية قائمة تقريبًا مع سطح النسيج، ثم سيتمزَّق جاذبًا كلَّ شيء إلى الأعماق ولن يفلت منه شيءٌ حتى الضوء الذي سيدخله بلا قدرة على الخروج منه مجددًا.

جميل، إذن نحن نتفق على شيء معين، هو أنَّ هناك مركزًا لذلك التركيز اللا نهائي الكثافة، وهو نقطة صغيرة تحيط بها كرة كبيرة جدًّا تشكِّل حقل الجاذبية الذي هو الحقل أو المجال الذي لو دخله أيُّ جسمٍ فلن يقدر على الهروب من الجاذبية بداخله أبدًا.

تلك النقطة هي مركز الثقب الأسود، والدائرة المحيطة بها التي لا يقدر شيءٌ على الهرب لو دخلها تُسمَّى بأفق الحدث Event Horizon.

هناك أشياءٌ شديدة الغرابة تحدث داخل أفق الحدث هذا، منها أنَّ الزمن نفسه يتباطأ ويصل لمرحلة من الثبات التام، بمعنى -ركزوا معي- أنَّه فور أن يبدأ حقل الجاذبية أو أفق الحدث في التكوُّن حول ذلك النجم المنهار على نفسه، ويبدأ سطح النجم المنهار الدخول فيه، فإنَّ الزمن نفسه يتوقَّف! حتى انهيار النجم ذاته يتوقَّف، بمعنى أنَّه يدخل في حالة من التجمُّد والسكون ويجذب كلَّ ما حوله لمركزه، حتى الضوء!

المسافة بين نقطة مركز الثقب الأسود وأطراف حقل الجاذبية الكروي المحيط بذلك المركز تُسمَّى بنصف قطر شفارتزشايلد Schwarzschild Radius، وهي المنطقة التي لو دخلها أي جسم فإنَّه لن يقدر على الإفلات من جاذبية الثقب الأسود، وسيبتلعه الأخير إلى غير رجعة.

ولكن ماذا عن الزمن؟

***

الزمن في أفق الحدث هو في الواقع شيءٌ أشبه ما يكون بالخيال العلمي. شيءٌ غريبٌ ومعقدٌ يجعل رأسَك يدور لو فكرت فيه كثيرًا، دعوني أشرح لكم بأكبر قدرٍ ممكنٍ من التبسيط.

تعالوا مثلًا نتخيَّل أنَّ هناك ثقبًا أسودَ أمامنا، وأنَّ هناك سفينة فضاء تتجه نحوه، ونحن نراقب المشهد بتليسكوباتنا من مسافة آمنة، ما الذي سيحدث؟

السفينة الآن لم تبلغ نصف قطر شفارتزشايلد بعد، بمعنى أنَّها تنجذب للثقب الأسود بقوة، ولكنَّها قوة ما زال بإمكانها التغلُّب عليها بقدرٍ معينٍ ومحددٍ من الطاقة يمكِّنها من الهروب من ذلك المدار من الجاذبية الهائلة، جميل. ركزوا معي إلى أقصى مدى.

فور ما تبدأ السفينة عاثرة الحظِّ في الدخول إلى نصف قطر شفارتزشايلد فإنَّها تكون قد بلغت نقطة اللا عودة، بمعنى أنَّه حتى يمكنها أن تخرج من ذلك الأفق ستحتاج إلى أن تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء نفسه ، وذلك شيءٌ مستحيلٌ فيزيائيًّا، ولذلك يغدو الانجذاب نحو مركز الثقب الأسود شيئًا حتميًّا كحتمية تحرُّك الزمن نفسه للأمام.

بمعنى أنَّه كلما تحرك الزمن للأمام، فإنَّ السفينة لا بُدَّ أن تنجذب لمركز الثقب الأسود، ولا يوجد أي احتمالٍ رياضي يمكن أن يفترض أي فرصة لها في الهروب من تلك الجاذبية،

وذلك يأخذنا لمسألة الزمن، هل هو يظل كما هو؟

لو أنَّنا كنَّا نقف موضع المتفرجين، فإنَّنا سنلاحظ أنَّ حركة السفينة من ناحيتِنا ومنظورِنا نحن تتباطأ تدريجيًّا وبشكلٍ متسارعٍ. في الواقع هي ليست حركتها التي تتباطأ، بل الزمن نفسه هو الذي يتباطأ؛ بمعنى أنَّ الزمن من منظورنا نحن يمرُّ ببطءٍ متسارعٍ لدرجة تصل إلى أننا في النهاية سنرى السفينة ساكنة داخل أفق الحدث لا تتحرك، وذلك لأنَّ الزمنَ نفسَه توقف تمامًا.

تدريجيًّا سيبدأ أيُّ ضوءٍ يصلنا منها في الخبو والتخافت، وسيتحول تدريجيًّا للون الأحمر في ظاهرة تُسمَّى (التحوُّل الأحمر الجذبويGravitational Redshifting) حتى تتلاشى تمامًا في الأفق. وذلك بسبب أن تردُّد الضوء الذي يصلنا منها يقل تدريجيًّا بسبب دخولها منطقة عالية الجاذبية، تلك ظاهرة لا مجال لشرحِها الآن، بل سنشرحها في مقالٍ قادمٍ.

المهم أنَّ ذلك يحدث من منظورِنا نحن لأنَّ الزمن نسبيٌّ تمامًا، وبالنسبة لنا نحن فإنَّه سيتباطأ لأنَّنا سنكون في وضع تعمل فيه قوانين الفيزياء العادية، أما بالنسبة للمسافر داخل سفينة الفضاء نفسها فإنَّ الزمن سيمرُّ عليه بشكلٍ طبيعيٍّ جدًّا، وسينجذب للمركز بسرعة السقوط العادية التي ستتسارع حتى تحدث ظاهرة معينة لجسده وجسم السفينة. سيبدأ جسمه في الانسحاب والمطِّ كالحبال المطاطية. لو كنتم رأيتم الرجل المطاطي في فيلم Fantastic 4 فإنكم ستوفرون عليَّ عناءَ الشرح، سيتحوَّل جسدُه إلى ما يشبه المكرونة (السباجيتي)، ويبدأ في الانسحاب نحو مركز الثقب الأسود حتى يختفي تمامًا وتضاف كتلته إلى كتلة الثقب الأسود، ذلك هو ما يُطلِقون عليه تأثير المكرونة السباجيتي أو الـ Spaghettification.

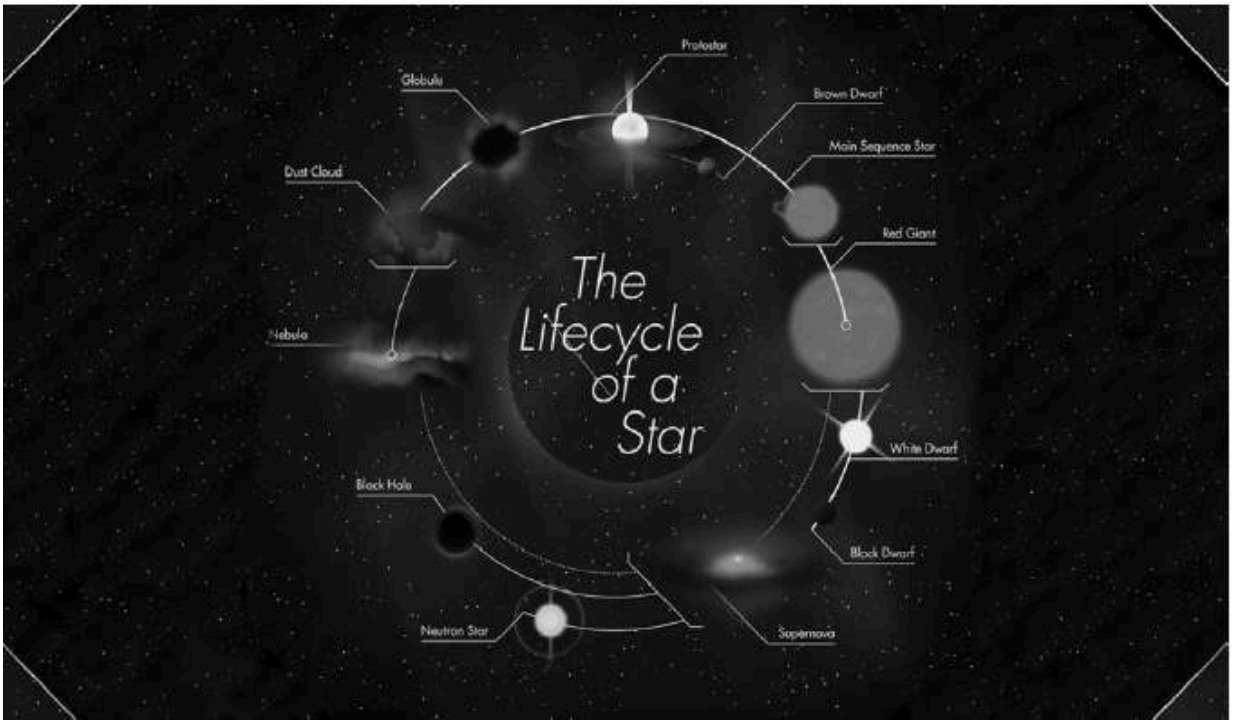
بمعنى أننا في الواقع نرى ماضي السفينة الفضائية، بينما هي ابتُلِعَت إلى قلب الثقب الأسود فعلًا وأصبح الأمرُ بالنسبة لها ماضِ، لكنَّه بالنسبة لنا ما زال حاضرًا. ذاك هو مصطلح النسبية في الزمكان Spacetime.

إذن معنى ذلك أنَّ الثقب الأسود مظلمٌ تمامًا ولا نقدر نحن على رؤيته، ولكن لو كان كذلك فعلًا، فكيف نقدر نحن على ملاحظته؟ وهل هو فعلًا يمتصُّ كلَّ ما يدخل إلى مجالِه ولا تفلت منه أي إشعاعات؟

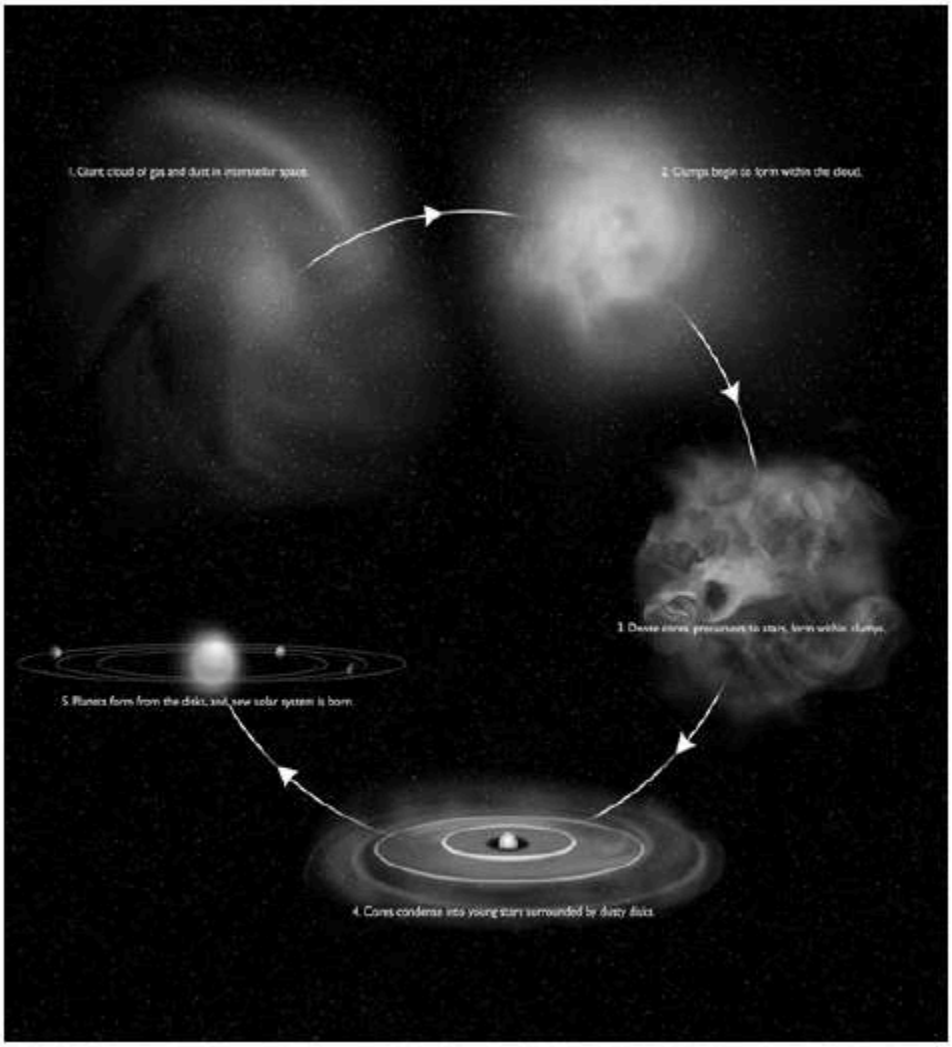
ما خطورته أو فائدته في الكون بالضبط، وما دور ستيفن هوكينج في الموضوع؟

أسئلة كثيرة أعدكم أن نجيب عنها أو لا نجيب، في المقال القادم.

***



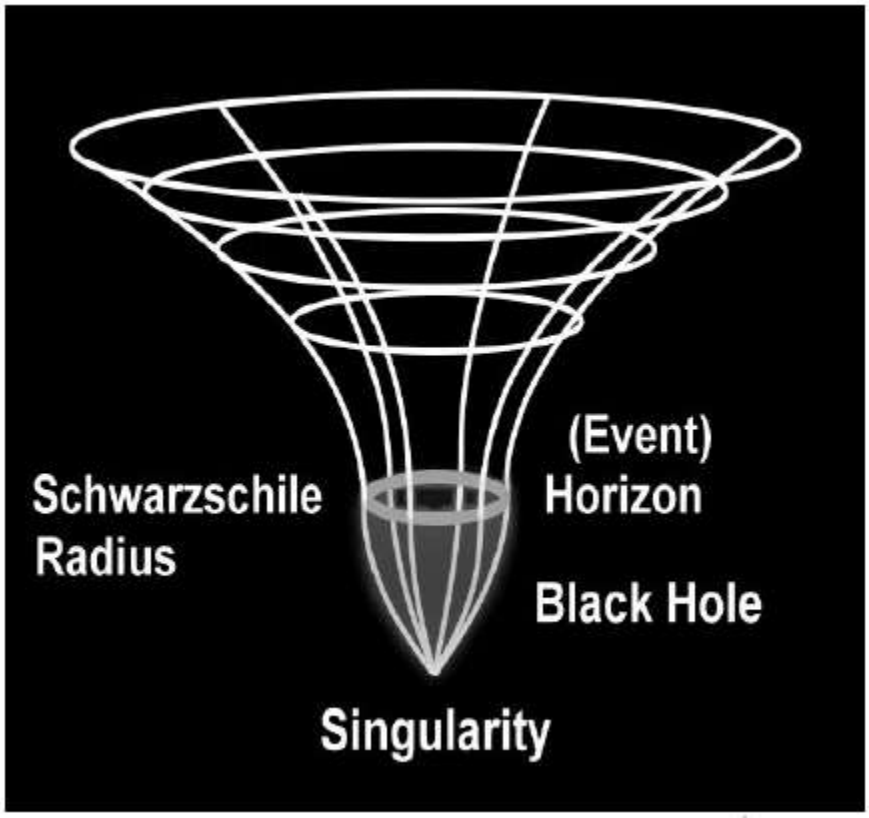
صورة توضيحية لدورة حياة النجوم وأنواعها



صورة توضح كيفية تكون النجوم من الغبار النجمي

صورة بالجرافيك لثقب أسود يبتلع نجمًا

صورة بالجرافيك لثقب أسود يبتلع نجمًا



صورة توضيحية لأفق الحدث noziroH tnevE ونصف قطر شفارتزشايلد.

-6-

تفرُّدات زمكانية

Spacetime Singularities

تحذيرٌ واجبٌ

المقال هذه المرة طويلٌ وصعبٌ ويستعصي على الفهم، ويحتاج ممن يقرأه أن يركِّز لأقصى مدى، وأن تكون لديه قدرةٌ تخيُّلية كبيرة جدًّا لطبيعة الأجسام الفيزيائية وميكانيكا نيوتن. لو كنتَ ممن يصابون بالصداع بسرعة أو كنت مصابًا بارتفاع ضغط الدم مثلًا، فإنَّني أحذِّرك، هذا المقال سيصيبكَ بصداعٍ نصفي؛ لا تكمل القراءة.

ما زلت تقرأ؟

ستُصاب بالصداع، رأسُكَ سيؤلمكَ.

ربما تُصاب بالشلل.

يمكن أن تضطر لقراءته مرتين أو ثلاثة حتى يمكنكَ الوصول لتركيزٍ يمكِّنكَ من الفهم.

ما زلتَ موجودًا؟

حسنًا.

لا تقل إنَّني لم أحذِّركَ.

***

تمهيد

تكلمنا في المقال الرابع عن ستيفن هوكينج وقصة حياته كعالِمٍ كبيرٍ غيَّر نظرتنا ومفاهيمنا للفيزياء من خلال أبحاثه ومشاركاته التي قدَّمها على مدار سنين حياته. وقلنا إنَّ اكتشافاته جعلت المجتمع العلمي يُطلِق عليه لقب أكبر عقلية علمية في التاريخ بعد نيوتن وأينشتاين.

ولكن ما هي اكتشافات ستيفن هوكينج تلك؟ وما هو موقعها بالضبط من الفيزياء؟

سأخبركم.

***

-١-

Spacetime

1965

البداية كانت في محاضرة حضرها ستيفن هوكينج للعالِم الإنجليزي الكبير وأستاذ الرياضيات السير روجر بينروزRoger Penrose .

وقتها كان بينروز قدَّم بعض الأوراق البحثية التي قدَّمت اكتشافاتٍ كبيرة جدًّا في التفرُّدات الزمكانية أوSpacetime Singularities . تلك التفردات هي في الواقع أحداثٌ تجعل قوانين الفيزياء المعروفة لنا غير ذي نفع، ولا تصلح تلك القوانين في تفسيرها. كانت تلك المحاضرة هي الدافع الذي جعل هوكينج يهتم بذلك المجال، ويبدأ أبحاثه في مجال الفلك والفيزياء، خصوصًا في الثقوب السوداء والتفردات Black Holes and Singularities .

كلُّ ذلك جميلٌ جدًّا، ولكن هناك أشياءً لا نفهمها جيدًا، ما هو ذلك الزمكان أو Spacetime؟

ركزوا معي.

ذلك المصطلح معناه هو الزمان والمكان مع بعضهما. هل تذكرون قولنا إنَّ أينشتاين في فرضيات نظرية النسبية العامة أضاف لكونِنا بُعدًا جديدًا هو الزمن؟ بمعنى أنَّ كوننا لم يعُد يتكوَّن من ثلاثة أبعاد فقط هي الطول والعرض والارتفاع، بل أضاف لهم الزمن أيضًا لأنَّه بُعدٌ إضافي.

الافتراض في الواقع يصور لنا شيئًا معينًا، الفضاء أو الفراغ نفسه يتكوَّن من 3 أبعاد هي الطول والعرض والارتفاع، الزمن هو بُعدٌ رابعٌ متفرد عندما يدخل في تكوين الفضاء فإنه يعطينا تصور الزمكان أو ما يسمُّونه (فضاء مينكاوسكي Minkowski Space).

الفيزياء الكلاسيكية العادية تهمل وجود الزمن بعض الشيء، وتتعامل معه على أساسٍ شمولي Universal بمعنى أنَّه ثابتٌ في كلِّ الحالات وأنَّه لا يتوقَّف ولا يعتمد على حركة أو سكون الجسم أو الشخص الملاحظ للأحداث، وقتها يسمُّون ذلك النوع من الفضاء (الفضاء الإقليدي Euclidean Space).

لكن في السياقات النسبية أو في التصورات التي تقدِّمها نظرية النسبية الزمن لا يمكن تجزئته عن الأبعاد الثلاثة المكانية، بمعنى أنَّ الزمن الملاحظ في الفضاء وسرعته أو بطأه يعتمد على سرعة الجسم موضع الملاحظة ونسبة تلك السرعة لسرعة الشخص الذي يرى ويلاحظ ذلك الجسم، مع وضع قوى حقول الجاذبية في الاعتبار لأنَّها من الممكن أن تقلِّل من سرعة الزمن الذي نراه من خارج حقل الجاذبية القوي بالنسبة للجسم الذي بداخله، ذلك يحتاج إلى شرحٍ.

هل تذكرون كلامنا عن الثقوب السوداء في المقال السابق؟

كنَّا نقول إنَّه داخل حقل الجاذبية الشديد أو نصف قطر شفارتزشايلد Schwarzchild Radius للثقب الأسود، وداخل أفق الحدث Event Horizon، الزمن يمرُّ بشكلٍ طبيعيٍّ للشخص الذي داخل مجاله، لكن بالنسبة للمشاهد من خارج أفق الحدث ونصف قطر شفارتزشايلد، سيلاحظ مرور الزمن بشكل أبطأ وأبطأ حتى تأتي عليه لحظة ليتوقَّف تمامًا ويبدأ نوره في الخفوت ويتحوَّل للون الأحمر حتى يختفي تمامًا، وذلك بسبب حقل الجاذبية الهائل وقوة الجاذبية التي تتزايد كلما اقترب الجسم من مركز الحدث في الثقب الأسود.

جميلٌ جدًّا.

إذن معنى ذلك أنَّنا لو دمجنا الـ 3 أبعاد المكانية مع بعضها وأضفنا لها البُعد الزمني -(3+1) وليس (4)– فإنَّه سيتكوَّن لدينا نسيجٌ متصلٌ ومتشابكٌ من الفضاء اسمه الزمكان أو الـSpacetime .

معنى ذلك أنَّه في الفضاء لا يكفي مجرد طول وعرض وارتفاع الجسم لتحديده وملاحظته، لكن يلزم وجود الزمن أيضًا. بمعنى أنَّ الجسم موقعه في نقطة معينة زمنية وثلاث نقط مكانية.

ذلك هو معنى مصطلح الزمكان Spacetime باختصارٍ، وهو شيءٌ مطلوبٌ حتى نستطيع فَهْم ما هو آتٍ.

هوكينج وقتها بدأ أبحاثه على الفيزياء الكونية، وبعدها بفترة تعاون مع بينروز، واستطاعا التوصُّل لنظريات هوكينج - بينروز Hawking - Penrose في التفرُّد.

وتلك تحتاج إلى شرحٍ طويلٍ.

***

ما هو الفضاء في نظركم؟

في نظر كل من يتخيَّله؟

هل هو نسيج؟ ما يشبه البساط أو الورقة السميكة مثلًا؟

هل هو بحرٌ مثلًا؟ سائلٌ كبيرٌ؟

هل هو جسمٌ أو ما يشبه كرة من الفللين مثلًا؟

ما يشبه محيطًا من الزئبق؟

تخيُّل الفضاء في الواقع شيءٌ معقدٌ جدًّا، ويورث عقلك صداعًا لو فكرت فيه، وذلك لأنَّه ليس أي شيء مما قيل، ومهما فعلنا فلن نقدر على استيعابه بشكلٍ كاملٍ لأنَّه يتكوَّن من مجموعة أبعادٍ متداخلة في بعضها أكثر بكثيرٍ من الأبعاد التي ندركها ونستوعبها نحن. تذكروا تصورات الأوتار الفائقة في نظرية إم M Theory التي شرحناها من قبل.

لكن كلّ من يحاول أن يشرحه أو يدرس أو يفسر شيئًا فيه يضطر دومًا لتخيل جزء منه على شكل شيء يخضع للقوانين الفيزيائية الكلاسيكية التي يحتاجها عقله حتى يتمكن من الاستيعاب والفهم.

تعالوا لنتكلم عن التفردات Singularities قليلًا.

كيف بدأ كونُنا والفضاء ذاته؟

حتى نستطيع الإجابة على ذلك السؤال سنضطر للخوض في نظريات التفرد بعض الشيء. ذاك تحذير مني، ما نحن على وشك الحديث عنه هو افتراضات شديدة التعقيد، وسوف يحتاج منكم إلى التركيز إلى أقصى مدى ممكن حتى يمكنكم الاستيعاب.

التفرد في نظريات هوكينج وبينروز له ثلاثة أنواعٍ.

وكل نوعٍ يحتاج إلى مثالٍ وتخيُّل لشكلٍ معينٍ في الفضاء والنسيج الزمكاني.

لكن حتى نتمكَّن من فهمهم لا بُدَّ أن نفهم كيف يمكن تحديدهم، وما هو الميكانيزم الذي يساعد على ذلك في الأساس.

فلنبدأ.

***

(التفردات هي النقاط التي تنهار عندها كلُّ قوانين الفيزياء المعروفة).

كلمة قالها العالِم الكبير (كيب ثورن Kip Thorne) أستاذ الفيزياء النظرية في جامعة كاليفورنيا للتكنولوجيا أو كالتيك Caltech، ومستشار المخرج كريستوفر نولان Christopher Nolan الذي استعان به في إخراج فيلم Interstellar.

***

-٢-

Singularity

كيف يمكن تحديد وجود نقطة تفرُّد في الكون؟

نحن نعرف أنَّ نقط التفرد أنواعها كثيرة (منها الثقوب السوداء وليست كلها)، ونعرف أنَّ جاذبيتها تبلغ من الشدة درجة أنَّ الضوء نفسه لا يمكنه الهروب منها، وبذلك الشكل فإنَّ جاذبيتها وكثافتها تشكل انحناءً لا نهائي في الزمكان أو النسيج الكوني.

إذن كيف نحدِّد نحن وجودها رغم عدم قدرتنا على رؤيتها بسبب عدم انبعاث أي ضوء منها؟

وفقًا للتعريف الموحد الحالي في الفيزياء النظرية، الطريقة الوحيدة التي يمكن من خلالها تحديد وجود نقطة تفرد في منطقة معينة من الكون هي ملاحظة الأجسام التي تسقط سقوطًا حرًّا وتسافر في الفضاء أيًّا كانت، سواء كان لها كتلة ووزن مثل الأجسام العادية التي نعرفها، أو لو لم يكن لها كتلة ولا وزن كفوتونات الضوء مثلًا.

في تعريفات وتصورات النسبية العامة، تلك الأجسام كما نعرف تتأثَّر بالجاذبية فقط في الفضاء ولا تتأثَّر بأي قوة فيزيائية أخرى، إذن يعني ذلك أنَّها تمشي في أكثر الخطوط استقامة ممكنة من خلال النسيج الكوني.

ذلك يعني أنَّها تسافر في خطوطٍ مستقيمة طالما لم تمر بجوار أجسامٍ ذات حقول جاذبية كبيرة، وتلك الخطوط المستقيمة يسميها علماء الفيزياء بمصطلح الـ (جيوديسيكس Geodesics). في علم الرياضيات والهندسة، يعبِّر ذلك المصطلح في المعتاد عن أقصر

الطرق المستقيمة الممكنة بين نقطتين على سطح كرة أو أي جسم منحني، ولكنَّه هنا يعني أكثر الخطوط التي يسير فيها الجسم في الفضاء استقامة، ومن هنا جاءت الفكرة العبقرية.

هم يلاحظون ويراقبون تلك الأجسام أو الجسيمات، مثل الضوء مثلًا، ويسجلون متى تختفي تمامًا فجأة!

لماذا؟

في تعريفات نقاط التفرُّد يقال إنَّ التفرد الزمكاني يكون موجودًا عندما تختفي الأجسام أو الضوء الذي يسير في الفضاء فجأة من تلقاء نفسه.

لكن ما الذي يعنيه ذلك الاختفاء بالضبط؟

إنَّها تتلاشى تمامًا من الوجود؟ هذا غير ممكن، لأنَّه كما نعرف هناك قانون في الفيزياء يقول إنَّ الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، إذن لا بُدَّ أنَّها ذهبت إلى مكانٍ ما!

جميل.

بما أنَّ الأجسام تسافر في الفضاء بأقصى استقامة ممكنة أو في أكثر الخطوط الممكنة استقامة -ذلك هو معنى الجيوديسيكس Geodesics في الفيزياء- وبما أنَّ النهاية المفاجئة لوجود ذلك الجسم الافتراضي أو الضوء تتوافق مع نهاية المسار المستقيم أو الجيوديسيك، إذن يمكن تعريف ذلك الاختفاء المفاجئ بأنَّه نهاية مسار الجسم أو الضوء على ذلك المستوى من الزمكان، بمعنى أنَّ الجيوديسيك الخاص به قد انتهى؛ لم يعد هناك مسارٌ يمكنه أن يسير فيه، وبالتالي خرج من حافة الكون التي يمكن أن نستوعبها، ودخل إلى حافة أخرى في مكان آخر لا نقدر على استيعابه، لأنَّه في الواقع عبارة عن بُعد آخر.

بالضبط كما لو كنَّا نرسم خطًّا مستقيمًا بقلمٍ رصاصٍ على ورقة ثم نصل إلى حافتها، تعتبر نهاية مسار الرصاص أو الحبر على الورقة هي نفسها نهاية نسيج الورقة ذاته أو حافة

الورقة. بعدها يمكن للقلم أن يكتب ويصنع مسارًا جديدًا على الناحية الأخرى المقابلة من الورقة أو ظهرها.

أو مثلًا لو كانت الورقة تحوي ثقبًا في منتصفها تمامًا، في نفس المسار الحتمي الذي لا بُدَّ أن يعبر خلاله القلم.

سنظل نرسم خطًّا بالقلم على الورقة -فلنفترض أنَّه الضوء، وأنه يسافر في النسيج الكوني الذي هو الورقة– حتى يصل لنقطة وجود ذلك الثقب، وعندها فإنَّ سنَّ القلم سيقفز خارج الورقة ويسقط داخل الثقب، وبالتالي فإن وجود الجيوديسيك أو المسار المستقيم للحبر -أو الضوء في الحالة الكونية- على الورقة سيختفي تمامًا، وذلك يعني اختفاء الجسم نفسه، الذي هو سنُّ القلم.

تلك الظاهرة يسمُّونها (عدم الاكتمال الجيوديسيكي (Geodesic Incompleteness.

على العكس من ذلك، لو كانت لدينا ورقة طويلة بشكلٍ لا نهائي بطول الكون، ورسمنا عليها خطًّا بالقلم بصورة لا نهائية بافتراض أنَّ الحبر فيه لا نهائي ولن ينتهي، فإنَّ المسار الجيوديسيكي للحبر سيظل مستمرًّا للأبد لأنَّه لن يقابل حافة في نسيج الورقة.

عندما لا يكون هناك المزيد من نسيج الورقة، فإنَّه لا يكون هناك سبيلٌ لاستكمال الطريق، وخطنا المستقيم لا بُدَّ أن يصل إلى نهاية مفاجئة، الجيوديسيك غير مكتمل.

وبتطبيق ذلك المثال على مستوى الكون، نجد أنَّه عند عدم وجود المزيد من النسيج الكوني، فإنَّه لا يوجد سبيلٌ لأن يستكمل الجسم أو الضوء طريقه لأنَّه لا طريق هنالك، وسيصل الجسم إلى نهاية مساره ويختفي، والمسار الجيوديسيكي له سيكون غير مكتمل.

ذلك هو معنى الاختفاء أو عدم الاكتمال الجيوديسيكي.

ومنه نستطيع أن نفهم معنى التفرد أو نقط التفرد.

عندما شرحنا موضوع عدم الاكتمال الجيوديسيكي، قلنا إنَّ نهاية المسار الجيوديسيكي للجسم يمكن أن تكون عند نهاية نسيج الورقة أو طرفها، أو عند وجود ثقب أو عدم اكتمال أو فراغ في وسطها.

وذلك يشبه الكون بالضبط، ولكن على مستوى صغير لا يقارن بالمستوى الكوني العملاق.

إذن -على مستوى الكون- يعني ذلك أنَّ نهاية مسار الأجسام أو الضوء تكون عند طرف أو حافة الكون، أو عند وجود ثقب -الذي هو الثقب الأسود- في منتصفه.

جميل، ولكن في حالة اختفاء الجسم عند طرف الكون، هل يعني ذلك أنَّ الكون المادي الذي نعرفه قد انتهى؟

الواقع أنَّ الإجابة هي لا؛ ذلك يعني أنَّ الجسم قد وصل لأحد أطراف مستوى معين من الكون، ثم اختفى بعدها من ذلك المستوى -الذي سنسميه جدلًا البُعد- ودخل في المستوى الآخر.

مثل المكعب مثلًا، لو رسمنا عليه خطًّا بقلمٍ رصاصٍ، فإنَّ الخطَّ سيصل إلى طرف ذلك المستوى من المكعب الذي نرسمه عليه، ومن ثمَّ سيختفي من المستوى أو البُعد تمامًا، ويظهر من جديدٍ في البُعد أو المستوى المجاور.

مثل هذين الخطين (___|).

إذن، يعني ذلك أنَّ الأجسام التي تختفي فجأة من بُعدنا وعالمنا المحسوس تظهر في بُعدٍ آخر في عالم آخر غير محسوسٍ.

وبتطبيق نفس الاستنتاج بالعكس، معنى ذلك أنَّ الأجسام التي تختفي في بُعدٍ أو مستوى آخر من الغشاء الكوني ستظهر في مستوانا أو بُعدنا نحن.

لحظة، هل يعني ذلك أنَّ هناك أجسامًا في كونِنا تظهر من العدم؟

هل هناك أجسامٌ تظهر وتنبثق من اللا وجود، أو تنبثق فجأة من قلب نقط التفرد؟

ذلك صحيحٌ.

***

هل تذكرون شرحنا لافتراضات النسبية العامة لأينشتاين؟

جميل.

هل -في إطار النسبية العامة- يمكن وجود الزمكان غير المكتمل جيوديسيكيا الذي نتكلم عنه؟

بمعنى، الزمكان أو النسيج الكوني الذي يكون له طرفٌ لا يمكن للأجسام بعده أن تسير فيه، ولا بُدَّ أن تختفي من وجودنا نهائيًا، هل وجود الزمكان محتملٌ بحسب قوانين ومعادلات النسبية العامة؟

هل من الممكن أن نستخدم النسبية العامة لشرح نقط التفرد؟

الواقع أن الإجابة نعم ولا.

نقط التفرد التي يوجد عندها عدم اكتمال جيوديسيكى Geodesic incompletness ممكنة بالفعل حسب معادلات النسبية العامة، ولها نماذجٌ كثيرة وتصورات أكثر، منها مثلًا التفرد الموجود عند بداية الكون أو الانفجار الكبير، ومنها نقط التفرد التي تحدث داخل الثقوب السوداء، ومنها نقط التفرد التي تحدث كنتيجة للانهيارات غير المتناظرة Non-Symmetric.

كلُّ تلك الأنواع أُكتشِفَت من خلال نظريات هوكينج - بينروز Hawking - Penrose في التفرد، التي بدآ العمل عليها منتصف الستينيات.

والجميل في تلك النظريات التفرد هو أنَّها عامة جدًّا، وأدلتها تستند إلى واحدة فقط من وسط الكثير من معادلات النسبية العامة.

لكن قوة تلك النظريات هي نفسها مجال ضعفها، لأنَّها -رغم أنَّها تشرح لنا ما هي نقط التفرد- و لكنَّها لا تعطينا وصفًا لداخلها ولا لطبيعتها، في الواقع هي لا تعطي أي شرحٍ لكيفية مولد الكون، أو ما الذي سيحدث مثلًا لو ابتلعك ثقبٌ أسود.

إذن ما هي طبيعة نقط التفرد؟

كخطوة مبدئية للفهم، لا بُدَّ أن نقسمها لفئتين رئيسيتين.

نقط التفرد الانحنائية curvature singularities التي تنشأ من انحناء النسيج الكوني أو الزمكان Spacetime بسبب تأثير الجاذبية التي تصل لمعدلات لا نهائية، ونقط التفرد التي لا يحدث فيها ذلك أو التي يسمونها نقط التفرد غير المنحنيةnon-curvature .

فلنرَ معًا.

***

-3-

عند مركز الانحناء

في البداية لا بُدَّ أن نتفق على شيء مهمٍّ جدًّا وهو أنَّ نقط التفرد المنحنية لها علاقة بالجاذبية.

شيء طبيعي لأنَّه لا شيء -على حسب اعتقادي الخاص- بالقوة الكافية ليشكِّل انحناءً في نسيج الزمكانSpacetime إلَّا الجاذبية.

ومن ذلك نستنتج أنَّ نقط التفرد المنحنية تنشأ من وجود جاذبية لا نهائية ينتج عنها تركيز لا نهائي للطاقة، وتصبح معه الطاقة لا نهائية.

تلك هي ما يسمُّونها بتفردات ريتشي Ricci Singularities نسبة للعالم الإيطالي (جريجوريو ريتشي كورباسترو Gregorio Ricci-Curbastro) الذي لعب في أواخر القرن الـ 19 وأوائل القرن الـ 20 دورًا مهمًّا جدًّا في تطوير الهندسة التفاضليةDifferential Geometry .

ذلك النوع من نقط التفرد يمكن أن نصوره مثلًا بالثقوب السوداء.

هي تنشأ غالبًا من نجومٍ تنهار على نفسها، وتبدأ في تشكيل كثافة كبيرة تزيد معها الجاذبية لحدودٍ لا نهائية تحني الزمكان نفسه، وتشكل نقطة في مركز الثقب الأسود لا يمكن لأي شيء الهروب منها، ومحاطة بأفق حدثEvent Horizon ، تكلمنا عنها كثيرًا، فلا داعي للمزيد.

يمكن أن نصور ذلك النوع أيضًا بالانفجار الكبير في إطار التركز اللا نهائي للطاقة.

حتى نفهم معنى ذاك الكلام تعالوا ندرس نموذج الانفجار الكبير مثلًا.

ذلك النموذج يوضِّح التركز اللا نهائي للطاقة عند بداية الكون، بمعنى أنَّه لو سافرنا في الزمن عكسيًّا للخلف وليس للأمام سنجد أنَّ تركيز الطاقة في الكون يزيد ويزيد، حتى نصل لنقطة بداية الكون، وعندها سنجد أنَّه وصل لتركيزٍ وكثافة لا نهائيين في نقطة واحدة بدأ منها كلُّ شيءٍ. وذلك يقودنا تلقائيًّا لنظرية الانفجار الكبيرThe Big Bang Theory التي سنتكلَّم عنها في المقال القادم.

الكون بدأ من نقطة واحدة كانت الكثافة فيها كبيرة جدًّا، وكان كلُّ شيءٍ فيها عبارة عن تركز لا نهائي للطاقة في نقطة أصغر من الذرة، ذلك هو مفهوم نقطة التفرد عند بداية الكون، وتلك هي التي يسمونها نقطة التفرد العارية Naked Singularity، لماذا عارية؟ لأنَّها غير محاطة بأفق حدث مثل الثقوب السوداء وأنواع التفردات الأخرى، لأنَّها نشأت عند بداية الكون نفسه.

أو من الممكن أن تكون نقط التفرد تلك ناشئة عن قوى مدٍّ وجزر لا نهائية، بسبب الجاذبية اللا نهائية التي تنشأ في نقط التفرد.

بمعنى أنَّه مثلًا لو كان لدينا نقطة تفرد ذات جاذبية لا نهائية، فإنَّه طبعًا تلك الجاذبية اللا نهائية ستقوم بجذب الأجسام المجاورة بقوة لا نهائية، تمامًا كالثقب الأسود، بمجرد أن يسقط جسمٌ داخل أفق الحدث الخاص به، فإنَّ قوى الجذب اللا نهائية ستجذبه لمركز الثقب ونقطة التفرد، ولكنه لن ينجذب بنفس شكله الطبيعي.

الموضوع سيكون كمثل لو أننا نقوم بجذب (أستك) مثلًا أو قطعة من المطاط.

قوى المدِّ والجزر اللا نهائية الناشئة عن الجاذبية اللا نهائية في مركز نقطة التفرُّد ستقوم بضغط الأجسام ومطِّها بقوة لا نهائية حتى تحولها لنقطة تفرُّد هي الأخرى. وذلك هو التأثير

الذي يُطلِقون عليه تأثير (السباجيتيفيكيشن Spaghettification) الذي أشرنا إليه من قبل، وأحيانًا يُطلقون عليه لقبَ تأثير المكرونة Noodle Effect .

سأشرح لكم كيف.

تعالوا مثلًا نتخيَّل جسمًا يتكوَّن من أربع نقاط مثل هذه (: :).

ذلك الجسم لو وقع داخل ثقبٍ أسود فإنَّ تأثير الجاذبية اللا نهائي عليه سيصنع قوة مدٍّ وجزرٍ لا نهائية لدرجة تجعل أصلب الأجسام لا تقدر على مقاومتها، وعندها ستجعل ذلك الجسم ينسحب ممطوطًا كقطعة من المطاط مثلًا، وهو يسقط داخل أفق الحدث، ويغدو شكله شبيهًا بالمكرونة السباجيتي وهو ينسحب داخل نقطة التفرد، مثل هذا الشكل (~).

والتفرُّد المذكور هنا هو التفرُّد الذي يحدث بسبب انضغاط الجسم المذكور إلى حدٍّ لا نهائي بسبب الجاذبية اللا نهائية التي سبَّبت ذلك.

ذلك هو النوع الذي يطلقون عليه اسم تفرُّد ويل Weyl Singularity نسبة للعالم الألماني (هيرمان ويل Hermann Weyl) الذي كان -بعد إعلان النسبية العامة بفترة قصيرة- أوَّل من استكشف العلاقات المثيرة بين النسبية والهندسة التفاضلية.

كلُّ ذلك جميلٌ جدًّا.

ولكن ما هي نقط التفرُّد التي لا تحكمها الجاذبية؟

هي شيءٌ صعبُ التخيُّل بعض الشيء.

***

-٤-

عند حافة الكون

كيف يمكن وجود نقطة تفرُّد من دون وجود جاذبية عالية تحكمها؟

فلنتخيَّل معًا.

هل تعرفون الشكل المخروطي؟ أو القمع مثلًا؟

تخيَّلوا الفضاء على ذلك الشكل المخروطي أو شكل القمع ثم تعالوا نمسك بقلمٍ، ونرسم به خطًّا مستقيمًا في مسار جيوديسيكي على جسم ذلك المخروط حتى قمته.

المسار سينتهي، أليس كذلك؟

بمعنى أنَّنا لو تخيلنا السطح الخارجي لذلك المخروط أو القمع هو الكون، والمسار الحبري الذي يرسمه القلم على مستواه هو الضوء مثلًا أو أي جسم مسافر فيه، إذن عند قمة القمع أو قمة ذلك المستوى الكوني، سينتهي المسار الجيوديسيكي تمامًا وسيقفز الجسم إلى خارج الوجود.

تعالوا لنبسطها بعض الشيء، تخيلوا ذلك القمع على أنَّه ورقٌ.

أي خط سنقوم برسمه على سطح ذلك القمع من الخارج بزاوية 90 درجة متعامدة على الأرض، سيأخذنا لقمته، صحيح؟

جميل. إذن ما الذي سيحدث للخطِّ عند وصوله للقمة؟ بالضبط، سيختفي تمامًا.

هنا الفضاء أو الزمكان لا يكون منحنيًا، بمعنى أنَّه لا يوجد تأثير جاذبية إطلاقًا ليؤثِّر على ذلك الجسم أو الضوء -بالضبط مثل الحبر على الورقة- وبالتالي سيسافر في خطٍّ مستقيمٍ ولن ينحني إطلاقًا لأنَّه لم تؤثر عليه قوة جاذبية لتغيِّر مسارَه الجيوديسيكي.

ورغم ذلك فإنَّ هناك نقطة تفرُّد عند قمة ذلك القمع الكوني سيختفي عندها الجسم تمامًا لأنَّ مسارَه الجيوديسيكي غير مكتملٍ، وعندها سيخرج إلى خارج الوجود أو الكون الذي يمكننا استيعابه لكون أو بُعدٍ آخر تمامًا.

ذلك هو مفهوم نقط التفرُّد غير المنحنيةNon-curvature Singularities التي أحيانًا يسمونها بنقاط التفرُّد المخروطيةConical Singularities .

إذن هل معنى ذلك أنَّ هناك أجسامًا تظهر في الكون من العدم؟

ذلك صحيحٌ، ولكن ليس بالضبط.

***

-٥-

إشعاع هوكينج

تعالوا لنتكلَّم عن الكون في تصورات ميكانيكا الكمِّ قليلًا.

ذلك هو ما فعله ستيفن هوكينج العظيم؛ درس الكون وطبَّق عليه ميكانيكا الكمِّ التي هي واحدة من طرفي المعادلة التي تحكم الكون، خصوصًا في شكله الذري.

الكون -وفقًا لتصورات ميكانيكا الكمِّ- تحدث فيه تقلباتٌ كثيرة ولا نهائية من الطاقة.

ما معنى ذلك؟

معناه أنَّ الفراغ في الكون ليس خاليًا تمامًا كما نظن، بل هو يغلي ويعجُّ بالأجسام ومعادلات الأجسام المضادة لها.

.. Particles and Their Anti-Matter Equivalents

ما الذي يعنيه ذلك أيضًا؟!

ما معنى الأجسام المضادة؟

دعوني أخبركم.

طبقًا لفيزياء الجسيمات Particle Physicsولتصورات ميكانيكا الكمِّ Quantum Mechanics ، ضد المادة أو المادة المضادةAnti-Matter هي مادة متكونة من ضد الجسيمات Anti-Particles التي لها نفس كتلة الجسيمات العادية الطبيعية ولكن شحنتها

معكوسة، ولها عكس الخصائص الفيزيائية الطبيعية للمادة الطبيعية مثل معدل الدوران الكمي Quantum Spin مثلًا.

هذا معناه أنَّ ضد المادة أو المادة المضادة هي نفسها المادة العادية ولكن باختصار شحنتها معكوسة أو سالبة، مثل الصورة الملتقطة بتقنية النيجاتيف Negative.

مثلًا، نحن نعرف أنَّ الذرة تتكوَّن من إلكترون سالب وبروتون موجب ونيوترون متعادل الشحنة، صحيح؟

جميل.

عكس المادة أو ضد المادةAnti-Matter تتكوَّن من بروتون سالب الشحنة وإلكترون موجب الشحنة ونيوترون متعادل.

عكس المادة الطبيعية تمامًا في كلِّ شيءٍ.

جميلٌ جدًّا. ركزوا معي.

وفقًا لتصورات ميكانيكا الكمِّ، الكون يعجُّ باحتمالاتٍ لا نهائية، ومن تلك الاحتمالات تفترض إحداها أنَّه يعج بالأجسام والأجسام المضادة التي تنبثق من العدم وتفنى بعضها فور ظهورها.

بمعنى أنَّه في الفراغ الكوني أجسامٌ طبيعية وأجسامٌ عكسية تظهر في كلِّ مكانٍ وفي كلِّ لحظة وكل فيمتوثانية، ودائمًا تُفني تلك الأجسام بعضها لأنَّ شحناتها معكوسة، فتتلاشى في نفس اللحظة، لذلك لا نراها ولا نقدر على ملاحظتها، ونرى الكون أو الفضاء أو الفراغ هادئًا ساكنًا بذلك الشكل.

تعالوا لنطبِّق ميكانيكا الكمِّ تلك على الثقوب السوداء.

طبعًا نحن اتفقنا على أنَّ الجاذبية في الثقوب السوداء لا نهائية داخل أفق الحدث، وبعد أن نعبر نصف قطر شفارتزشايلد كما شرحنا قبل ذلك في المقال الخامس، وأن أي جسم مهما كان وأيًّا كان لو سقط داخل أفق الحدث يكون قد بلغ نقطة اللا عودة، بمعنى أنَّه من المستحيل في كلِّ الاحتمالات اللا نهائية خروجه أو هروبه من الجاذبية اللا نهائية للثقب الأسود.

جميل.

تخيَّلوا معي إذن تصورات ميكانيكا الكمِّ لو حدثت بالضبط على حافة أفق الحدث، على الخط الذي هو إطار الكرة التي تشكِّل أفق الحدث، أو على إطار كرة شفارتزشايلد التي تشكِّل أفق الحدث ويتواجد بداخلها نصف قطر شفارتزشايلد.

لو أنَّ ذلك الزوج من الجسيمات الذي يتكوَّن من الجسم والجسم المضاد له ظهر على حافة أفق الحدث بالضبط، فما الذي سيحدث عندها؟

تعالوا لنرى ماذا يقول هوكينج.

***

something special occurs when pairs of particles emerge near the event) horizon -the boundary between a black hole, whose gravity is so strong that it warps space-time, and the rest of the Universe - The particle-antiparticle pair separates, and the member of the pair closest to the event horizon falls .into the black hole while the other one escapes)

.Stephen Hawking

***

ما سيحدث بالضبط هو أنَّ ذلك الزوج من الجسيمات سينفصل.

والجسم الأقرب لأفق الحدث -الذي هو دائمًا يكون الجسم المضاد السالب لسببٍ مجهولٍ- ينجذب لأفق الحدث ويسقط داخل الثقب الأسود، بينما يتحرَّر الجسم الآخر ويهرب من الثقب الأسود في صورة إشعاع هو إشعاع هوكينج Hawking Radiation.

يعني ذلك أنَّ الثقوب السوداء تشعُّ قدرًا ضئيلًا جدًّا جدًّا جدًّا جدًّا من الطاقة لا يمكن ملاحظته بأي وسيله فيزيائية أو علمية معروفة، وذلك بشكلٍ مستمرٍّ يمكن أن يؤدي في النهاية إلى تبخُّر الثقب الأسود على المدى الطويل.

ولكن ذلك يحدث في خلال وقتٍ طويلٍ جدًّا لدرجة الاستحالة، بمعنى أنَّه مثلًا لو كان الثقب الأسود في حجم شمسِنا أو ما يُطلِقون عليه (وحدة شمسية واحدةOne Solar Mass)، فإنَّه سيحتاج إلى وقتٍ أطول من عمر الكون نفسه، الذي هو 14 مليار سنة حتى يتحلَّل ويتبخر ويفنى. وفي اللحظة الأخيرة لفنائه ينفجر انفجارًا أكبر من قوة القنبلة الهيدروجينية بـ 50 مليار مرة، وهذا -نظريًّا فقط- هو ما يمكن أن يكون ما يُدعى بالثقب الأبيض White Hole، ولكن هذا ليس موضوعنا الآن.

جميلٌ، إذن معنى ذلك أنَّ الثقب الأسود ليس مظلمًا كما كان يظنُّ الجميع، بل هو يشعُّ قدرًا ضئيلًا جدًّا من الإشعاع يُدعى إشعاع هوكينج Hawking Radiation، وذلك هو ما يؤدي في النهاية، وبعد وقتٍ طويلٍ جدًّا جدًّا إلى تناقُص كتلة الثقب الأسود تدريجيًّا حتى يتلاشى تمامًا.

تلك هي عبقرية هوكينج؛ دمج -لأول مرة في التاريخ- ميكانيكا الكمِّ مع النظرية النسبية العامة، واستخدمها لوصف نقط تفرُّد الثقوب السوداء. بمعنى أنَّه لو صحَّت نظريته سنكون

قد قمنا بحلِّ واحدٍ من ألغاز الفيزياء الحديثة، وفتحنا أبوابَ الكون المغلقة لنحرِّر كلَّ أسرارها.

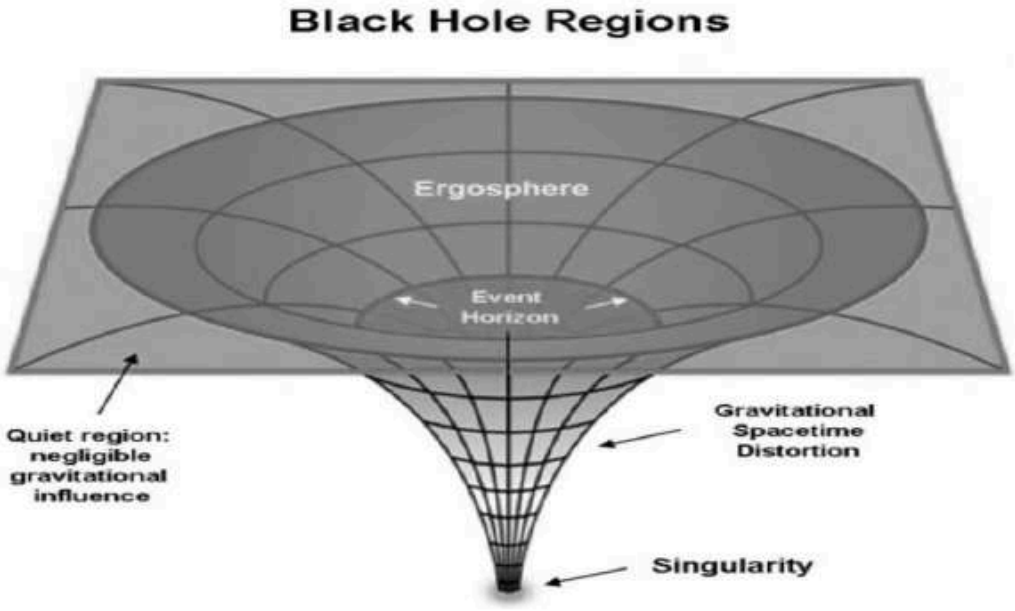
المشكلة الوحيدة في تلك النظرية العبقرية أنها تحتاج لتأكيدٍ علميٍّ. لا أحد يستطيع تأكيدها بسبب الصعوبة البالغة التي تواجه من يحاول التقاط تلك الإشارات الدقيقة جدًّا من الإشعاع على تلك الأبعاد الفائقة الفلكية التي تبعدها عنَّا الثقوب السوداء.

وذلك هو ما دفع بعض العلماء في العالم إلى محاولة تخليق ثقب أسود صناعي ودراسة إشعاع هوكينج فيه، هل تذكرون مختبر سيرن الذي كلمتكم عنه؟ المعجل التصادمي الهائل Large Hadron Collider، هذا هو واحدٌ من الأسباب الرئيسة لإنشائه أيضًا.

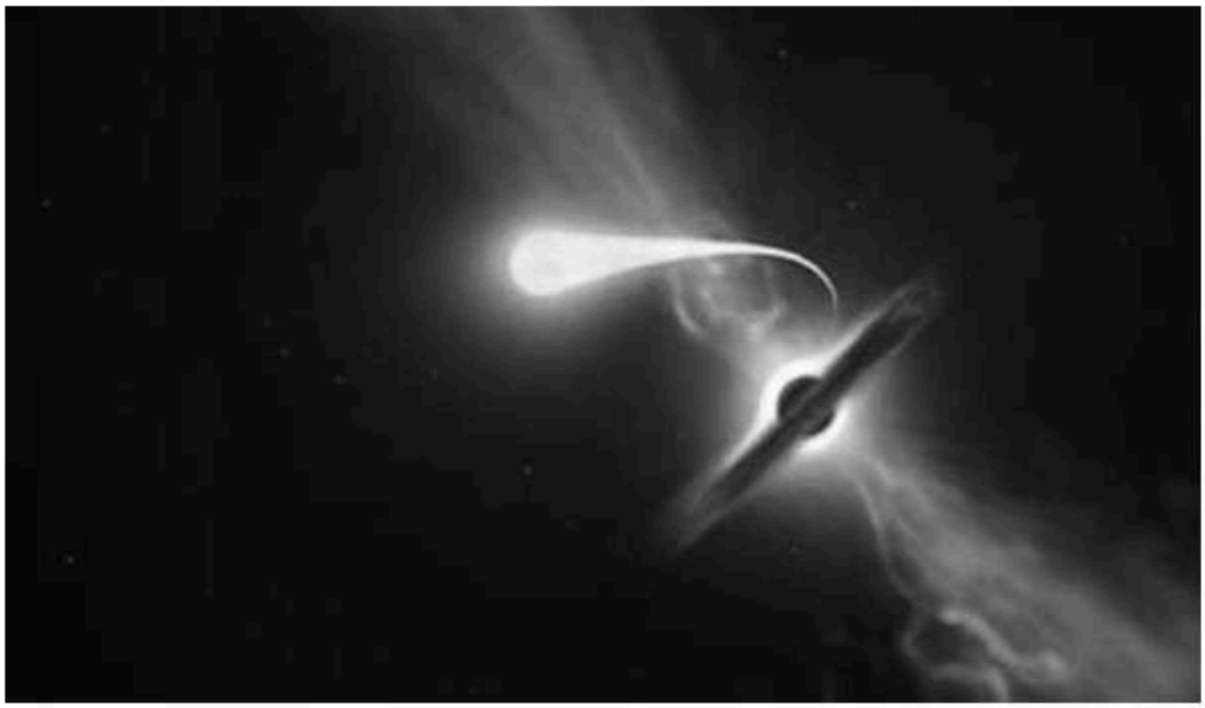
حتى نحاول أن نزيح الغمامة التي على أعيننا، ونكشف السرَّ الأعظم خلف مولد الكون، ونعرف كيف خُلِقنا، وما الذي حدث قبل مولد الكون.

في كلِّ يومٍ نحاول.

***

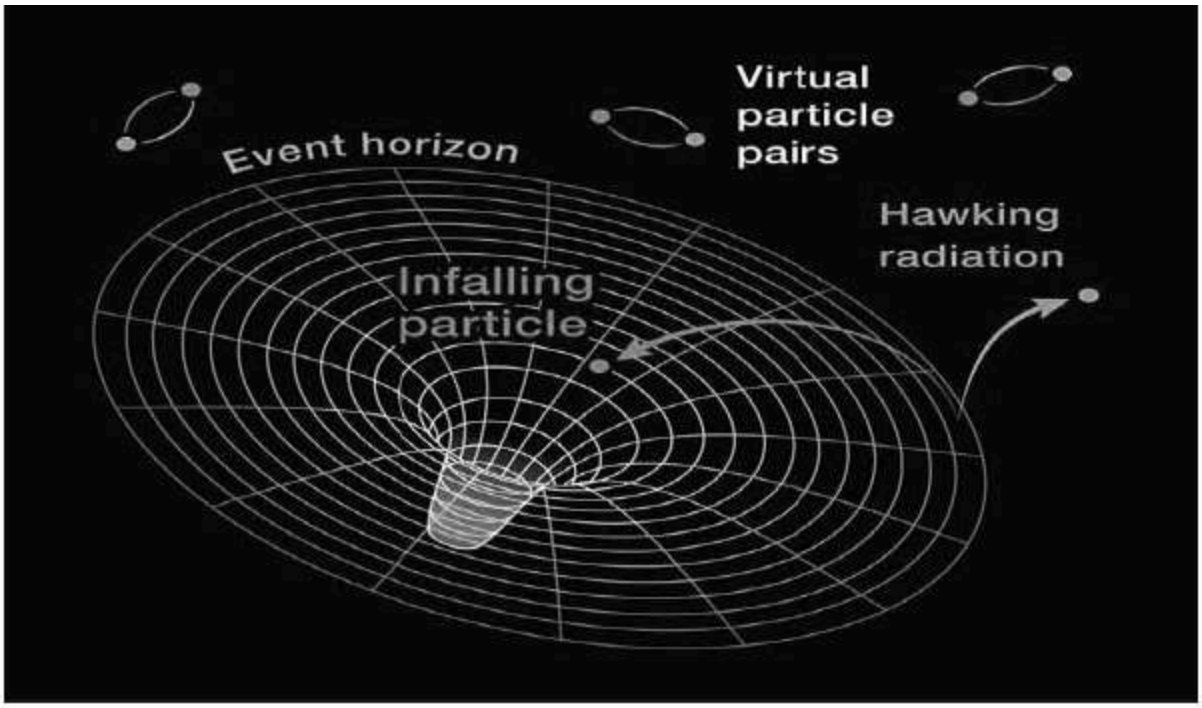


شكل توضيحي للمناطق المكونة للثقب الأسود، وموقع نقطة التفرد بمركزه

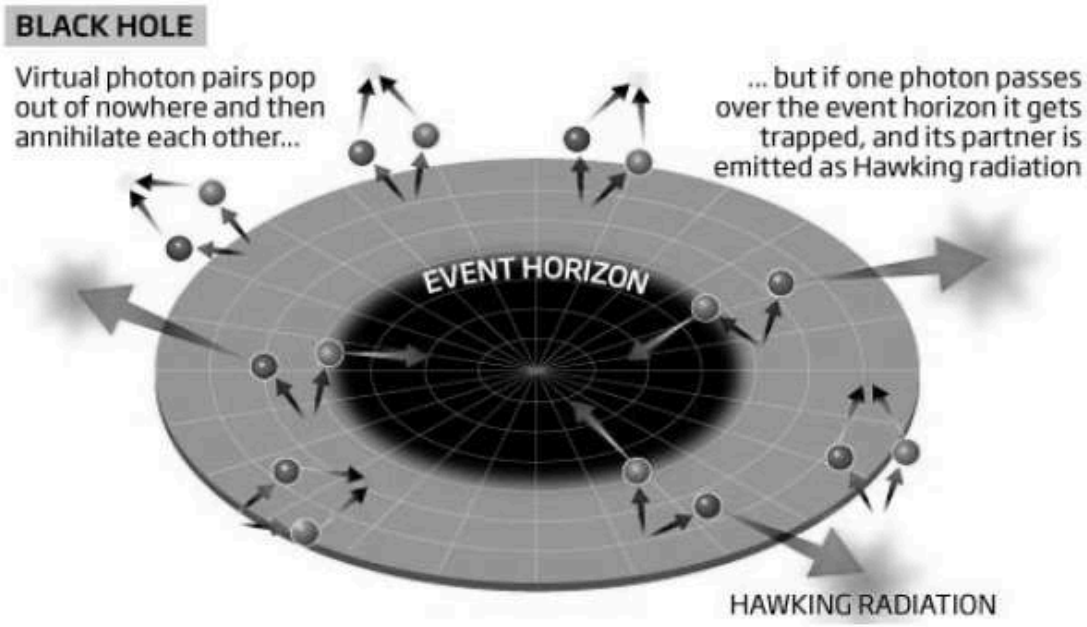


صورة بالجرافيك لنجم يتم ابتلاعه من ثقب أسود، ويتمدد بتأثير المكرونة السباجيتي أو الـ Spaghettification

صورة بالجرافيك لرائد فضاء يتمدد جسده بتأثير المكرونة السباجيتي ويسقط داخل الثقب الأسود.



صورة توضيحية لإشعاع هوكينج



صورة توضيحية لإشعاع هوكينج

-٧-

زمن بلانك

Planck Time

تمهيد

عالمنا.

مدن، غابات، محيطات، بشر.

كلُّ شيء نعرفه في الكون، تكوَّن من المادة. المادة التي خُلِقت من العدم في أول ثانية بعد الانفجار الكبير.

كلُّ نجمٍ، كلُّ كوكبٍ، كلُّ ذرة، كلُّ مساحة عشب، كلُّ قطرة ماءٍ.

المياه في الواقع يعود عمرها إلى أزمانٍ سحيقة، ذرات الهيدروجين الموجودة في الماء تكوَّنت بعد لحظاتٍ من الانفجار الكبير، وبعد تكوُّنها جاء تكوين كل شيء.

الانفجار الكبير هو اللحظة التعريفية ولحظة البداية لكونِنا كلِّه، وكل شيء فيه.

وكل أسرارنا، أسرار ماضينا، أسرار حاضرنا ومستقبلنا، محفوظة داخل تلك اللحظة في الزمن.

وحتى نقدر على إزاحة الستار عن تلك الأسرار لا بُدَّ أن نسافر.

نسافر خارج نظامِنا الشمسي، ونذهب في رحلة عبر الزمن خارج حتى مجرتنا.

رحلة عبر الفضاء العميق، رحلة تأخذنا أقرب وأقرب لفجر الزمن نفسه.

وخلال مرورنا عبر المجرات الرضيعة الأولى والنجوم الوليدة، سنصل إلى النقطة التي بدأ عندها الكون.

وعندها سنواجه أكبر أسئلة في تاريخ كلِّ العلوم.

لماذا حدث الانفجار الكبير؟ ما الذي انفجر في الأساس؟

ما الذي كان موجودًا قبل الانفجار؟

حتى يستطيعوا الإجابة على تلك الأسئلة؛ بنى البشر آلاتٍ ومعداتٍ بحجم المدن ليتمكَّنوا من الوصول لنوعٍ من المحاكاة للحظات بداية الكون.

وبنوا تليسكوبات فضائية كبيرة جدًّا حتى تعطيهم نظرة عميقة على الماضي، ووضعوا نظرياتٍ تمكِّنهم من الوصول لذلك السرِّ العظيم، سرِّ الخلْق.

وما زالت الرحلة مستمرَّة.

منذ فجر الزمن.

***

We are Getting Closer To Answering The Age Old Questions , Why Are We Here ? , Where Did We Come From ? , Does The Universe in Fact Have a Beginning or an End ? and If so , What Are They Like ? , if We Find The .. Answer To That , it Would Be The Ultimate Triumph Of Human Reason

.. We Would Know The Mind Of God

Stephen Hawking

***

-١-

Redshift

1927 .

البداية كانت مع (جورج لوميتر Georges Lemaître).

قال ذلك الرجل وقتها شيئًا مهمًّا جدًّا، قال إنَّ الكون المتوسع يمكن تعقبه إلى الوراء في الزمن حتى نقطة بداية واحدة.

بعد ذلك الافتراض، علماء الفضاء والفيزيائيون النظريون بنوا على ذلك الكلام فكرتهم العامة عن التوسُّع الكوني.

وبعدها بسنتين، سنة 1929، جاء (إدوين هابلEdwin Hubble) وحلَّل الانزياح الأحمر أو Redshifting للمجرَّات ومنه وصل لشيء شديد الأهمية، لكن حتى نتمكَّن من فهمه لا بُدَّ أن نفهم أولًا ما هو ذلك الانزياح الأحمر أو الـRedshifting .

هل تعرفون ألوان الطيف؟ جميلٌ، ما هي؟

بالترتيب (أحمر - برتقالي - أصفر - أخضر - أزرق - نيلي - بنفسجي).

جميلٌ، معنى ذلك أنَّ أقلَّ تردُّد للضوء هو الأحمر، وأعلى تردُّد للضوء يكون البنفسجي.

لذلك نسمع عن مصطلحات الأشعة تحت الحمراءInfrared والأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet التي تكون في الواقع أشعة ضوئية عادية ولكن تردُّدات الضوء فيها أقل

بكثيرٍ جدًّا من تردُّد الأحمر فلا نقدر على ملاحظتها، أو أعلى بكثيرٍ من تردُّد البنفسجي فلا نقدر على ملاحظتها أيضًا، إلَّا بمعداتٍ مخصصة لذلك.

جميلٌ، تعالوا أقرِّب الموضوع لأذهانِكم بمثالٍ.

تخيَّلوا أنَّكم تقفون على رصيف طريقٍ سريعٍ، وتريدون عبوره، بفرض أنَّ سائق السيارة القادمة يضغط على بوق سيارته أو (الكلاكس) بشكلٍ مستمرٍّ، كيف ستسمعون الصوت؟ فكَّروا وحاولوا التخيُّل.

بالضبط، كلما كان الصوت بعيدًا ويقترب نحونا، سنسمع الصوت حادًّا يعلو تدريجيًّا، حتى تأتي لحظة عبور السيارة من أمامنا، وعندها سنسمع الصوت الطبيعي العادي، بعدها ستبدأ في الابتعاد تدريجيًّا، ومعها سيبدأ الصوت في التحوُّل إلى صوتٍ أجشّ يخفت تدريجيًّا حتى يتلاشى تمامًا.

بمعنى أنَّها عندما كانت بعيدة تقترب كان الصوت حادًّا ذا تردُّد عالٍ. بعدها بدأ التردُّد في الهبوط وهي تقترب حتى بلغ تردُّد الصوت العادي، ثم هبط أكثر حتى أصبح الصوت أجشَّ ذا تردُّدٍ منخفضٍ، وواصل الخفوت وهي تبتعد حتى تلاشى تمامًا. لكن لا يعني صمته أنَّه غير موجود.

ذلك هو مفهوم الأشعة تحت الحمراءInfrared ومفهوم الانزياح الأحمر Redshifting بشكلٍ أكبر.

عندما كان إدوين هابل جالسًا وراء التليسكوب، كان يحاول رصد المجرات التي يبلغ بُعدها عنَّا ملايين السنين الضوئية، ووجد عندها أن الانزياح الأحمر Redshifting لها يزداد.

التصوُّر البدائي للكون كان يتعامل معه على أنَّه ثابتٌ لا يتحرك، ومن ذلك كانوا يعتقدون أنَّه لن يكون هناك انزياح أحمر Redshift ولا انزياح أزرق Blueshift. الانزياح الأزرق هو عكس الانزياح الأحمر تمامًا، يعني أنَّ الجسم يقترب بعكس ما شرحناه. على الأقل كان

العلماء يعتقدون أنَّ الاثنين سيكونان موجودين بنسبٍ ثابتة، بمعنى أنَّ هناك نسبة من المجرات التي تقترب منَّا ونسبة من المجرات التي تبتعد عنَّا، وتلك النسب ستكون متساوية، ومن ثَمَّ سنحذفها مع بعضها، بالضبط كمثل مفهوم المادة والمادة المضادة.

والمفترض أنَّ القاعدة العامة هي أنَّه كلما اقترب منَّا المصدر الضوئي كان تردُّد الضوء الذي يصلنا منه يزداد ويزداد، فعندها سيبدأ التردُّد في الانزياح نحو البنفسجي. وكلما كان المصدر الضوئي يبتعد بدأ تردُّد الضوء الذي يصلنا منه يقل ويقل حتى ينزاح ناحية اللون الأحمر وتحت الأحمر، بمعنى أنَّه سيحدث لهRedshifting .

هل تذكرون كلامَنا عنه عندما شرحنا ماهية الثقوب السوداء؟ عندما قلنا إنَّ الجسم الذي يسقط داخل أفق الحدث حول الثقب الأسود يكون ساكنًا بالنسبة لنا، ويتحوَّل الضوء الذي يصلنا منه تدريجيًّا للون الأحمر حتى يختفي تمامًا، وذلك بسبب أنَّ تردُّد الضوء يقل تدريجيًّا مع ابتعاد الجسم وسقوطه في أعماق الثقب الأسود، هذا هو ما أعنيه هنا.

المهم، ما معنى أنَّ الضوء الذي يصلنا من الجسم منزاح ناحية الأحمر؟ معنى ذلك أنَّه يبتعد، أليس كذلك؟

جميل، عندما جاء هابل Hubble وطبَّق ذلك على معظم المجرات أو كلها تقريبًا، وجدها تنزاح ناحية الأحمر، بمعنى أنَّها كلها تتباعد عنَّا! وبسرعة هائلة، ومقدار سرعتها يتناسب طرديًّا مع مقدار المسافة التي تبعدها عنَّا!

ذلك هو ما يسمُّونه بقانون هابل، وهو ($v = H0 \times D$).

v هي السرعة،H0 هو وقت هابل،D هي المسافة التي يبعدها الجسم أو المصدر الضوئي.

بمعنى أنَّه مثلًا كلما كان الجسم أبعد زادت سرعة ابتعاده عنَّا، وكلما زادت المسافة بيننا وبينه للضعف زادت سرعته الضعف، وهكذا.

معنى ذلك -حسب قانون هابل- أن الكون يتمدَّد بسرعاتٍ مذهلة بشكلٍ متجانسٍ Homogeneous وفي جميع الاتجاهات، وذلك بغض النظر عن وضعنا في الكون سواء كان طوليًّا أو عرضيًّا أو على أي وضعية، وذلك هو ما يسمُّونه بمتوحد الخواصIsotropic .

مثل الكرة، يكبر بشكل متجانس وفي جميع الاتجاهات والأبعاد، لكنها كرة أبعادها أكبر من الأبعاد التي نستوعبها نحن.

جميلٌ، معنى أنَّ الكون يتمدَّد مثل الكرة أنَّه لا بُدَّ أن يكون قد بدأ من نقطة واحدة هي مركز الكون، نقطة بدأ عندها الزمن والمكان، وبدأ عندها التاريخ وكلُّ الذرات والجزيئات والمجرات والكواكب والنجوم.

بدأ عندها كلُّ شيء، تمامًا كما قال جورج لوميتر Georges Lemaître.

في ذلك الوقت تكوَّنت أول نظريتين تشرحان بداية الكون.

نظرية الانفجار الكبير Big Bang Theory، ونظرية الحالة الثابتة أو الساكنةSteady State Theory .

فلنفهم معًا ما تتكلمان عنه بالضبط.

***

-٢-

Steady State

تعالوا أولًا نفهم نظرية الحالة الثابتة حتى نتمكَّن من خلالها من فهم نموذج الانفجار الكبير.

تلك النظرية كانت تقول إنَّ الكون ليست له بداية وليست له نهاية.

بمعنى أنَّ الكون أو المادة يتمُّ خلقُهم بصورة مستمرة دائمًا متناسبة طرديًّا مع مقدار اتساع الكون.

بمعنى أنَّه كلما كان الكون يتمدَّد ويتسع فإنَّ المادة Matter يتمُّ خلقُها بصورة مستمرة تغطي ذلك الاتساع، وذلك حتى نصل لنوعٍ من التوازن لا يسمح لكثافة الكون المعروفة أن تقل، وبالتالي يفنى الكون كله. وفي تلك الحالة تكون النظرية قائمة على مبدأ الكون المثالي Perfect Cosmological Principle الذي يقول إنَّ الكون ثابتٌ ومتماثلٌ في أي مكانٍ وأي زمانٍ، بمعنى أنَّه لا يوجد فرقٌ بين مجرَّتنا مثلًا والأجسام الموجودة فيها، ومجرة أخرى تبعد عنَّا ملايين السنين الضوئية، لأنَّ الكون واحدٌ في الحالتين.

وذلك يعني أنَّه رغم أنَّ الكون يتسع، لكنَّ شكلَه لا يتغيَّر طبقًا لمبدأ الكون المثالي، رغم اتساعه إلَّا أنَّ شكلَه لا يتغيَّر ويظلُّ كما هو في جميع الحالات، وكل الظواهر والأحداث التي تحدث فيه في نقطة زمكانية معينة تحدث في نقاطٍ زمكانية أخرى في جميع أنحائه. ودائمًا بقدر اتساعه يتم خلق مادة جديدة في كل لحظة لتتوازن مع ذلك المقدار من الاتساع.

بالضبط كما لو كان لديك كوبٌ من الماء ووضعته تحت الصنبور؛ كلما امتلأ الكوب وبدأ الماء يتساقط منه، بدأت المياه القادمة من الصنبور في أخذ مكانها لتحفظ حالة التوازن. شيء يذكِّرك بقوانين أرشميدس Archimedes.

تلك هي فكرة النظرية الأساسية التي نشرها بوندي Bondi وجولد Gold وهويلHoyle سنة 1948.

حازت تلك النظرية شهرة كبيرة في منتصف القرن العشرين، وكانت المنافس الرئيس لنظرية الانفجار الكبير أو نموذج الانفجار الكبير، حتى بدأت المشاكل فيها تظهر للعيان.

حدث ذلك في منتصف الخمسينيات تقريبًا.

بدأت الملاحظات العملية تؤكّد أنَّ الكون فعلًا يتغير، وليس ثابتًا في كلِّ الأزمنة والأماكن كما افترضت نظرية الحالة الثابتة، كيف؟

مصادر موجات الراديو الساطعة التي في الكون التي يسمونها (الكويزار Quasars) لم يمكننا رصدها إلا في أماكن بعيدة جدًّا في الفضاء العميق Deep Space، معنى أنَّها بعيدة جدًّا في المكان أنَّها بعيدة جدًّا في الزمان أيضًا لأنَّ كلَّ شيء نسبي، هل تذكرون؟

الضوء له سرعة، والسرعة التي يبلغها الضوء حتى يصلنا عبر تلك المسافة السحيقة تستغرق وقتًا طويلًا جدًّا يُقدَّر بملايين السنين الضوئية، إذن معنى ذلك أنَّ الصور التي نرصدها للكون تلك هي في الواقع ماضي الكون وليس حاضره.

وكلما وصلنا بمناظيرنا إلى أبعد كان ما نراه هو الماضي السحيق.

وتلك هي الحالة ها هنا.

لكن لحظة، ما هي تلك الكويزارات Quasars؟

هل تذكرون كلامنا عن الثقوب السوداء؟ عندما قلنا إنَّها تبتلع كلَّ الأجسام والكتل التي تسقط في مجالها ولا تُطلِق طاقة؟ جميل.

في مركز كل مجرة يتواجد ثقبٌ أسود عملاقٌ يسمُّونه Super Massive Black hole، ويكون حجم ذلك العملاق أكبر بملايين المرات من حجم الشمس.

ذلك الثقب الأسود يبتلع كتلًا ضخمة جدًّا جدًّا تفوق قدرته على الاحتمال، وفي بعض الأوقات لا يكون هناك مكانٌ لكل تلك الكتل الرهيبة التي يبتلعها في مركز المجرة، لا يكون هناك مكانٌ لأي شيء آخر، وبالتالي الأجسام التي يبتلعها بعد ذلك تهرب منه وتنطلق بعيدًا في الفضاء.

تنطلق في شكل عمود من الطاقة الصافية يمتد لملايين الكيلومترات والسنين الضوئية، وحجمه يتفوق بمقدارٍ يتراوح بين 10 مرات إلى 10000 مرة على حجم نصف قطر شفارتزشايلد Schwarzschild Radius. وعندها نطلق على تلك الأعمدة من الطاقة الصافية، الخارجة بشكلٍ عمودي على تلك الثقوب السوداء العملاقة في مركز المجرات لقب الكويزارات Quasars.

تلك الكويزارات يتفوق مستوى لمعانها على لمعان أي شيء آخر في الكون، لدرجة أنَّه يتفوق على لمعان مجرة كاملة مثل مجرتنا بنسبه 1:100.

أكثر الأجسام إضاءةً وسطوعًا في الكون كله، لكن طبعًا بسبب بُعدها السحيق في الزمكان؛ لا يمكننا رصدها إلا عن طريق رصد موجات الراديو التي تصلنا منها. لها أنواعٌ عديدة بالمناسبة وليس ذلك النوع فقط، ولكن دعونا منها.

ربما تكلمنا عنها فيما بعد، ولكن فلنعد لموضوعنا الآن.

معنى أنَّ العلماء بملاحظاتهم العملية لم يستطيعوا أن يجدوا تلك الكويزارات إلَّا على أبعادٍ سحيقة جدًّا، وطبقًا للنسبية العامة وأبسط القوانين التي توضح سرعة الضوء، إذن فتلك الكويزارات كانت موجودة في أزمنة بعيدة جدًّا، كانت موجودة عند بداية التاريخ بشكلٍ أكثر وضوحًا.

ومعنى أنَّهم لم يجدوها في أي أماكن قريبة منَّا أنَّها غير موجودة في زمن الكون الحالي أو الحاضر أو حتى القريب، بل هي انتهت وتغيَّرت منذ أزمنة بعيدة جدًّا.

بمعنى أنَّها كانت موجودة في الكون منذ ملايين السنين -عدد السنين يتناسب طرديًّا مع مقدار بُعدها عنَّا- ولكن حاليًّا وفي الكون الحالي هي اندثرت تمامًا وغير موجودة نهائيًّا، في الكون المرئي والمرصود على الأقل.

وتلك كانت أول ضربة لنظرية الحالة الثابتة، لأنَّها كانت تفترض في الأساس أنَّ الكون متشابهٌ وليست له بداية ولا نهاية. وبناءً على ذلك الافتراض فإنه من المفروض أنَّ الأجسام والظواهر الموجودة على أبعادٍ سحيقة في الكون ومنذ أزمنة بعيدة جدًّا يجب أن تكون حولنا في الكون الحالي أيضًا، لا بُدَّ أن تكون موجودة -حرفيًّا- في كلِّ مكانٍ، وذلك هو ما ثبت -علميًّا ونظريًّا- أنَّه غير صحيح، لأنَّ الكون دائم التغيُّر.

وقرابة سنة 1961، كان معظم علماء الفيزياء والفلك في العالم كله مؤمنين بخطأ نظرية الحالة الثابتة إلا فئة قليلة جدًّا كانت ترى أنَّ نتائج الرصد المستخرجة من التلسكوبات محض شكوك، ومن المحتمل أن تكون خاطئة.

حتى حلَّ يوم 20 مايو سنة 1964، وبفضل جهود (أرنو بينزاياس (Arno Penzias و(روبرت وودرو ويلسونRobert Woodrow Wilson) تمَّ اكتشاف الشيء الذي كان بمثابة الضربة القاضية لنظرية الحالة الثابتة.

(خلفية إشعاع المايكروويف الكونيCosmic microwave background Radiation)، أو ما يختصرونه بـ (C.M.B.).

***

-٣-

شيءٌ من لا شيء

في الواقع ، وفي البداية، أكبر مشكلة ومعضلة تجعل فهم نظرية الانفجار الكبير مستعصيًا علينا هي شيء محوري.

كيف يمكن أن يُخلَق شيءٌ من لا شيء؟

كيف يمكن لكونٍ كاملٍ أن ينفجر من العدم؟

لحظة الصفر، تلك هي النقطة الغامضة.

لكن لو استطعنا أن نستوعب تلك الفكرة، سنستطيع فهم ما هو أكثر عن نظرية الانفجار الكبير.

عندما بدأ الزمن والمكان.

عندما بدأت المادة والطاقة.

عندما بدأ كلُّ شيء.

***

تعالوا معي لننظر إلى السماء، نتخيل الكون في أذهاننا، نتخيل كبر حجمه وتمدُّده وتوسُّعه اللا نهائي.

نتخيَّل كلَّ المادة وكلَّ الطاقة الموجودة فيه.

كان هناك عالِمٌ ومبشرٌ عاش قديمًا في بولندا اسمه (نيكولاس كوبرنيكوس Nicolaus Copernicus) قال ذلك الرجل كلامًا مهمًّا جدًّا.

اكتشف مثلًا أنَّ الأرض ليست مركز الكون كما كان الناس يعتقدون وقتها، وطبعًا –مثل كل العباقرة في زمنه في الواقع– سبَّب ذلك له الكثير من المشاكل مع الأوساط العلمية والكنيسة، استمرت حتى وفاته.

يمكن أن يذكِّرنا ذلك بعالمٍ عظيمٍ آخر هو (جاليليو Galileo) الذي وقع في مشاكل مماثلة مع بابا الفاتيكان، مشاكل ليست بسيطة بالضبط.

لكن دعونا من كل ذلك.

كوبرنيكوس هذا كانت لديه رؤية معينة.

تخيل مثلًا لو أنك تملك قوسًا وسهمًا، وأنك تطير في الفضاء.

تخيَّل أنَّك أطلقت السهمَ من القوس، ما الذي سيحدث بعدها؟

السهم سيظل طائرًا في الفضاء حتى يصل لحافة معينة أو يصطدم بشيء.

عندها لا يوجد ما يمنعك أن تطير خلفه وتمسكه مرة أخرى لتطلقه في الفضاء مرة أخرى حتى يصطدم بجسمٍ آخر.

وهكذا، إلى ما لا نهاية. الخلاصة أنَّه بناءً على كلامه فإن الكون ليست له نهاية، بل هو ممتدٌّ بلا حدودٍ.

ولم يعرف أحدٌ مدى صحة ذلك إلا بعدها بفترة.

وذلك يأخذنا لموضوعنا.

تخيلوا معي ذلك الفضاء اللا نهائي الممتد في كلِّ الاتجاهات بسرعة الضوء تقريبًا، من أين جاء ذلك الفضاء الممتد؟

بالضبط، كما قال جورج لوميتر؛ نقطة واحدة، نقطة تفرُّد Singularity .

نقطة الصفر التي بدأ عندها كلُّ شيء.

بدأ عندها الزمان والمكان والكواكب والمجرات والنجوم والذرات والنيوترونات والإلكترونات والباريونات والكواركات.

كلُّ شيء.

نقطة لا نهائية الصغر والكثافة والحرارة.

تلك النقطة صغرها يمكن بلا جهدٍ كبيرٍ أن يسمح لنا باعتبار أنَّها غير متواجدة أساسًا، بمعنى أنَّه قبل تكوُّن الكون كان هناك ما هو أكثر من مجرد فراغٍ، نحتاج إلى كلمة أعظم حتى تصف ما كان هناك.

كان هناك عدمٌ، لا وجود، لا شيء حرفيًّا.

لا فضاء.. لا كواكب.. لا مجرات.. لا وجود حتى للزمن ولا معنى له.

ثم؟ ماذا بعد ذلك؟

فلنتخيل أنَّ الانفجار الكبير ومولد الكون وعمره كله مسجلٌ أمامنا على شريط فيديو.

جميل، تعالوا نعيد ذلك الشريط بالعكس Rewind حتى نصل لنقطة الصفر.

هناك حدٌّ معين يمكن أن نصل له بقوانيننا الفيزيائية الحالية، وبعده تنهار قوانين الفيزياء نفسها وتعجز عن وصف ما حدث قبله. ينهار حتى مفهومنا عن الزمن لأنَّه لا معنى للزمن قبله. لا معنى حتى لكلمة (قبل) أو (بعد).

ذلك الحد هو ما يُسمَّى بـ (حقبة بلانك Planck Epoch)، أو (Planck Era)، نسبة للعالِم العظيم (ماكس بلانك Max Planck).

حتى يمكننا فهم مدى صغر تلك الحقبة لا بُدَّ أن نفهم شيئًا يُدعى (زمن بلانك Planck Time).

ما هذا بالضبط؟

زمن بلانك هو أصغر وحدة معروفة فيزيائيًّا لقياس الزمن. يتكوَّن من جزء من مليون مليون مليون مليون جزء من الثانية، هل يمكنكم تخيُّل الرقم؟

لو حاولنا كتابته رياضيًّا سيكون (10 -43) من الثانية!

جميلٌ. ما الذي كان موجودًا في ذلك الجزء متناهي الصغر من الزمن؟

لا أحد يعرف، ولا يمكن أن يعرف، لأنَّ قوانين الفيزياء كلها كانت متوحدة وقتها، لدرجة أن قوة الجاذبية التي هي تُعتبَر أضعف قوى الطبيعة كانت في قوة القوى الفيزيائية الأخرى، وكان الكون كله عبارة عن نقطة تفرُّد واحدة فقط متناهية الصغر، لا نهائية الطاقة والحرارة والكثافة والجاذبية، نقطة تفرُّد غير مستقرة، غير مستقرة لدرجة أنَّها انفجرت.

وكانت تلك هي لحظة الخلْق؛ قيل له -الكون- كُنْ؛ فكان.

انفجرت نقطة التفرُّد تلك بطاقة أكبر من كلِّ طاقة الكون التي أطلقها منذ ميلاده قبل 13,7 مليار سنة مجتمعة، وبدأ الكون يتمدَّد.

وفي جزءٍ من مليون مليون مليون مليون جزء من الثانية تمدَّد الكون لحجمٍ أكبر من حجم الذرة بمليون مليون مليون مليون مرة. أعرف أنَّ الأرقام ها هنا تدير الرؤوس. ومعلومة على الهامش، ذلك -قطعًا- أسرع من سرعة الضوء!

معنى أنَّه عمليًّا الكون في حقبة بلانك تمدَّد أسرع من الضوء نفسه، وهذا هو أول كسرٍ في عرش قوانين الفيزياء حدث في تلك الحقبة الزمنية الصغيرة جدًّا.

حتى أقرِّب لكم المثال أكثر؛ الكون تمدَّد في جزءٍ من مليون مليون مليون مليون جزءٍ من الثانية الطبيعية من حجم كرة جولف لحجم الكرة الأرضية كلها، هل تتخيَّلون ما حدث؟ هل تتخيَّلون السرعة التي تطلَّبها تحقيق ذلك؟

تلك السرعة في الواقع كانت سرعة طبيعية بالنسبة للكون وقتها، لأنَّ كلَّ شيءٍ وكلَّ ذرة كانت موجودة في الكون كانت قريبة من بعضها ومندمجة ومتداخلة لدرجة دفعت العلماء لابتكار وحدة زمنية جديدة هي زمن بلانك هذا.

حتى يمكنكم فَهْم مدى صغر زمن بلانك، تخيَّلوا معي، وركزوا تفكيركم كلَّه.

الثانية الواحدة التي تمرُّ عليكم وأنتم جالسون تطالعون هذه الصفحات فيها عدد وحدات زمن بلانك أكثر من كلِّ عدد الثواني الموجودة في عمر الكون كلِّه منذ وقت الانفجار الكبير، منذ 13.7 مليار سنة!

رياضيات تدير الرؤوس!

في السنة الواحدة تمرُّ أكثر من 31 مليون ثانية، وعمر الكون هو 13.7 مليار سنة، إذن لو ضربنا 31 مليون في 13.7 مليار سيكون الناتج كبيرًا، كبيرًا أكثر من اللازم، وأعتقد أنَّنا لو جرَّبنا ضربهم على آلة حاسبة فإنها لن تستطيع إخراج الناتج، وسيكون المكتوب Error.

جميل.

تعالوا لنتخيَّل.

في وحدة بلانك الأولى من الثانية، الكون تمدَّد من صغرٍ لا نهائي إلى حجم كرة تنس.

وفي وحدة بلانك الثانية تمدَّد من حجم كره تنس لحجم الكرة الأرضية كلها.

وفي الوحدة الثالثة تمدَّد لحجمٍ أكبر من حجم نظامنا الشمسي كلِّه.

كلُّ ذلك وهو ما زال مجرد عاصفة صغيرة من الطاقة ذات حرارة لا نهائية، حرارة بلغت من قوتِها أنَّها لم تكن تحوي ذراتٍ ولا جزيئاتٍ ولا إلكترونات ولا أي أجسامٍ، مجرد بحرٍ من الطاقة الصافية المنصهرة على بعضِها.

ظلَّ الكون بعدها يتمدَّد بمرور وحدات زمن بلانك، ومع ذلك التمدُّد شديد السرعة كانت الكثافة والضغط يقلَّان تدريجيًّا، حتى قلَّت الحرارة لدرجة معينة سمحت بتكوُّن أوَّل جسيماتٍ ذرية Subatomic Particles .

وتلك كانت أوَّل جسيماتٍ في تاريخ الكون.

في الواقع الكون في تلك المرحلة كان ممتلئًا بشكلٍ متجانسٍ وفي جميع الاتجاهات الكروية بالبلازما، تحديدًا ما يُسمَّى ببلازما الكواركات والجلونات Quark - Gluon Plasma.

بمعنى أنَّه كان ممتلئًا بالجزيئات الأولية التي تكوِّن الباريونات Barions واللبتونات Leptons.

جميل، لكن ما هي تلك الباريونات واللبتونات؟

ذلك حديثٌ طويلٌ.

***

حتى نستطيع فهم ماهية الباريونات Baryons لا بُدَّ أولًا أن نفهم شيئًا آخر، الكواركات Quarks .

ركزوا معي جدًّا لأنَّ الجزء القادم شديد الصعوبة، ولكنَّنا سنحاول تبسيطه قدر الإمكان.

الكواركات هي المكونات الأساسية لما يُدعى بالهيدرونات Hadrons .

تلك الهيدرونات هي الجزيئات الكبيرة من الذرة، وأنواعها كثيرة لن نشرحها كلها لأن هذا ليس درس فيزياء، لكن من أنواعها ما يُسمَّى بالباريونات Baryons.

تلك الباريونات من أمثلتِها البروتونات والنيوترونات التي تكوِّن مركز الذرة.

جميلٌ، إذن معنى ذلك أنَّ تلك الكواركات هي المكون الأساسي لأجزاءٍ معيَّنة من الذرة، هي البروتونات والنيوترونات.

البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات متعادلة الشحنة.

وأيضًا تلك الكواركات هي الجسيمات المادية الوحيدة التي تتأثَّر بجميع القوى الفيزيائية الأربعة مع بعض (وهي القوة الكهرومغناطيسية والجاذبية والتفاعل القوي والتفاعل الضعيف).

إذن معنى ذلك أنَّ البروتونات والنيوترونات، أو أي باريون عمومًا يتكوَّن من كواركات، 3 كواركات بالتحديد.

وكلُّ باريون يتمُّ تكوينُه يتكوَّن معه باريون مضاد Anti-Baryon.

بمعنى أنَّ كلَّ بروتون مثلًا يتكوَّن معه بروتون مضاد شحنته معكوسة.

في الواقع الباريون المضاد يتكوَّن من 3 كواركات مضادة.

هل تذكرون موضوع الأجسام المضادة ذلك؟ الذي هو واحدٌ من افتراضات ميكانيكا الكمِّ التي تمَّ إثباتُها، تكلَّمنا عنه من قبل في المقال السابق.

المهم، في كلِّ ذلك الوقت كنَّا نتكلَّم عن الباريونات التي من أمثلتها البروتونات والنيوترونات، ولكن مما تتكوَّن الإلكترونات؟

الإلكترونات في الواقع هي جسمٌ أولي Primal، وهي إحدى أمثلة (اللبتوناتLeptons).

جميلٌ، تعالوا نفهم أكثر .

هناك نوعان من اللبتونات، أولهما اللبتونات المشحونة Charged Leptons، وتلك معروفة باسم آخر هو (اللبتونات شبيهة الإلكترونElectron-Like Leptons).

واستنتاجًا من الاسم يعني هذا أنَّ تلك اللبتونات المشحونة من أمثلتها الإلكترونات سالبة الشحنة التي لا تتأثَّر بالتفاعل النووي القوي، وهي المكون الأساسي الآخر للذرة، تلك الإلكترونات هي التي -بسبب شحنتها السالبة- تنجذب وتتجمَّع مع الباريونات، التي تنقسم بدورِها إلى بروتونات موجبة ونيوترونات متعادلة، ويكوِّن الاثنان الذرَّة، التي تكوِّن بدورِها أي مادة في الكون. وتلك هي التي يمكن أن نلاحظها.

النوع الآخر من اللبتونات معروفٌ باسم (النيوترين Neutrinos).

ذلك الجسيم يمكن تشبيهه بإلكترون متعادل الشحنة، ليس سالبًا، بل متعادل الشحنة. وبسبب تلك الشحنة المتعادلة فإنَّه لا يتأثَّر بالقوة الكهرومغناطيسية ولا بالتفاعل النووي القوي. وتكون له كتلة طبعًا مثل الإلكترون تمامًا، لكنَّ كتلته هو والإلكترون شديدة الصغر حتى بالنسبة للمستويات الذرية التي نتكلم عنها.

ومعنى أنَّه لا يتأثَّر بالقوة الكهرومغناطيسية التي تربط الجزيئات ببعضها، ولا يتأثَّر بالتفاعل النووي القوي الذي يحفظ تماسك الجزيئات اعتمادًا على الشحنة التي على محيط ذراتها، وذلك لأنَّه متعادل الشحنة، فإنَّ ذلك يعني أنَّه يتأثَّر فقط بالقوى النووية الضعيفة والجاذبية!

وبالنسبة للقوة النووية الضعيفة فمجالها شديد الصغر؛ وبالتالي ليس لها تأثيرٌ يُذكَر عليه. والجاذبية تأثيرها يكاد يكون منعدمًا في المستويات الذرية. إذن معنى ذلك أنَّه -عمليًّا ونظريًّا- لا يتأثَّر بأي قوى فيزيائية!

إذن معنى ذلك أنَّ ذلك النيوترينو يعبُر من خلال أي جسم وأي مادة من دون أن نشعر به، ولا يتأثَّر بأي شيء إطلاقًا كأنَّها ليست موجودة! في الواقع أنَّه حتى وأنت جالسٌ لتقرأ الآن، هناك الملايين من النيوترينو تعبُر من خلال جسدِك وأنت لا تلاحظ!

ذلك النيوترينو يتكوَّن من التفاعلات النووية، وعلى الأخص الانهيار الإشعاعي Radioactive Decay الذي يحدث داخل المفاعلات النووية العملاقة، مثل الشمس.

إذن معنى ذلك أنَّ الشمس في كلِّ ثانية تُطلِق علينا مليارات من النيوترينو تعبُر من خلال كوكبِنا وتظلُّ مسافرة في الفضاء لا يقدر شيءٌ على أن يوقفها. حتى يمكنك أن تتخيل، كلُّ سنتيمتر مربع من الأرض يكون مواجهًا للشمس يعبر من خلاله أكثر من 65 مليار نيوترينو في الثانية الواحدة! أعرف أعرف؛ رياضيات تدير الرؤوس، دعونا من كلِّ هذا.

المهم أنَّ اللبتونات أيضًا يكون لها لبتونات مضادة، بمعنى أنَّه عند إنتاج كلِّ لبتون يتمُّ إنتاج لبتون مضاد معه. وعند تكوُّن الإلكترون يتكوَّن معه (بوزيترون (Positron الذي هو إلكترون مضاد موجب الشحنة.

فكَّروا في الاسم (بوزي - ترون أو(Positive – Tron ترون – موجب.

ولكل نيوترينو يتمُّ إنتاجُه من الطاقة يتمُّ إنتاج نيوترينو مضاد متعادل الشحنة أيضًا.

فكروا في ذلك الاسم أيضًا (Neutral - Trino أو Neu - Trino) نيو – ترينو، ترينو - متعادل.

عقولكم ذابت من التفكير، هه؟

أهنئكم لو استطعتم فَهْم ما شرحناه هنا، لأنَّه يعتبر أساس الفيزياء الجسيمية أو دون الذرية Particle Physics ، التي تُعتبَر من أصعب فروع الفيزياء وأكثرها تعقيدًا.

المهم، قد شرحنا كلَّ هذا حتى يمكننا أن نصل مع بعض لاستنتاج أنَّ كلَّ جسيمٍ من الذرة تمَّ إنتاجه من الطاقة التي تواجدت لحظة الانفجار الكبير، تمَّ إنتاج جسيم مضاد معه.

وما كان يحدث بعد ذلك هو أنَّ الجسيميْن يتصادمان مع بعضهما ويتلاشيان تمامًا.

مثل تلك الحسبة الرياضية البسيطة: واحد + سالب واحد = صفر.

إذن معنى ذلك أنَّه في الحقبة الأولية من زمن الكون أو حقبة بلانك كانت الطاقة اللا نهائية وقتها تنتج تلك الباريونات واللبتونات بشكلٍ لا نهائي، صحيح؟

ومعنى أنَّه يتمُّ إنتاج باريونات ولبتونات أنَّه بالتأكيد يتم إنتاج باريونات ولبتونات مضادة معهم بنفس العدد في نفس الوقت.

إذن طبقًا لذلك وبحسبة فيزيائية ورياضية بسيطة فإنَّ كلَّ تلك الأجسام والأجسام المضادة ستنجذب لبعضها وتنفجر وتتلاشى في اللحظة ذاتها التي ستولد فيها.

إذن معنى ذلك أنَّه لم تكن تلك الجسيمات الذرية ستتواجد من الأساس!

لو كانت قوانين الفيزياء صحيحة في هذه الحالة، إذن فالمادة لم تكن لتتكوَّن بشكلِها الحالي لم يكن ذلك الكون بذراتِه ونجومِه وكواكبِه وأقماره ليكون موجودًا الآن!

إذن فهناك شيءٌ لا نفهمه بالضبط؛ هناك حلقة مفقودة.

***

-٤-

E = mc 2

كما قلنا من قبل، الكون في حقبة بلانك كان يتمدَّد ويتوسَّع بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وذلك كان في مرحلة يسمُّونها مرحلة التضخم الكونيCosmic Inflation . حدثت تلك المرحلة بالضبط بعد نحو (10 -37) من الثانية من الانفجار الكبير، نحو عشر وحدات بلانك تقريبًا.

وكما قلنا، في تلك المرحلة كان الكون كلُّه عبارة عن بحرٍ كبيرٍ جدًّا من الطاقة الصافية، ولم يكن يحتوي على جزيئاتٍ ولا جسيماتٍ بعد.

ثم بدأت البلازما في التكوُّن بعد ذلك، بلازما الكواركات والجلونات Quark - Gluon Plasma .

ذلك معناه أنَّ الكواركات والجلونات (الجلونات بالمناسبة هي الجسيمات المسئولة عن نقل القوة النووية الكبيرة) كانت مضغوطة، وحرارتها كبيرة لدرجة أنَّها كانت مندمجة مع بعضها في صورة بلازما.

ثم بعد ذلك بدأت الحرارة في الانخفاض بنسبة بسيطة، وبدأ تكوُّن الجزيئات الذرية.

معادلة أينشتاين التي يعرفها أي طفل (E = mc2) تقول إنَّ الطاقة تتحوَّل لمادة، والمادة تتحوَّل لطاقة؛ وهذا بالضبط هو ما كان يحدث في أول أجزاءٍ من الثانية في عمر الكون.

كما قلنا، بدأت الكواركات تتجمَّع وتتكوَّن معها كواركات مضادة، وبدأت اللبتونات تتكوَّن سواء كانت إلكترونات أو نيوترينو. وطبعًا بما أنَّه يتم خلق وحدات من المادة إذن فلا بُدَّ أن

يتمَّ خلق وحدات من المادة المضادة معها.

وبذلك بدأ يتكوَّن مع كل باريون باريون مضاد، ومع كلِّ لبتون لبتون مضاد، الأجسام وأجسامها المضادة كانت تظهر في كلِّ وحدة بلانك في كلِّ مكانٍ في الكون وقتها. تظهر وتختفي في نفس اللحظة، تتلاشى مع بعضها بسبب طبيعتها المعكوسة.

وطبعًا بسبب الحرارة والطاقة والضغط شديدي القوة كانت الجسيمات تتحرك بسرعات عملاقة يسمونها السرعات النسبيةRelativistic Speeds . وبسبب نفس الحرارة والضغط والسرعة الرهيبة لم تكن تستطيع الهروب من بعضها، فكانت تتصادم مع بعضها وتنفجر ويحولها ذلك لطاقة. كل جسم كان يتصادم مع جسمه المضاد وينفجر ويتلاشى.

جميل، إذن معنى ذلك أنَّ الكون وقتها كانت تتكوَّن فيه الجسيمات الذرية في كلِّ لحظة وتتدمر بمعدلٍ ثابتٍ وتتحوَّل لطاقة، بالضبط مثلما لو قلت لك (واحد)، وقلت أنتَ لي في اللحظة نفسها (سالب واحد)، إذن سيكون الناتج صفرًا في اللحظة ذاتها.

ثم ماذا؟ يعني ذلك أنَّه لن تتكوَّن أيُّ جسيماتٍ! وأنَّ الكون يتكوَّن ويتلاشى في اللحظة نفسها، لو بقي الأمر كما هو فإنَّه لن يكون هناك كونٌ ولا جسيماتٌ ذرية في النهاية.

إذن ما الذي حدث؟

حدث شيءٌ غريبٌ جدًّا، شيءٌ يُدعى بالـ (باريوجينيسيس Baryogenesis).

عاملٌ مجهولٌ وقوة مجهولة خرقت قانون الرقم الباريونيBaryon Number، وجعلت قدرًا صغيرًا جدًّا جدًّا جدًّا من الكواركات واللبتونات العادية تتكوَّن أكثر من الكواركات واللبتونات المضادة!

عاملٌ مجهولٌ تمامًا ولا نستطيع تفسيره، لذلك العلماء يسمُّون تلك اللحظة بالـ Baryogenesis، بمعنى (خلق الباريونات)!

***

لحظة الخلق، لحظة الحسم، اللحظة التي تقرَّر فيها مصير الكون كله وكل مستقبله ومستقبل الكواكب والنجوم والمجرات .

تلك اللحظة هي اللحظة الحاسمة التي حدثت في واحدة من وحدات بلانك الأولى بعد الانفجار الكبير، اللحظة التي قال فيها الله للكون (كُن)، فـ (كان).

عاملٌ مجهولٌ أو قوة مجهولة لا نعرفها ولا يمكننا استيعابها جعلت الصراع الذي كان يحدث بين المادة والمادة المضادة ينحسم.

كما قلنا، كانت الجسيمات والجسيمات المضادة تتكوَّن من الطاقة الصافية بمعدل ثابتٍ طبقًا لمعادلة أينشتاين ($E = mc2$)، وبكمياتٍ متساوية، وكانت تلك الكميات المتساوية تتصادم مع بعضها وتتلاشى وتعود مرة أخرى لصورة الطاقة الصافية في نفس اللحظة.

لكنَّ تلك القوة المجهولة جعلت المادة العادية الموجبة تتفوَّق على المادة المضادة سالبة الشحنة.

حتى يمكنني إيضاح ما حدث؛ تخيَّلوا معي أنَّه لكلِّ مليار جسيم من المادة المضادة يتم خلقه يتكوَّن على الناحية الأخرى مليارٌ وواحدٌ من المادة الطبيعية العادية! هل تستوعبون عظمة الخلق؟

كلُّ جسيمٍ إضافيٍّ متبقي من المادة ينجو من التحوُّل لطاقة في كلِّ أنحاء الكون، وبمعدلات لا نهائية.

ذلك الجسيم الإضافي من المادة الذي يتكوَّن مع فناء كلِّ مليار جسيم من المادة والمادة المضادة هو الذي خُلِقَ منه الكون كلُّه بكلِّ الجسيمات الذرية الموجودة فيه! وكلُّ الكواكب والنجوم والمجرات والنيازك والمذنبات والأقمار والغازات!

كلُّ ذلك من جسيمٍ إضافيٍّ واحدٍ فقط!

تلك هي عظمة الخالق.

تلك الجزيئات الناجية التي بدأت تتكوَّن هي كل شيء نعرفه بعد ذلك مع مرور الوقت؛ تكوَّن منها كوننا، وكلُّ شيءٍ نراه عندما ننظر إلى السماء أو الأرض، أو أي ركنٍ تقع عليه أعيننا.

تكوَّنت منها حياتنا، أحلامنا، طموحاتنا، أفكارنا.

كلُّ شيءٍ.

كلُّ شيءٍ من لا شيء.

عدم، إلى حياة.

لا وجود، إلى نظامٍ وفوضى.

وكلُّ ذلك حدث وقتها.

في اللحظة الأولى.

***

-٥-

ما بعد زمن بلانك

بعد المعركة، كان الكونُ يعجُّ بالجسيمات الذرية الأولية.

بعد الإبادة الجماعية التي حدثت لجسيمات المادة المضادة، تبقَّت جسيماتٌ أولية من المادة العادية التي نعرفها.

وعندها جاء وقتُ بناء الكونِ.

كانت الحرارة عالية جدًّا وقتها، وكان التوسُّع في الفضاء والمساحة يحدث بسرعة مذهلة أكبر من سرعة الضوء.

المساحة نفسهاSpace كانت تُخلق وتحلُّ محلَّ العدم .. الفراغ نفسُه كان يتكوَّن! وداخله كان يوجد حساءٌ ساخنٌ من الجسيمات الأولية ذات السرعات غير الممكنة الاستيعاب -وهي التي يسمُّونها السرعات النسبيةRelativistic Speeds - وحرارتُها شديدة السخونة.

عندما كان عُمر الكون ثانية واحدة كانت الجسيمات الموجودة فيه مختلفة تمامًا عمَّا نراه اليوم.

لم يكن قد خُلِقَ بعد أيُّ شيءٍ حولنا يمكننا التعرُّف عليه، لم تكن هناك حتى ذراتٌ.

ولكن بعدها بدأ كلُّ ذلك يتغيَّر.

الحرارة بدأت تقلُّ حتى وصلت لنحو مليار أو ألف مليون درجة كلفينية، وبعدها بدأت سرعة تلك الجسيمات الأولية تقل وتقل.

السرعات النسبية العالية جدًّا للجسيمات بدأت تنخفض ومعها بدأت الجسيمات الأولية (التي هي النيوترونات والبروتونات) تتجمَّع مع بعضها وتكون أنوية الذرات.

أول نواة تكوَّنت كانت نواة الهيدروجين، أبسط عنصر ذري معروف في الكون.

وبعدها، في خلال الثلاث دقائق الأولى من عمر الكون، بدأ الاندماج بين النيوترونات والبروتونات الذي حدث بسبب انخفاض السرعة يكوِّن أنوية عناصر أخرى؛ الهيليوم والليثيوم.

تلك هي المرحلة التي يُسمِّيها نموذج الانفجار الكبير بالـ Big Bang Nucleosynthesis أو مرحلة "تكوُّن الأنوية".

في كلِّ ركنٍ من ذلك الكون المتوسع كانت تتكوَّن الأنوية، أنوية فقط، بمعنى بروتونات ونيوترونات فقط. ولم تكن الإلكترونات قد اندمجت معها بعد، بسبب أنَّ الحرارة كانت عالية جدًّا، ولم تكن قد قلَّت بالحدِّ الكافي الذي يسمح لسرعة الإلكترونات بالانخفاض لدرجة تسمح باندماجها مع الأنوية.

كما نعرف جميعًا، حجم الإلكترون صغيرٌ جدًّا بالمقارنة مع أحجام البروتونات والنيوترونات على المستوى الذري، ولذلك فإنَّ الحرارة تؤثِّر فيه بشكلٍ أكبر، ولذلك أيضًا يحتاج لوقتٍ أطول حتى يمكن لسرعته النسبية أن تقلَّ للحدِّ الكافي الذي يسمح له بالاندماج مع الأنوية وتكوين الذرة.

وقت أطول من اللازم.

في الواقع ذلك الوقت كان قرابة 379000 سنة!

فترة طويلة، صحيح؟

لكن في النهاية، وبعد كلِّ الوقت الذي استغرقته الإلكترونات حتى يمكن لسرعتها أن تقلَّ، بدأت تندمج مع الأنوية، ومع اندماجها لتكوين ذرات الهيدروجين أنتجت إشعاعًا ضخمًا في كلِّ مكانٍ من الكون ناتجًا من ذلك الاندماج النووي الحادث.

وانطلق ذلك الإشعاع عبر الكون مسافرًا في كلِّ مكانٍ حرفيًّا.

مسافرًا حتى التقطه عالمان شابان من نيو جيرسي بعدها بـ 13.7 مليار سنة.

ذلك هو الإشعاع الذي تكلمنا عنه من قبل، إشعاع المايكروويف الكونيCosmic Microwave Background Radiation أو C.M.B.

هل تذكرون؟

***

"حتى حلَّ يوم 20 مايو سنة 1964، وبفضل جهود (أرنو بينزاياس Arno Penzias) و (روبرت وودرو ويلسونRobert Woodrow Wilson) تمَّ اكتشاف الشيء الذي كان بمثابة الضربة القاضية لنظرية الحالة الثابتة.

(خلفية إشعاع المايكروويف الكونيCosmic microwave background Radiation)، أو ما يختصرونه بـ (C.M.B)"

***

حدث الأمرُ كلُّه بالصدفة.

كانا في ذلك اليوم يمارسان عملهما بمنتهى التركيز، عملهما الذي كان التقاط إشارات الراديو المنبعثة في أنحاء المجرة كلها. لكنَّ المشكلة كانت في أنهما عندما يوجهان المستشعرات أو الـ Sensors التي يستعملانها إلى أي مكانٍ، فإنَّها كانت تلتقط صوتَ هديرٍ غريب المصدر.

في البداية ظنَّا أنَّ معداتهما بها مشكلة، يمكن على سبيل المثال أن يكون طائرًا أو حيوانًا قضى حاجته فوق هوائي الراديو، ولذلك يلتقط الأخير صوت الهدير الغريب هذا. كان الأمر محتملًا ولا يمكن تجاهله.

خرجا وقاما بإصلاح الهواء وتنظيفه، وجرَّبا مرة أخرى ليلتقطا نفس الصوت، وعندها أدركا أنهما أمام اكتشافٍ أسطوريٍّ.

وقتها قال أحدهما للآخر تعليقًا شديدَ الطرافة، قال إنهما اكتشفا شيئًا من اثنين لا ثالث لهما، إما تأثير فضلات الطيور، وإما سرَّ الخلق!

ويا لَفرحتهما عندما تأكَّدا أنهما فعلًا اكتشفا الدليلَ الحي على صحة نظرية الانفجار الكبير. طبعًا جائزه نوبل التي تقاسماها معًا كانت أقلَّ تقديرٍ يمكن أن يتمَّ تكريمهما به؛ فقد كانت تلك واحدة من أكبر الخطوات في طريق العلم في القرن العشرين.

ولكن لحظة ...

تعالوا لنرجع معًا في الزمن إلى الوراء، نعود نحو 13.7 مليار سنة.

ما الذي حدث في الكون بعدما بدأت الإلكترونات السالبة في الاندماج مع الأنوية الموجبة لخلق ذرات متعادلة في الكون؟

ما الذي حدث بعد تكوُّن الذرات؟

حدثت الألعاب النارية.

***

تخيل معي ذلك المشهد القادم:

أنت تطير مسافرًا عبر الفضاء، تطير منذ نحو 13.7 مليار سنة في الماضي.

ما الذي تراه؟

نجومًا؟ لا، غير صحيح.

لم يكن هناك أيُّ شيءٍ.

كيف؟

دعني أخبرك.

بعد اندماج الإلكترونات مع الأنوية وتكوُّن الذرات كان الكون غيرَ مرئي!

كيف؟ لأنَّه لم تكن هناك ذراتٌ أصلًا!

كانت هناك أجزاءُ الذرات فقط، وليس الذرات نفسها.

إذن ما تراه أنت أمامك الآن هو مجرد سحابة شفافة لونها لبني مثل اسم مجرتنا، الطريق اللبنيMilky Way ، ألا يذكرك هذا بشيء؟ لا بُدَّ أن يقرع بعض الأجراس.

بالضبط، هذا هو شكل الكون كلِّه قبل 13.7 مليار سنة، لحظة البداية.

مجرد سحابة شفافة لبنية اللون مليئة بالشرارات الكهربية الناتجة عن الاندماجات النووية التي تحدث.

وبعدها؟

بعد تكوُّن ذرات الهيدروجين، وبعدها الهيليوم، وبعدها -بشكلٍ أقل- الليثيوم، بدأت سحبٌ من تلك الغازات في التكوُّن، ثم بدأت تلك السحب في التجمُّع مع بعضِها، ومع تجمُّعِها وزيادة كتلتها بدأت تكتسب كثافة.

ومع الكثافة بدأ وزنُها يزيد، وجاذبيتها تزيد، فبدأت تجذب لها سحبًا أخرى من غازاتٍ أخرى، وتدور حول مركزها في شكل دوامة كونية مهيبة وهي تجذب المزيدَ والمزيدَ من سحب الغازات.

هل ترى المشهد؟

هل ترى ما يحدث؟

ركِّز في المشهد القادم، لأنَّه أروع وأجمل مشهدٍ كوني يمكن أن تراه في حياتك، لحظة مولد أول نجوم في عمر الكون، لحظة مولد الضوء ذاتِه.

فجأة ودون سابق إنذارٍ، انفجرت من وسط ذلك الظلام الكوني المهيب ملايين الأضواء النابعة من ملايين النجوم التي وُلدت في اللحظة نفسها.

أكبر وأروع مشهد ألعاب نارية يمكن أن تراه في حياتك.

في كلِّ نقطة في الكون كانت هناك شمسٌ تسطع وتشعُّ نورَها وضوءها فجأة.

فجأة، الكون المظلم أصبح مضيئًا بملايين النجوم، وأنت تسبح بداخله لفترة طويلة للغاية.

وفي زمنٍ ما، ومكانٍ ما من الكون الواسع، بدأت سحبٌ وكتلٌ صغيرة من الغازات والأتربة تتجمَّع مع بعضِها وتجذب لها المزيدَ من السحب والغازات.

حتى وُلِدَت شمسٌ صغيرة دافئة، مألوفة لنا جميعًا.

وبعدها بدأت الكواكب في التكوُّن، والانفجار، والتصادم والاندماج، حتى جاء كوكبنا؛

ومعه وُلدنا جميعًا، وتحدَّدت حيواتنا ومصائرنا.

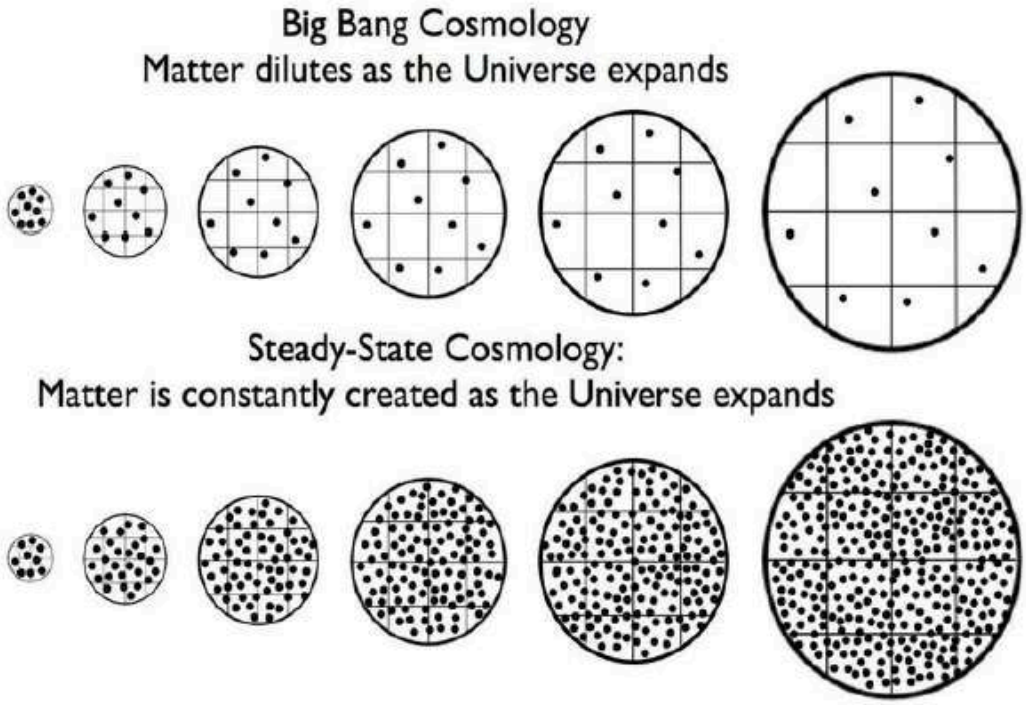
كل شيء يجعلنا بشرًا.

الذرات التي في أجسامنا، المجوهرات التي نلبسها، الماء الذي نشربه.

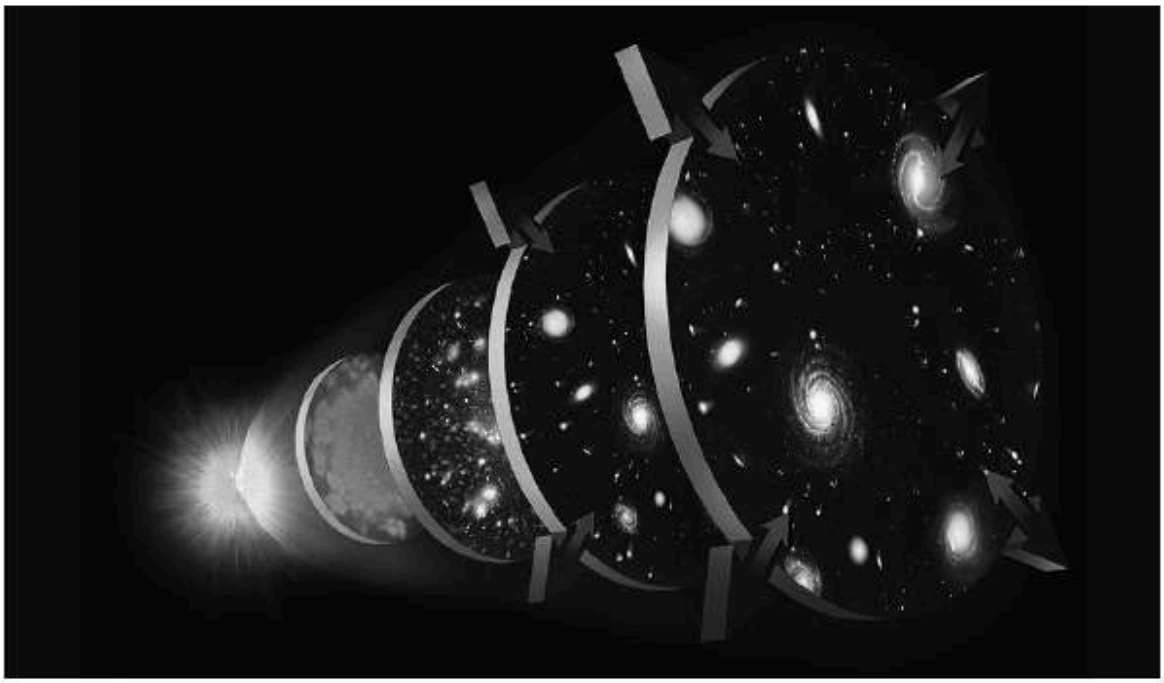
كلُّ الأشياء التي خلقتْ حياتَنا بكلِّ ما فيها من أحداثٍ، كلُّ شيء نتخيله مهما كان، كلُّ ذلك بدأ منذ 13.7 مليار سنة.

عند زمن بلانك.

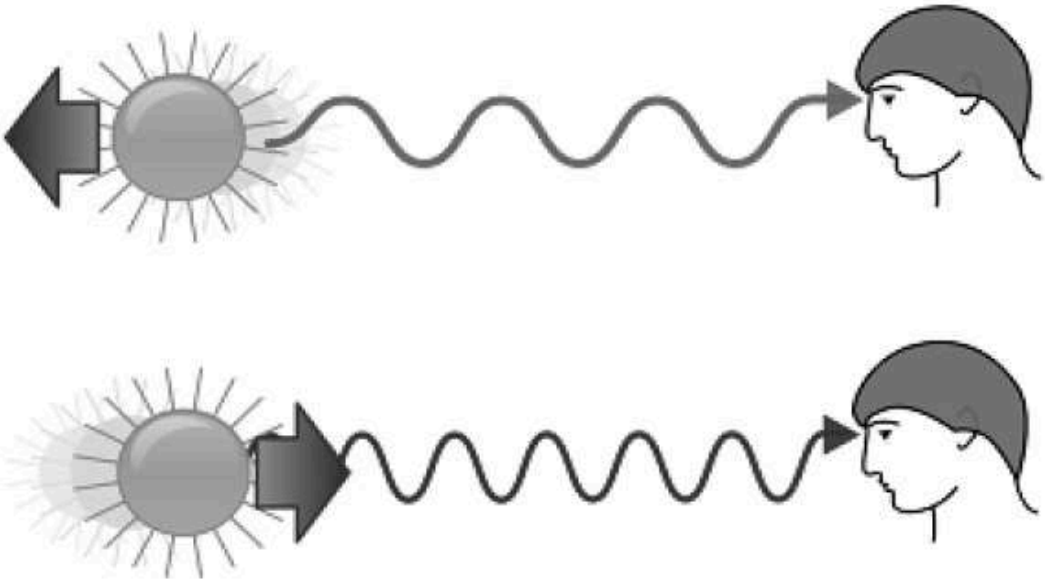
***



توضيح للفرق بين نظرية الحالة الثابتة ونظرية الإنفجار الكبير

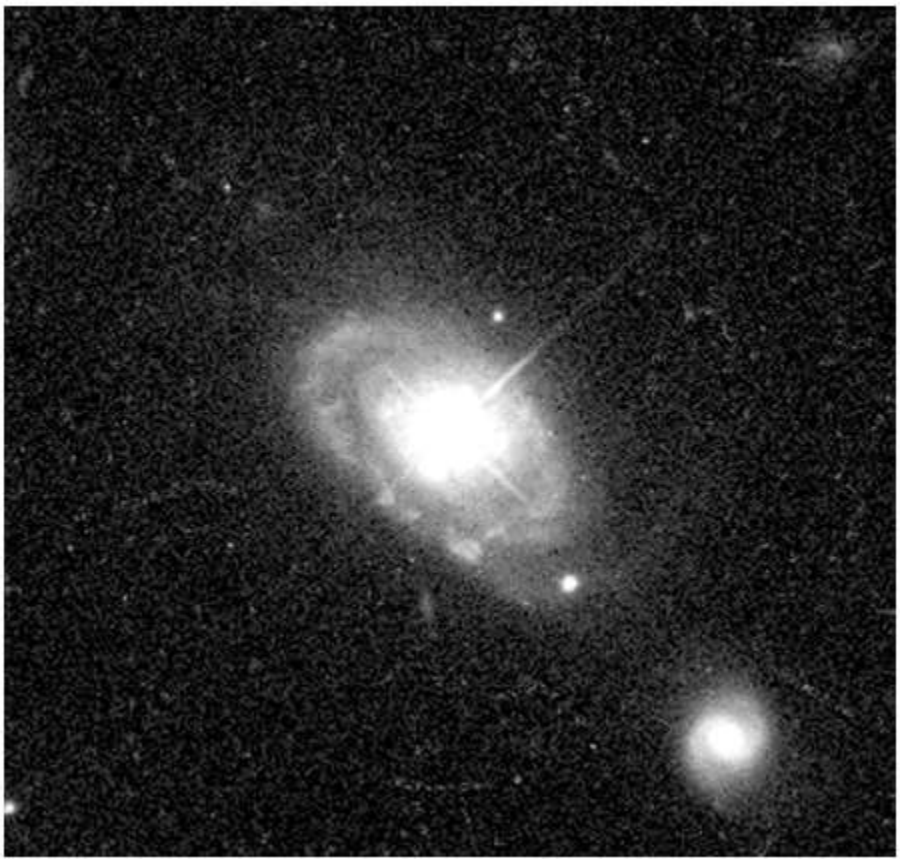


شكل توضيحي لمراحل تكون الكون الحالي في نظرية الإنفجار الكبير.

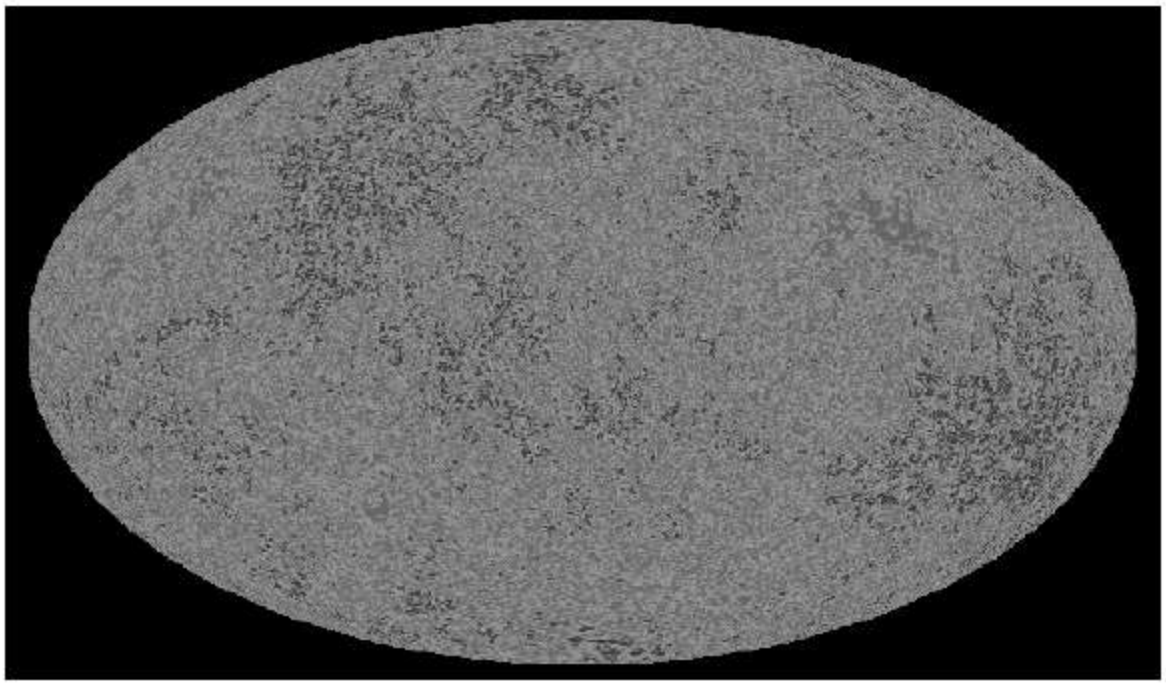


شكل توضيحي للفرق بين الإنزياح للأحمر والإنزياح للأزرق

شكل بالجرافيك للكويزار



صورة حقيقية للكويزار GP 2500+152 الواقع على بعد 1.4 ألف مليون سنة ضوئية من كوكب الأرض تم التقاطها بتليسكوب هابل الفضائي epocseleT ecapS elbbuH



شكل الكون بخلفية إشعاع المايكروويف الكوني أو الـ BMC

-٨-

نور وظلام

Light & Darkness

تمهيد

الكون.

الشيء الوحيد الذي كلما ظننَّا أنَّنا فهمنا فيه شيئًا، اتَّضح بعدها أنَّنا لا نفقه أيَّ شيء على الإطلاق.

الكون يتمدَّد من قرابة 13.7 مليار سنة.

لكنَّ هناك شيئًا ما.

شيئًا غريبًا.

الملاحظات العلمية والنظرية كلُّها تؤكد أنَّ الكونَ تمدَّد في النصف الأخير من عمرِه أكثر بكثيرٍ من النصف الأول!

هذا يعني أنَّ سرعته تتزايد! فكيف؟!

هذا هو موضوعنا ها هنا.

***

-١-

نور

في خلال ال 13.7 مليار سنة منذ الانفجار الكبير تكوَّنت المجرَّات.

وامتلأت تلك المجرات بالنجوم والكواكب والأقمار.

وفي خلال تلك الفترة كلها، الكون كان يتوسَّع حتى وصل لحجمٍ خياليٍّ لا يمكننا استيعابه.

نحن الآن نعرف أنَّ الكونَ حجمه على الأقل 150 مليار سنة ضوئية! وما زال يتوسَّع.

في الواقع، الكون يمكن أن يكون لا نهائي، يمكن حرفيًّا أن يظل يتوسَّع إلى ما لا نهاية.

المشكلة أنَّ الموضوع صعب التخيُّل. الكون يمكن أن يكون لا نهائي، بمعنى أنَّ له بداية ولكن ليس له نهاية. ولا يوجد شيءٌ خارج مجاله، ولا مفهوم لتعبير (خارجه) في الأساس.

يعني ذلك أنَّه سيظلُّ يتمدَّد إلى الأبد والمساحة ستظلُّ تُخلَق إلى الأبد، ومن الممكن أيضًا أن يكون مغلقًا على نفسه.

بمعنى مثلًا أنَّه مثل الدائرة في الهندسة ثنائية الأبعاد، هناك مقولة شهيرة لا أذكر نصَّها تفترض باختصارٍ أنَّك لو نظرت بعيدًا في اتجاهٍ معينٍ، وبافتراض أنَّ نظرَكَ ثاقبٌ فإنَّك سترى ظهرك وأنت تنظر إلى الأمام. يذكرك هذا بالدائرة بشدة؛ لو رسمتَ خطًّا على إطارها بقلمٍ رصاصٍ، فإنَّ نقطة بدايتك ستكون هي نقطة نهايتك نفسها، كالحلقة المفرغة.

لو أخذنا تلك الدائرة ووضعناها في منظورٍ ثلاثي الأبعاد، فعلامَ سنحصُل؟

بالضبط، كرة. ولو أضفنا لتلك الكرة بُعدَ الزمن الرابع، فإنَّه ستتكوَّن لدينا صورة تخيلية لكونٍ منغلقٍ على نفسِه، كون نقطة بدايته أو الانفجار الكبير هي مجرد نقطة في إطاره أو سطحه الخارجي أو مساحته في فضاء رباعي الأبعاد، وبدايته هي نهايته نفسها.

صورة غريبة بعض الشيء، وتحتاج إلى تفكيرٍ عميقٍ.

هل الانفجار الكبير أنتج كونًا لا نهائيًّا؟ بمعنى أنَّه يتوسَّع للأبد؟ يمكن أن لا نعرف إجابة ذلك السؤال في حياتِنا كلها، لكن ما نعرفه بشكلٍ مؤكَّدٍ هو أنَّ الانفجار الكبير لم ينتهِ بعد، بمعنى أنَّ الكون ما زال يُخلَق حتى الآن! وما زال يتمدَّد، عملية الانفجار مستمرة.

وواحدٌ من أكثر الاكتشافات غرابةً وغموضًا في السنوات الأخيرة هو اكتشافنا أنَّ الكون سرعته في التمدُّد لا تقل كما كنَّا نظنُّ طبقًا لقوانين الجاذبية ومعادلات أينشتاين Einstein ونيوتنNewton ، بل إنَّ سرعته في الواقع تتزايد!

كما نعرف جميعًا الكتلة وكثافتها هما اللتان تخلقان الجاذبية في الفضاء أو الزمكانSpacetime طبقًا للنسبية العامةGeneral Relativity ، وذلك يعني أنَّ كتلَ وكثافات تلك المجرات والكواكب والنجوم التي في الكون لها وزنٌ كبيرٌ وثقيلٌ جدًّا لا بُدَّ في يومٍ من الأيام أن يبدأ في خفض سرعة تمدُّد الكون، التي نشأت أصلًا من الطاقة الرهيبة التي نتجت عن الانفجار الكبير. حتى لو لم نرصد ذلك التباطؤ التدريجي في سرعة التمدُّد فإنَّه من المفترض -نظريًّا- أنَّه يتباطأ طبقًا لأبسط القوانين الفيزيائية.

تعالوا نبسِّط الأمرَ أكثر بمثالٍ، تخيَّل معي أنَّك تقف وأمامك سيارة صغيرة، تخيَّل أنَّك تريد أن تدفع تلك السيارة عبر طريقٍ صاعدٍ بقوة جسدِكَ فقط، ما الذي سيحدث؟

بالضبط، فور أن تبدأ في دفعِها سيكون جسدك وعضلاتك قد بذلا طاقة مبدئية كبيرة جدًّا حتى يتمكَّنا من تحريك السيارة من وضعِها الساكن، وإدخالها في مرحلة الحركة Motion State، وبعد أن تبدأ السيارة في التحرُّك سيكون من الأسهل نسبيًّا دفعها. وعندها ستبدأ

في الدفع بقوة أكبر وأكبر، حتى يمكنك التغلُّب على قوة الجاذبية التي تحاول جذب السيارة للأسفل، وأنت تستهلك طاقة جسدك، حتى تقلَّ طاقة جسدك وتتعب ولا تعود قادرًا على مواصلة الدفع، عندها ستتركها وتبتعد عن طريقها، وماذا سيحدث؟

بالضبط، ستتوقف السيارة تمامًا للحظة، ثم تعمل قوانين الجاذبية الطبيعية بعد زوال العامل المؤثِّر (الذي هو أنتَ وقوة جسدك) وتبدأ السيارة في السقوط إلى الخلف مرة أخرى لأنك كنتَ تدفعها على طريقٍ صاعدٍ.

هل تتخيَّل معي؟ جميلٌ جدًّا.

طبِّق ذلك على الكون. تخيل أنَّ الكون هو تلك السيارة، وأنَّ جسدَكَ والطاقة التي بذلها هو الانفجار الكبير والطاقة التي نتجت عنه.

تلك الطاقة ستظلُّ تدفع الكون للتمدُّد مقاوِمة قوة جذب نقطة مركز الانفجار، وذلك حتى حدٍّ معين تنتهي عنده تلك الطاقة تمامًا، وعندها سيكون من الصعب جدًّا عليها دفع الكون كلِّه بكلِّ مجراته وكواكبه ونجومه وأقماره التي يحويها، حتى تجيء اللحظة الحتمية ليتوقف التمدُّد تمامًا، ويضحى الكون ثابتًا.

بالضبط كما تخيله أينشتاين سنة 1917، عندما قام بوضع نظرية النسبية العامة General Relativity ، وبعدها اكتشف أنَّه كان مخطئًا بشدة عندما رصد إدوين هابلEdwin Hubble الانزياح الأحمر Redshifting للمجرات، وأنها في الواقع تبتعد عنَّا، وأنَّ الكون في توسُّعٍ مستمرٍّ. تكلمنا عن كلِّ ذلك من قبل في المقال السابق، فلن نشرحه من جديدٍ.

المهم، أقول إنَّ الكون سيأتي عليه وقتٌ ويضحى ثابتًا، لكن هل سيظل على تلك الحالة؟ الإجابة هي كلا بالطبع، لا شيء يظلُّ على حالِه في ذلك الكيان الفريد.

نحن متفقون على أنَّ الكون هو عبارة عن زمكانSpacetime ، وأنَّ الزمن نفسه خطي، بمعنى أنَّه كلما كان الجسم بعيدًا عنَّا في المكان كان بعيدًا في الزمن أيضًا. تذكَّروا شرحنا

للنسبية جيدًا.

جميلٌ، تعالوا إذن نتخيَّل الزمن كخطٍّ، مثل هذا
(_____).

تعالوا لنعتبر أنَّ بداية الخط هي نقطة الانفجار الكبير الذي هو ما زال يحدث حتى الآن زمكانيًّا، وأنَّ نهاية الخط هو مكاننا نحن الآن، والمدى الذي وصله الكون في التوسُّع.

نهاية الخط بناءً على ذلك ستكون الكون في مرحلة التوسُّع الحثيث جدًّا، والذي يليه مباشرة الثبات، بمعنى أنَّ الكون ثابتٌ في نهاية الخط.

جميلٌ، انظر إلى الخط جيدًا، وركز معي.

نقطة الانفجار الكبير -التي هي على أول الخط أو بدايته- هي النقطة التي جاءت منها كلُّ المادة وكلُّ الكون الذي نعرفه، نحن نتفق على ذلك.

معنى ذلك أنَّ كتلتها وكثافتها وبالتالي وزنها أكبر بكثير جدًّا من وزن الكون الثابت كلِّه -الذي هو على نهاية الخط- والدليل أنها ما زالت تخلق المساحة حتى الآن، وذلك بالتالي يعني أنه عند توقف الكون عن التمدُّد فإنَّه لا بُدَّ أن ينجذب لنقطة البداية من جديد، أليس كذلك؟

حتى نقرِّب الأمر بمثالٍ، تخيلوا معي أنَّ ذلك الخط الذي رسمناه مائلٌ بعض الشيء إلى اليسار بسبب شخص يضغط بيده على طرفه الأيسر، وأنَّ فوق طرفه الأيمن قطعة كبيرة من الحديد. قمنا نحن بعدها بوضع كرة صغيرة عليه، وتخيلنا أنَّ تلك الكرة ترمُز لتوسُّع الكون.

طالما كان الخط مائلًا نحو اليسار، ستظل الكرة تتدحرج نحو اليسار، وسيظل الكون يتوسع، حتى يرفع الشخص يده الضاغطة على الطرف الأيسر، وتنتهي الطاقة التي تجعل

الخط مائلًا نحو اليسار، وعندها سيعود الخط إلى حالة الاستقامة للحظة، وتتوقف الكرة عن التدحرج، والكون عن التوسُّع، ثم -بسبب وجود قطعة الحديد الكبيرة على الطرف الأيمن، التي ترمز لكتلة وكثافة مركز الانفجار الكبير والكون- يميل الخط نحو اليمين، وتبدأ الكرة في التدحرج عائدة إلى اليمين، بمعنى أن الكون ينهار جاذبًا نفسه إلى نقطة البداية مرة أخرى!

شيءٌ يذكرنا بمولد النجوم وموتها بسبب انتهاء الوقود الهيدروجيني، ويجعلها ذلك تنسحق تحت تأثير جاذبيتها الخاصة. شرحنا ذلك من قبل في المقال الخامس، الجاذبية تفوز دومًا.

إذن -طبقًا لما سبق- الكون سيبدأ في الانهيار على نفسه، حتى يعود لنقطة البداية -أو مركزه ونقطة الانفجار الكبير- مرة أخرى، وبالتالي يحدث خللٌ جديدٌ يؤدي لانفجارٍ كبيرٍ آخر يخلق كونًا جديدًا، يبدأ بدوره في التوسُّع حتى تنتهي طاقته، وبالتالي يبدأ في الانهيار على نفسه عائدًا لنقطة البداية مرة أخرى، وهكذا.

بالضبط مثل النبضاتPulses .

يمكن طبقًا لذلك الافتراض أن يكون كوننا هو مجرد واحدٍ من الأكوان العديدة التي تكوَّنت بنفس الكيفية.

فكرة رهيبة ومعقَّدة وليست سهلة الاستيعاب، ولكن طبقًا لقوانين أينشتاين والنسبية وتعريفها الدقيق للجاذبية كنَّا نظنُّ ذلك جميعًا.

حتى وقتٍ قريبٍ.

***

تعالوا نتفق على شيء.

لا شيء في العلوم كلها يحيِّرنا ويشعرنا بالغباء والعجز والغموض كلما اكتشفنا فيه شيئًا جديدًا أكثر من الفيزياء، وبالخصوص الفيزياء الكونية Astrophysics.

أيام أينشتاين Einstein ونيلز بور Neils Bohr ونيوتن Newton وهايزنبرج Heisenberg كانت بمثابة عصر النور والضوء في علوم الفيزياء، لأنَّ علمنا فيها كان محدودًا، ووضعونا هم على بداية الطريق.

تخيل مثلًا أنك تنظر إلى ذرة رمال، أنت في عقلك تعرف أنك تنظر إلى ذرة رمال، وتشعر بالعلم وبأنك متطورٌ وذكيٌّ لأنك تعرف أن تلك ذرة رمال.

لكن ماذا لو بدأت تنظر بعمقٍ أكثر، وتقترب أكثر من ذرة الرمال تلك؟

ماذا لو بدأت تغوص وتتعمَّق في العلم حتى تقرب أكثر من الحقيقة؟

ستجد عندها أنَّ الأمور تعقَّدت وبدأت تتشابك بشكلٍ كبيرٍ وقت أن تبدأ في الاقتراب من ذرة الرمال تلك فإنك ستكتشف أنها ليست صلبة كما كنت تعتقد.

بل هي تتكون من إلكترونات ونيوترونات وبروتونات.

وكلما غُصتَ أكثر تعقَّدت الأمور أكثر، لأنَّك في الواقع ستعرف أنَّ تلك الإلكترونات والنيوترونات والبروتونات تتكوَّن بدورها من لبتونات وكواركاتLeptons &Quarks.

وماذا لو غُصتَ أكثر؟

ستعرف أنَّ مكون كل ذلك هو الطاقة، حسب معادلة أينشتاين E = mc2.

وماذا لو غصتَ أكثر وأكثر وأكثر؟

ماذا لو تعمَّقت بنظرِكَ إلى ما لا نهاية؟

ستكتشف أنَّك فعلًا لا تعرف أي شيء، وأنَّ الله فعلًا من رحمته بنا أنه جعلنا لا ندري إلا أقل القليل، بل وأقل من ذلك، لأنَّ عقولنا غير مؤهلة لاستيعاب كل ذلك.

ولو حاولنا، سنقترب من الجنون بسبب كثرة العلم الذي لا تقدر عقولنا على استيعابه، تلك أصبحت قاعدة:

كلما تعمَّقنا أكثر في الفيزياء؛ اكتشفنا أنَّ عِلمَنا قليلٌ جدًّا، وأننا لا ندري حتى ربع الحقيقة.

وتدريجيًّا يبدأ نور العلم الذي في عقولنا في الخفوت حتى ينطفئ تمامًا.

ويبدأ عصر الظلام والغموض.

وموضوع تمدُّد الكون هذا هو خير مثالٍ على ذلك.

***

-٢-

ظلام

1998.

كانت تلك هي السنة التي تلقَّت فيها مفاهيمُنا صدمة كبيرة جدًّا.

في ذلك الوقت، مرصد هابل الفضائي Hubble Space Telescope أو (HST) اكتشف من خلال متابعته لانفجارات السوبر نوفا (أو التي يسمُّونهاSupernovae) البعيدة جدًّا أنَّ الكون -منذ زمنٍ بعيدٍ جدًّا- لم يكن يتمدَّد بمعدلٍ أسرع مما نراه الآن كما كنَّا نظن!

بل بالعكس.

اكتشفوا أنَّ سرعة تمدُّد الكون منذ زمنٍ بعيدٍ كانت أقلَّ بكثيرٍ من سرعة تمدُّده في زمنِنا الحالي!

بمعنى أنَّ سرعته لا تقل بسبب تأثير الجاذبية الشديد عليه كما كانت تعتقد كل عقول الفيزياء في العالم وقتها، بل هي تزيدAccelerating في الواقع.

صدمة كبيرة جدًّا حدثت وقتها في الأوساط الفيزيائية، لا أحد كان يعرف كيف يفسر ذلك.

لم يكن يتوقع أحدٌ ذلك، ولم يستطع أحدُهم تفسيره، ولكنه كان حقيقيًّا، وكان يسبِّبه شيء ما، شيء غامض.

تخيل أنَّك طوال حياتك كنت تدرس قوانين فيزياء معينة، وتنبهر بها، وتعطيك أدق النتائج على مستوى الكون كلِّه، ثم فجأة وبلا مقدماتٍ اكتشفت في داخل نفس الكون الذي

تستخدم قوانينك تلك لأجل استكشافه شيئًا قَلَبَ قوانينك كلها رأسًا على عقب، شيئًا غير متوقع إطلاقًا، يمكن أن يذكرنا بعض الشيء باكتشاف الثقوب السوداء Blackholes.

نفس الصدمة بالضبط.

كيف يمكن أن تتزايد السرعة ؟!

ذلك يخالف أبسط قوانين الجاذبية والميكانيكا التي تمَّ اكتشافُها بداية من زمن نيوتن Newton، وانتهاءً بأينشتاين Einstein!

ظلَّ الفيزيائيون يفكرون كثيرًا جدًّا، حتى توصَّلوا لثلاثة أنواعٍ، أو ثلاثة تفسيراتٍ مختلفة للموضوع.

يمكن أن يكون ذلك واحدًا من التأثيرات المذكورة في واحدة من افتراضات أينشتاين غير المهمة وغير المطروقة منذ زمنٍ بعيدٍ، افتراض يتكلم عن ما يُدعى بـ (الثابت الكوني Cosmological Constant).

أو هو نوعٌ غريبٌ من الطاقة شبه السائلة Energy-Fluid يملأ الفضاء كله.

أو ربما كانت هناك غلطةٌ ما في نظرية أينشتاين عن الجاذبية، أو النسبية العامة General Relativity ، وربما كنَّا بحاجة إلى نظرية جديدة تصف حقل طاقة من نوعٍ ما هو الذي يؤدي لذلك التسارع الكوني الغامض.

الفيزيائيون النظريون حتى الآن لا يفقهون حلًّا، ولا يعرف أحدهم إجابة لتلك الأسئلة، ولكنَّهم أطلقوا على ذلك الحلِّ المنتظَر اسمًا فريدًا يعبِّر عن شعورِهم ببلاغة مطلقة، اسم (الطاقة المُظلِمة Dark Matter).

***

الذي لا نعرفه عن ذلك الأمر أكثر بكثيرٍ جدًّا مما نعرفه بالفعل.

مثلًا، نحن نعرف كميَّتها أو مقدارها بناءً على أرصاد التليسكوبات للكون المرئي والحسابات الرياضية لتلك الأرصاد، بمعنى أنَّنا نلاحظ تأثيراتِها على توسُّع الكون ثم نقوم بحساب مقدارِها رياضيًّا.

إذن ما هو مقدارها أو نسبتها الرياضية؟

ما يقرب من 68 % من الكون هو طاقة مُظلِمةDark Energy ، ونحو27 % منه شيء يسمُّونه بالمادة المظلمةDark Matter ، سنتكلم عنها لاحقًا.

بينما الباقي، الذي هو كلُّ تلك المادة التي نراها سواء على الأرض من بحارٍ ومحيطاتٍ وغاباتٍ ومعادن، أو في الكون من نجومٍ وكواكبَ وأقمارٍ وغازاتٍ وأشعة، وكل ما نقدر نحن على رصده بتكنولوجياتنا الحالية، هو يشكِّل 5 % فقط من الكتلة الإجمالية للكون!

هل تتخيلون النسبة؟!

المادة العادية الطبيعية التي ندرك نحن جزءًا منها ولا نقدر على رؤية بقيتها لأنَّه بعيدٌ عن موقعنا في الكون بشكلٍ لا يمكن استيعابه، هي 5 % فقط!

بناءً على ذلك، من المفترض أن لا نطلق عليها لقبَ المادة الطبيعية؛ فهي 5 % فقط من الحجم! بذلك يكون ما نراه هو المادة الغريبة، والباقي هو الكون الطبيعي!

شيءٌ يدير الرؤوسَ.

واحدٌ من التفسيرات التي تمَّ تقديمُها للطاقة المظلمةDark Energy تلك، يفترض أنَّها واحدة من مميزات وخصائص الفضاء، لاحظوا اللفظ، الفضاء وليس الفراغ.

ألبرت أينشتاين Albert Einstein كان أول من لاحظ أنَّ الفضاء الخالي هو ليس مجرد فراغٍ، بل هو له مميزاتٌ مذهلة لم نكتشف ربعَها بعد. من تلك المميزات على سبيل المثال خاصية فريدة تقول إنَّه من الممكن أن يتمَّ خلْق المزيد من الفضاءSpace في أي وقتٍ، كما قلنا من قبل، فالانفجار الكبير ما زال يحدث حتى الآن، وحتى الآن ما زالت هناك مساحة Space يتمُّ خلقُها.

ذلك الافتراض يستعمل واحدة من صورٍ وافتراضات نظريات الجاذبية لأينشتاين، وهي الفرضية النظرية التي تحتوي على الثابت الكونيCosmological Constant ، التي تقدِّم تفسيرًا غريبًا بعض الشيء.

تقول تلك الصورة إنَّ (الفضاء الخالي (Empty Space ليس فراغًا، بل يحتوي على طاقة خاصة به، لأنَّ الطاقة هي خاصية من خواص الفضاء نفسه.

وتلك الطاقة لا تقل كما يمكن أن نظنَّ مع خلق الفضاء، بل تظل ثابتة، وذلك لأنَّ الفضاء الجديد الذي يتمُّ خلقُه يأتي ومعه طاقته الخاصة التي لا نستوعبها، ونتيجةً لذلك ولخلق المزيد من الفضاء في كل لحظة، فإنَّ الطاقة التي يحتوي عليها الفضاء تزيد. وكنتيجة لذلك أيضًا، يسبِّب ذلك النوع من الطاقة توسُّع الكون بصورة متزايدة.

بمعنى أنَّ الفضاء مثلًا هو عبارة عن كوبٍ فارغٍ؛ كلما ملأناه بالماء زاد حجمه ومساحته، وبالتالي تزيد سرعة علو مستوى الماء في الكوب حتى يمتلئ الكوب تمامًا، ومن ثمَّ تبدأ المياه في التساقط من حوافه لتحلَّ محلها مياه جديدة. تخيَّل أنَّ ذلك الماء الذي في الكوب هو تلك الطاقة الكونية الغامضة.

لكن المشكلة التي تواجهنا في تلك النظرية منذ وقتها وحتى الآن هي أنَّ أحدًا لا يعرف ماهية ذلك الثابت الكوني، ولماذا هو موجودٌ بالضبط!

كلُّ شيء له فائدة؛ الله لم يخلق الكون عبثًا، جميعنا نعرف ذلك، إذن فما فائدة ذلك الثابت بالضبط؟ ولماذا يسبِّب ذلك التوسُّع المحدَّد الذي نراه الآن؟ لماذا ليس أكثر ولا أقل؟

لا أحد يفهم، ولا يوجد مَن يستطيع التفسير.

تفسيرٌ آخر لكيفية تواجد طاقة حرة في الفضاء تقدِّمه افتراضات النظرية الكمية للمادة Quantum Theory of Matter أو ميكانيكا الكمQuantum Mechanics .

هل تذكرون قولنا إنَّ واحدًا من افتراضات ميكانيكا الكمِّ يقول إنَّ هناك أجسامًا افتراضية تظهر في كلِّ مكانٍ من الكون وتختفي في اللحظة نفسها؟ واستخدم ستيفن هوكينج Stephen Hawking ذلك الافتراض بعدها في اكتشافه لإشعاعات هوكينج Hawking Radiation.

الاحتمالات اللا نهائية لميكانيكا الكمِّ في كلِّ مكانٍ في الكون 1 - 1 = 0، تكلمنا عن كلِّ ذلك في المقال السادس.

فيزيائيو ميكانيكا الكمِّ يفترضون أنَّ تلك الأجسام هي الطاقة التي يحتوي عليها الفضاء، ولكن عند محاولتهم لحساب مقدار تلك الطاقة ومقارنتها بالملاحظات العملية للطاقة المظلمة، كانت الإجابة خاطئة، خاطئة جدًّا لو صح التعبير.

الرقم كان 10120، واحد وبجانبه 120 صفرًا!

رقم مستحيل التخيُّل وبعيدٌ جدًّا عن الحقيقة.

من الصعب أن تحصل على إجابة عن تلك الدرجة من الخطأ ولكنَّه حدث، وما زال اللغز مستمرًّا.

تفسيرٌ آخر يقول إنَّ تلك الطاقة المظلمةDark Energy تلك هي نوعٌ جديدٌ من الطاقة الحركيةDynamic Energy ، أو حقلٌ شبه سائلٍ من الطاقة الحركية التي يكون تأثيرها

على تسارع الكون هو عكس تأثير المادة الطبيعية والطاقة الطبيعية.

مبتكرو تلك النظرية سمُّوها (كوينتيسينسQuintessence)، مثل اسم العنصر الخامس Fifth Element في الميثولوجيا والفلسفة الإغريقية.

لكن لو كانت تلك الكوينتيسينس أو تلك الطاقة الغريبة هي الحل، فنحن لا نعرف كيف يبدو شكلها بعد، بل -والأدهى- لماذا هي موجودة في الأساس!

إذن ما زال اللغز مستمرًّا.

احتمالٌ أخيرٌ هو أنَّ نظرية أينشتاين عن الجاذبية خاطئة، ولكن ذلك لن يؤثِّر فقط على نظرتِنا على تمدُّد الكون، بل ستؤثر في فهمنا للطريقة التي تتفاعل بها المادة الطبيعية وتتصرف في الكون بأكملِه، في كلِّ تلك النجوم والكواكب والمجرات التي نراها، ستتغير نظرتنا تمامًا للكون، لأنَّ الفيزياء الحديثة كلها تقريبًا مبنية على نسبية أينشتاين وميكانيكا الكمِّ!

تلك النظرة يمكن أن تقودنا للتفكير في أنَّ الحلَّ هو نظرية جديدة تفسِّر الجاذبية، ولكن لو كان ذلك هو الحلُّ فعلًا، إذن فما هي تلك النظرية؟

كيف ستتمكَّن من تفسير الجاذبية وحركة النجوم والمجرات والكواكب بالدقة التي تقدِّمها النسبية العامة، وفي الوقت نفسه تعطينا تفسيرًا لتسارع الكون المخالِف لِمَا عهدناه وألفناه؟

هناك نظرياتٌ مرشَّحة طبعًا، لكن كلها غير مغرية ومليئة بالأخطاء.

إذن فما زال اللغز مستمرًّا.

وليس هذا كلَّ شيء، فما زال هناك ما هو أعقد.

***

-٣-

Dunkle Materie

تعال معي نبحث عن أي صورة حيَّة تمَّ تصميمُها بالجرافيك لمجرَّة ونراقبها لفترة، ماذا ترى؟

إنَّها مجرة عادية جدًّا، تدور حول نفسِها.

مجرة تحوي مليارات النجوم والكواكب، كلها مثبتة إلى أماكنها بقوة الجاذبية الرهيبة الناتجة عن ثقل أجسام تلك النجوم والكواكب كلها.

ولكن هل فعلًا الجاذبية فقط هي التي تحفظ توازن المجرة بذلك الشكل؟

كيف يكون شكل المجرات ثابتًا بتلك الطريقة؟

ومع سرعة الدوران الرهيبة تلك، كيف يمكن ألّا تتناثر الأجسام التي تحويها في الفضاء المظلم؟

ما هي فعلًا تلك القوة الرهيبة التي تحفظ ذلك التماسُك الكوني المهيب؟

لا أحد يعرف، ولكن الإجابة اصطلحنا على تسميتها بمصطلحٍ غامضٍ، مصطلح المادة المظلمةDark Matter .

***

تعالوا لنرجع بالزمن إلى الخلف قليلًا.

حتى سنة 1932.

في تلك السنة، كان هناك عالِمٌ يُدعى (جان أورتJan Oort)، وكان يحاول تحديد كتلة المجرات بمساعدة عالِمٍ آخر هو (فريتز زويكيFritz Zwicky).

وقتها حاول جان أورت أن يستخدم واحدة من طريقتين معتمدتين، والمفترض أنَّ طريقتهم العلمية صحيحة.

أولهما هي أن يقيس مقدار لمعان المجرة الكلي، أو يقيس كمية الضوء التي تصلنا منها، وبعدها -وباستخدام حسابات معقدة- يحوِّل ذلك اللمعان لمقدار الكتلة أو حجم المجرة.

الطريقة الأخرى تقوم على قياس سرعة الدوران المدارية للنجومOrbital Velocities of Stars في مركز المجرة، ونسبتها إلى سرعة دورانها في أطراف المجرة.

كلُّنا نعرف أنَّ أي جسمٍ في الفضاء لا بُدَّ أن يدور في مدارٍ حول شيء ما، الكواكب مثلًا تدور حول النجوم، والنجوم تدور حول مركز المجرة، والمجرة نفسها تدور حول نفسِها. تلك هي قوانين الجاذبية الطبيعية، وكلما كانت سرعات الدوران تلك أكبر كان معنى ذلك أنَّ الكتلة أو الحجم أكبر وبالتالي فالجاذبية أكبر وهكذا.

جميلٌ جدًّا، إذن فما المشكلة؟

المشكلة أنَّه عندما تمَّ القياس باستخدام كلِّ واحدة من الطريقتين على حدة، كانت النتائج مختلفة تمامًا عن بعضها!

كيف يمكن أن يحدث ذلك رغم أنَّ كلا الطريقتين يُفترض أنَّها صحيحة علميًّا وعمليًّا؟

لا أحد يفهم!

الطريقة الأولى -التي تعتمد على قياس مستوى لمعان المجرة وترجمته إلى الحجم أو الكتلة الكلية- أعطت قياسًا صغيرًا جدًّا لا يمكن أن يكون بأي حالٍ من الأحوال كتلة المجرة الحقيقية، ذلك لأنَّه لو كانت كتلة المجرة ووزنها فعلًا بذاك الصغر، فإنَّ الجاذبية المتولدة عن ذلك الوزن لم تكن لتكون كافية للحفاظ على تماسك المجرة، وكانت النجوم والكواكب ستتحرر منطلقة في الفضاء.

وماذا عن الطريقة الثانية؟

الطريقة الثانية كانت تعطي نتائج قريبة من الصحة -وإن لم تكن صحيحة تمامًا- ولكن المشكلة الوحيدة كانت أنَّها نتائج أكبر بكثيرٍ من نتائج الطريقة الأولى.

بمعنى أنَّها تبين كتلة وحجمًا أكبر بكثيرٍ مما يمكن لنا رؤيته.

بعبارة أخرى، الطريقة الأولى التي كانت تعتمد على وسيلة بصرية -التي هي قياس لمعان المجرة- أعطت نتائج صغيرة جدًّا، والطريقة الثانية التي تعتمد على وسيلة قياسية -قياس سرعة دوران النجوم حول مركز المجرة- أعطت نتائج صحيحة نسبيًّا لحجم ووزن المجرة. إذن بالتالي العقل والمنطق يقول إنَّ هناك مادة غامضة لا نراها نحن هي التي تعطي للمجرة ذلك الحجم، وتلك الكتلة الناقصة Missing Mass.

معنى ذلك أنَّ هناك مادة لا نراها، مادة مظلمة تمامًا ولا تشع ضوءًا أو حرارة أو أي شيء معروف، وهي التي تكوِّن الكتلة الباقية التي تعطي للمجرة وزنها الحقيقي الذي يولد الجاذبية الصحيحة التي تحافظ على تماسكها.

تلك المادة المظلمة غير المرئية هي سبب التفاوت الهائل في نتائج الطريقتين اللتين تمَّ استخدامهما في قياس وزن المجرات.

أول من وضع مصطلح المادة المظلمة هذا، بناءً على القياسات التي تكلمنا عنها، كان فريتز زويكي Fritz Zwicky الذي يلقِّبونه بأبي المادة المظلمة. أشار زويكي إلى النتيجة التي

وصلت إليها تجاربه صراحةً بلفظة Dunkle Materie الألمانية، التي تعني Dark Matter بالإنجليزية، المادة المظلمة.

الأساس الذي كان يتكلم فيه هو أنَّه بناءً على ملاحظاته، حَسَبَ حجم عنقود من المجرات Galaxy Cluster استنادًا إلى سرعة حركة المجرات التي على طرفه أو حافته، وقارن تلك النتيجة بالنتيجة التي توصَّل إليها عندما حسب نفس الأمر باستخدام الطريقة الأخرى التي تعتمد على معدل لمعان المجرات في ذلك العنقود المجري.

بناءً على حساباته، المفروض أنَّ كتلة المجرات الحقيقية أكبر بـ 400 مرة من الكتلة التي نستطيع رصدها!

لو فعلًا كانت تلك الكتلة التي نلاحظها هي الصحيحة، لصارت الجاذبية صغيرة جدًّا جدًّا بشكلٍ يجعل من المستحيل عليها الحفاظ على استقرار تلك المدارات والسرعات المذهلة للمجرات، وكانت المجرات كلها ستتناثر في الفضاء، كما قلنا بالضبط.

تلك المشكلة أُطلِق عليها (مشكلة الكتلة المفقودة(Missing Mass Problem .

بناءً على ذلك قال زويكي إنَّه لا بُدَّ من وجود نوعٍ من المادة غير المرئية توفر الكتلة المفقودة اللازمة لحفظ توازن تلك المجرات ومداراتها، وتلك كانت أول إشارة صريحة لوجود ما يُسمَّى بالمادة المظلمة.

لم يأخذ المجتمع العلمي وقتها كلامه بالجدية الكافية، يمكن أن يكون ذلك بسبب أنَّ حساباته لم تكن بالدقة المطلوبة. لكن المؤكد هو أنَّه كان سابقًا لعصرِه بشكلٍ مذهلٍ، كان محقًّا، ولكن النتائج لم تكن بالدقة الكافية وقتها لتعطي تصورًا واضحًا لذلك الافتراض.

ثم سنة 1939، جاء عالِمٌ آخر اسمه (هوراس بوبكوك Horace W. Bobcock)، وقام ببعض الأبحاث على ما يُدعى بمنحنيات دوران المجرات Galaxy Rotation Curves، ووصل لنتائج أكثر، ولكنه لم يدمجها بنظريات المادة المظلمة تلك.

أول أدلة حقيقية على وجود المادة المظلمة كانت قائمة على قياس معدل الانحناء في دوران المجرات Galaxy Rotation Curves الذي ذكرناه، وتأثير ذلك على الضوء الذي يصلنا منها، وكان هذا اكتشاف فيرا روبينVera Rubin وكِنت فوردKent Ford في الستينيات.

وكل ذلك يقوم على ما يُسمَّى بالـGravitational Lensing ، التي هي واحدة من الظواهر التي تحدث بسبب الجاذبية، وهي الطريقة التي تمَّ باستخدامِها إثبات صحة نظرية النسبية لأينشتاين، هل تذكرون؟

عندما قلنا إنَّ الضوء ينحني بسبب مروره بالقرب من أجسامٍ جاذبيتها شديدة لدرجة أنَّها تؤثِّر في النسيج الكوني وتحنيه، وينتج عن ذلك انحناء الضوء نفسه نتيجة مروره بجوارها؟

بالضبط مثل العدسات المحدبة والمقعرة.

أصبحت المادة المظلمة Dark Matter حقيقة واقعة.

وكما قلنا من قبل، المادة العادية التي نعرفها تشكِّل نحو 5 % فقط من حجم الكون! والباقي هو المادة المظلمة والطاقة المظلمة، 68 % طاقة مظلمة Dark Energy و27 % مادة مظلمةDark Matter .

معنى ذلك أنَّ الكون الذي نراه هو 5 % من حجم الكون الحقيقي الموجود هنالك! نحن في الواقع عميان؛ لا نرى أي شيء.

إذن مما تتكوَّن تلك المادة؟

لو كانت فعلًا مظلمة، ولا تشعُّ أيَّ ضوءٍ أو حرارة، إذن ما هي مكوناتها؟

الكثيرون تكلَّموا.

وأكثر فكروا، ووضعوا نظريات.

وما زال اللغز مستمرًا.

***

-٤-

Hidden Valley

تعالوا نسأل أنفسنا سؤالًا مهمًّا للغاية.

تلك المادة المظلمة خفيَّة وشفافة ولا يمكننا ملاحظتها، صحيح؟

وذلك لأنَّ تلك الجزيئات الغريبة غير المعروفة المكوِّنة لها لا تتفاعل بأيِّ شكلٍ من الأشكال مع القوى الكهرومغناطيسية، بمعنى أنَّها لا تمتص ولا تعكس ولا تشع الضوءَ، ومن هنا جاء اسمها "مظلمة".

ذلك هو ما يجعل اكتشافنا لها بمثل تلك الصعوبة.

كيف يمكن أن نكتشف شيئًا لا يؤثِّر فيه الضوء؟ شيئًا خفيًّا تمامًا؟

المشكلة ذاتها التي واجهتنا عند اكتشاف الثقوب السوداء Black Holes.

في الواقع العلماء لم يستطيعوا ملاحظة وجود تلك المادة إلَّا من خلال ملاحظة تأثير جاذبيتها على الأجرام والأجسام العادية في الكون، وملاحظة تأثيرها في حسابات كتل المجرات كما كان أورت Oortوزويكي Zwicky يفعلان.

جميلٌ.

إذن مما تتكوَّن تلك المادة ما دامت خفيَّة بذلك الشكل؟

التفسير الأكثر قبولًا لذلك الموضوع هو أنَّها تتكوَّن من جسيماتٍ ذرية غير معروفة لنا بعد. جسيمات أُصطُلِح على تسميتها (ويمبس WIMPs)، المصطلح مختصر من جملة Weakly

. Interacting Massive Particles

ذلك يعني أنَّ تلك الجسيمات تتواصل مع الأجسام الذرية الطبيعية التي نعرفها من خلال طريقتين فقط؛ الجاذبية والقوة النووية الضعيفة.

بالضبط مثل جسيمات النيوترينوNeutrinos ، هل تذكرونها؟

في الواقع، الفيزيائيون فعلًا يعتبرون جسيمات النيوترينو تلك واحدة من مكونات المادة المظلمة، ولكن نسبتها صغيرة جدًّا جدًّا تشغل نسبة ضئيلة جدًّا لا تكاد تُذكَر من حجم المادة المظلمة الكلي.

إذن مما يتكوَّن الباقي؟

التفسير السائد كما قلنا هو أنَّها جسيماتٌ ذرية غير معروفة لنا بعد، واحدة من الأفكار تقول إنَّ تلك الجسيمات هي جسيماتٌ ذرية فائقة التناظر Supersymmetric Particles.

ما الذي يعنيه هذا؟

يعني المصطلح أنَّها أجسامٌ رفيقة يتم إنتاجها عند إنتاج أجسام المادة الطبيعية، شيء يذكرنا بالأجسام المضادة.

شرح ذلك معقَّدٌ جدًّا، وهو جزء من نظرية فيزيائية خاصة جدًّا من نظريات الفيزياء الجزيئيةParticle Physics تُدعى نظرية التماثُل أو التناظُر الفائق Supersymmetry، لا مجال لشرحها الآن.

مثال على تلك الأجسام -لو أردتم البحث عنها بأنفسكم- هي (الأكسيونات Axions) و(البوزوناتBosons) و(الفيرميوناتFermions).

التجارب التي تحدث حاليًّا في معجل سيرن التصادمي الهائل CERN Large Hadron Collider أو LHC يمكن أن تعطينا أدلة أكثر وضوحًا على وجود تلك الجسيمات.

المعتقَد السائد في النظريات الخاصة بالمادة المظلمة يقول إنَّ الجسيمات المكوِّنة لها هي جسيماتٌ خفيفة جدًّا؛ بحيث إنه يمكن إنتاجها معمليًّا في معجل سيرن.

المشكلة الوحيدة أنَّه لو تمَّ تخليقها في معجل سيرن، فإنَّها بسبب صغر حجمها وكتلتها اللا نهائي ستهرب من أجهزة الاستشعار والقياس الدقيقة جدًّا المستخدمة هناك من دون أن نستطيع ملاحظتها أو اكتشافها، ولكن هناك طريقة نستطيع أن نعرف بها أنَّها كانت موجودة.

الطريقة التي نستخدمها دومًا لملاحظة أي جسمٍ غير مرئي، ملاحظة تأثيره على ما حوله.

عندما يتمُّ تخليق تلك الجسيمات وهروبها من المعمل، فإنَّها ستستهلك معها طاقة طبعًا، طاقة وضع وطاقة حركة، تلك الطاقة هي التي يقدر الفيزيائيون باستخدامها على معرفة ما إذا كانت موجودة فعلًا أم لا، والطريقة بسيطة للغاية.

سيقومون بحساب مقدار الطاقة (المفقود) بعد التصادم، ولو وجدوا أنَّ هناك قدرًا مفقودًا فعلًا من الطاقة، فعندها سيتأكدون من أنَّه كانت هناك جسيماتٌ صغيرة جدًّا وغير مرئية كانت موجودة وتلاشت، وكانت هي سبب تلك الطاقة المفقودة.

النظريات الفيزيائية الأخرى التي تتحدَّث عن عوالمَ وأبعادٍ أخرى خارج حدود تصورنا وتفكيرنا مثل نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory التي تكلمنا عنها قبل ذلك، ونظرية التماثُل أو التناظُر الفائق Supersymmetry تقدِّم أفكارًا أخرى حول الموضوع.

مثلًا واحدة من النظريات تتكلَّم عن وجود ما يُدعى بـ (الوادي الخفي Hidden Valley).

ذلك الوادي الخفي هو كونٌ كاملٌ موازٍ لكوننا مكونٌ بالكامل من المادة المظلمة، ولا يمتلك أيَّ صفاتٍ مشتركة مع كونِنا إلَّا في أشياءٍ بسيطة جدًّا. وذلك الكون لا يمكنه التواصُل مع كونِنا إلَّا من خلال الجاذبية فقط.

هل شاهدتم فيلمInterstellar العبقري؟ لو شاهدتموه ستفهمون عمَّا نتكلَّم بالضبط.

ذاك الكون الموازي هو ذلك الذي لا نقدر نحن على رؤيته، وهو الذي يكوِّن تلك المادة المظلمة التي تحفظ تماسُك كونِنا نحن، وتعطيه تلك الكتلة الناقصة التي تحفظ توازن المجرات، وهو يتواصل مع كونِنا نحن من خلال الجاذبية فقط، لأنَّها -كما قلنا من قبل- القوة الفيزيائية الوحيدة القادرة على التسرُّب ما بين الأبعاد، والتنقل بحرية بينها.

نظرية غريبة بعض الشيء.

وجميلة.

وما زال اللغز مستمرًّا.

لا شيء مؤكدٌ، لا شيء مثبتٌ.

لا شيء صحيحٌ.

كلُّ ما نملكه هو نظريات ونظريات ونظريات.

الشيء الذي يمكننا الاعتراف به هو أنَّ لغز المادة المظلمة هذا هو أكبر لغزٍ يواجه الفيزياء الجزيئية حاليًّا، ويواجه علوم الفيزياء الكونية كمجملٍ.

وحتى الآن لا يمكننا تفسيره بدقة، وذلك شيءٌ طبيعيٌّ.

كما قلنا من قبل: ‘‘وما أوتيتم من العلم إلَّا قليلًا’’.

ما نعرفه في كونِنا قليلٌ جدًّا لا يكاد يُذكر، قطرة في بحرٍ، بل في محيطٍ.

ما زال اللغز مستمرًّا.

ما نحتاجه فعلًا حتى يمكننا معرفة أي التفسيرات هو الصحيح فعلًا هو المعلومات.

معلومات أفضل.

معلومات أعمق.

ولكن الأمر صعبٌ، لأنَّه -كما قلنا من قبل- كلما تعمَّقنا أكثر في قوانين العلم والفيزياء؛ اكتشفنا أنَّنا لا نفهم أيَّ شيء.

ذاك هو حال البشر دومًا، يكتشفون شيئًا فيشعرون أنَّهم ملكوا الدنيا بما فيها، ثم يتعمَّقوا أكثر ليكتشفوا معوقاتٍ تنقل لهم حقيقة أنَّهم كائنات دنيا ذات عقلٍ قاصرٍ.

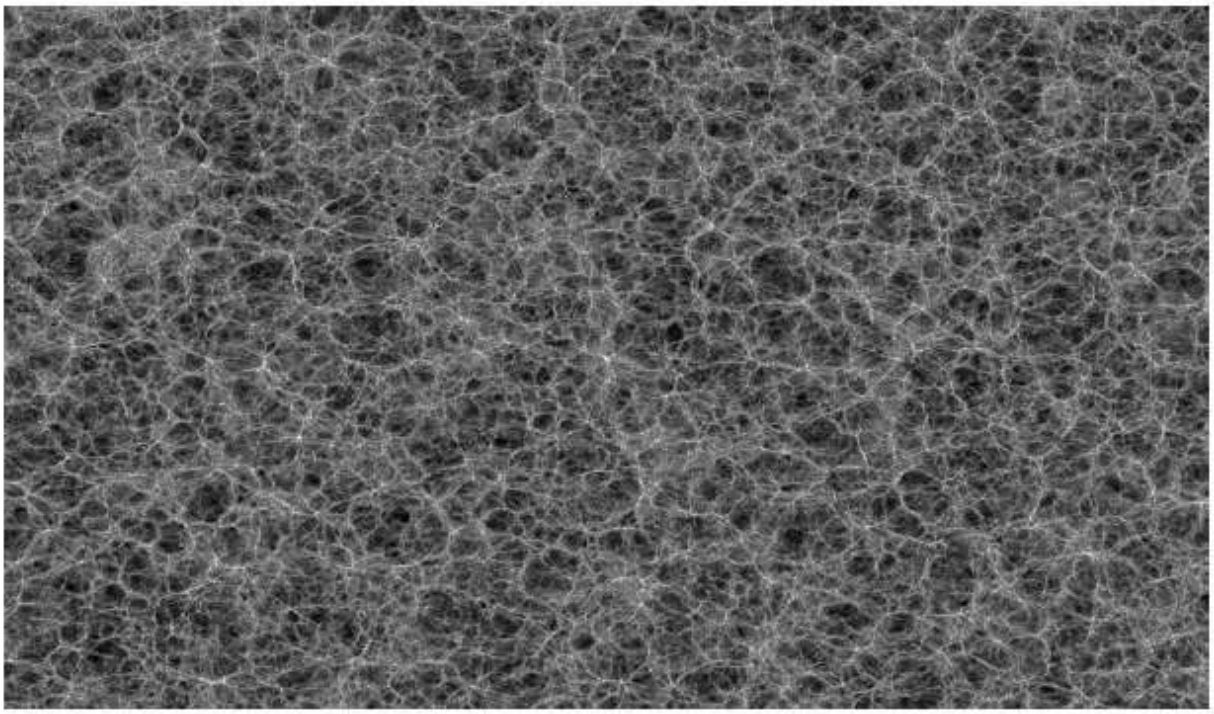
كائناتٌ لا تقدر على فهم كيفية تواجُد ذلك الصرح العملاق، ولا ماهية مهندسه الأعظم الذي شيَّده من عدمٍ.

ذاك هو حالُنا دومًا.

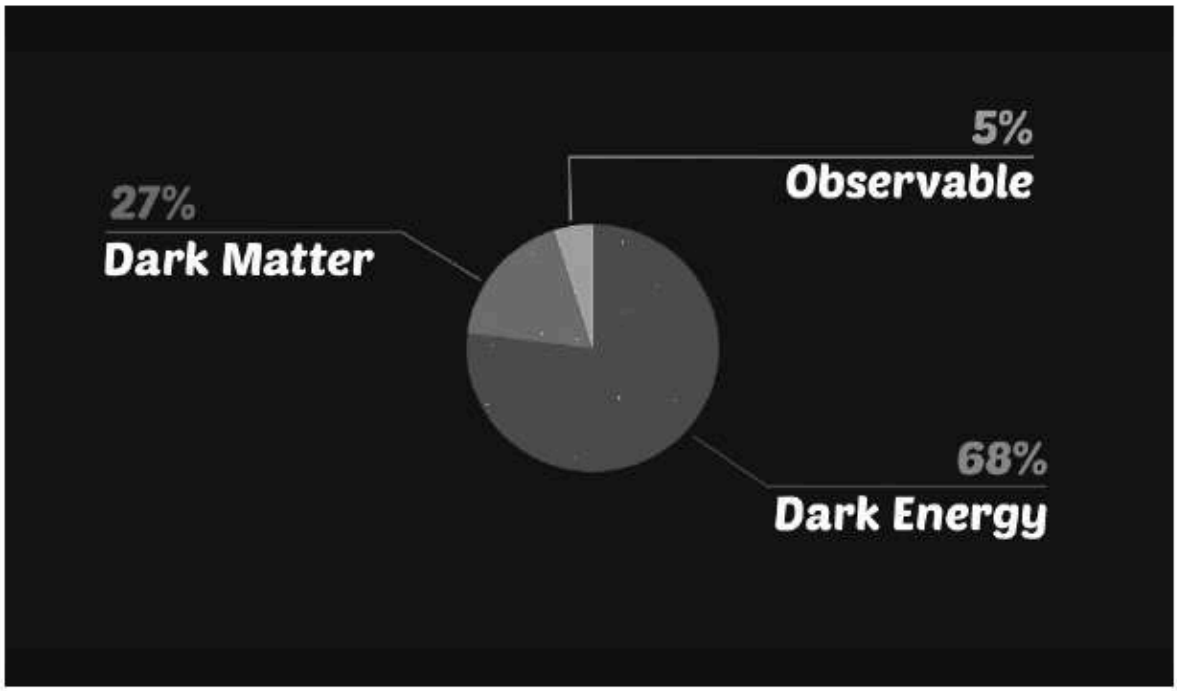
نور.

وظلام.

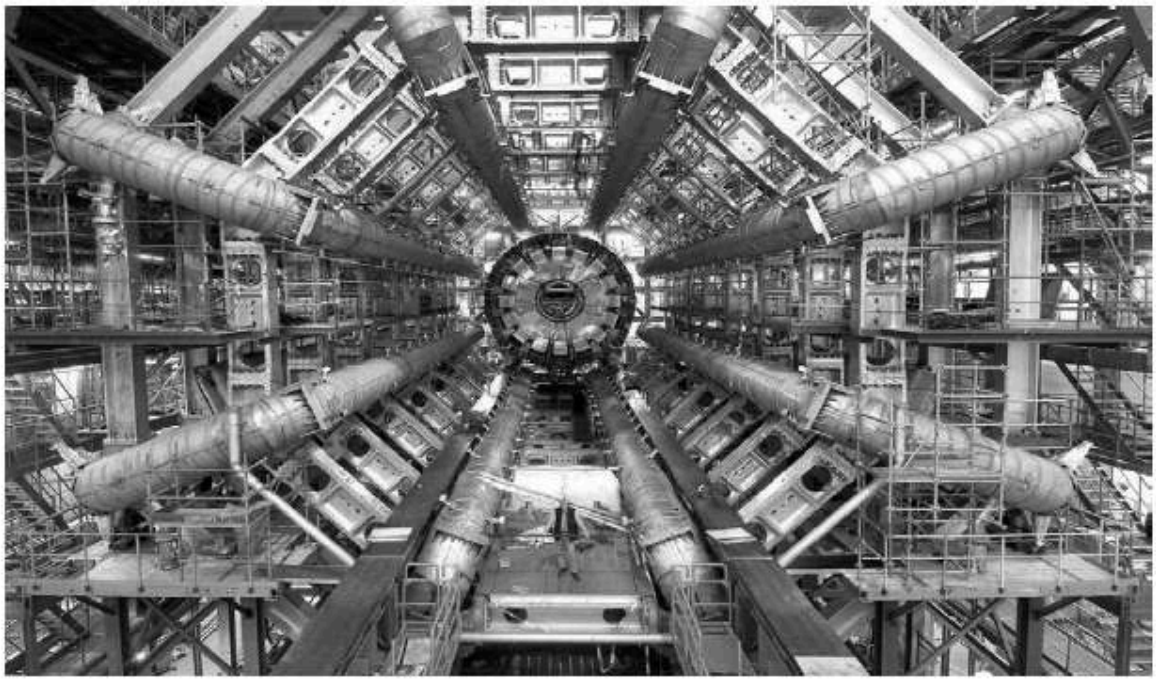
***



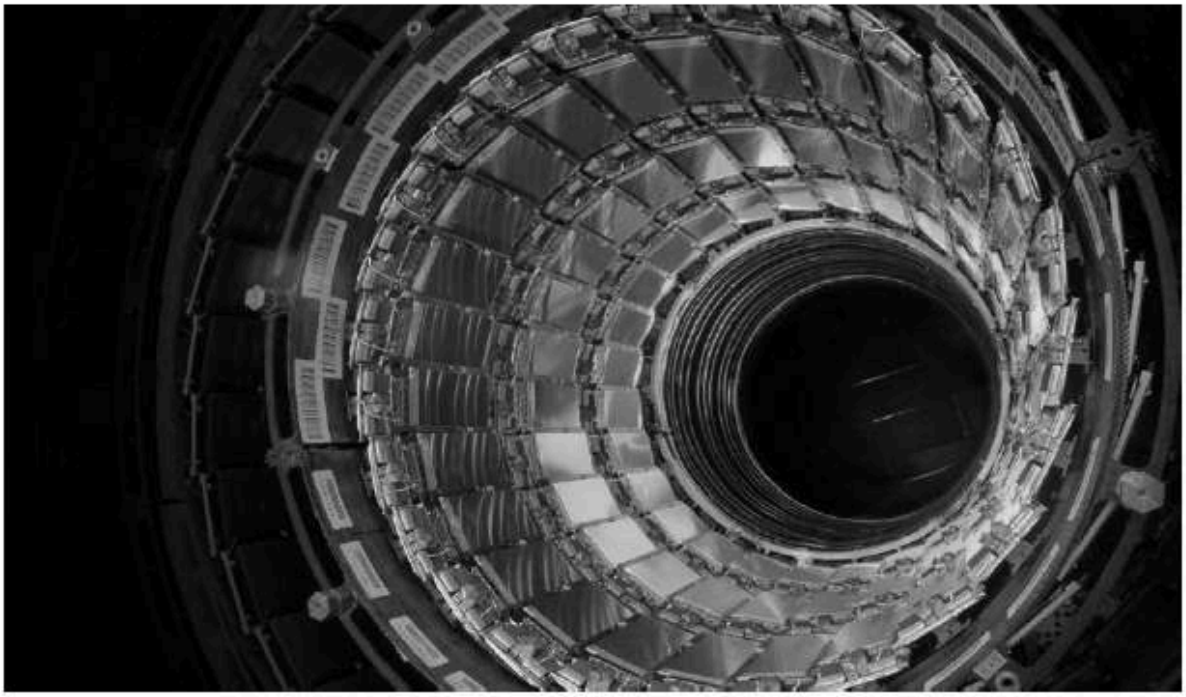
صورة بالجرافيك للكون المرئي elbavresbO esrevinu في أكبر تصور لدينا عنه.. يبدو أشبه بشبكة العنكبوت، وعرضه هو أكثر من 39 مليار سنة ضوئية كاملين.. كل النقاط المضيئة بداخل تلك الخيوط هي مجرات كاملة.. وذلك السواد الذي يتخللها ويغطي خلفيتها هو المادة المظلمة الغامضة.



توضيح للفرق بين نسب المادة العادية والمادة المظلمة والطاقة المظلمة



صورة لمُعَجِّل سيرن التصادمي الهائل CHL من الداخل



صورة لأحد مصادمي الجزيئات بداخل مُعَجِّل سيرن.

-٩-

مشروع L.I.G.O

The L.I.G.O Project

تمهيد

• المشهد الأول: ظلامٌ أبدي لا يبدِّده إلَّا نور النجوم الخافت الذي يلمع على ستار أسود من الفضاء، والعدم في خلفية المشهد. يظل الكادر على المنظر نفسه لفترة.

• المشهد الثاني: سحبٌ كبيرة جدًّا من الغازات والغبار والأتربة تتجمَّع مع بعضِها في مشهدٍ كوني مهيبٍ، مساحات شاسعة على مرمى البصر، ما الذي سيحدث بعدها؟ لا إجابة.

•المشهد الثالث: السحب تتجمَّع مع بعضِها أكثر وحجمها يصغر، كتلتها تبدأ في التزايد. هل ترون؟ بدأت تتحوَّل إلى كتلٍ صغيرة، تلك الكتل بدورِها بدأت في التحوُّل لكتلٍ أكبر وبدأت تتماسك مع نفسِها بشكلٍ أكبر. الجو حارٌّ، هل أنا فقط من يشعر بذلك أم أنَّ حرارة تلك الكتل تتزايد؟ تتزايد بشكلٍ مرعبٍ.

•المشهد الرابع: تفاعلات نووية وانفجارات على مرمى البصر. الحرارة ما زالت تتزايد بشكلٍ أكبر. عشرة ملايين درجة مئوية. الكتل بدأت في التناسق مع بعضها. نجمٌ أولي بروتوني Protostar يتكوَّن على مرمى البصر.

•المشهد الخامس: النجم غير متوازنٍ أو متماسكٍ. التفاعلات النووية في مركزه تجعله غير مستقرٍّ. انفجارات نووية على مرمى البصر، دون صوتٍ طبعًا، لا تنسوا أنَّنا في الفضاء. التماسك يبدأ في الاستقرار بعض الشيء. وصلنا لمرحلة التوازن أو الـ Equilibrium بمعنى التوازن بين ضغط الغازات في مركز النجم، التي تدفع الحرارة والضوء بعيدًا عن النجم، والجاذبية التي تجذب الذرات نحو مركز النجم.

•المشهد السادس: الحرارة ما زالت تتزايد. وصل النجم للمرحلة الحرجةCritical State أو الحرارة الحرجة Critical Heat، بمعنى أنَّ الاندماج النووي بدأ، وبدأ معه تحوُّل الهيدروجين في مركز النجم إلى هيليوم ليطلِق الحرارة والضوء. النور بدأ يسطع لدرجة

مؤلمة. نحن الآن أمام نجمٍ حقيقيٍّ. لو يصل للحرارة الحرجة لِمَا حدث الاندماج النووي في مركزه، ولتحوَّل وقتها إلى قزمٍ بني Brown Dwarf، ولكنَّه الآن نجمٌ حقيقيٌّ.

•المشهد السابع: النجم الآن في منتصف عمره، يستهلك الوقود الهيدروجيني Hydrogen Fuel، ويطلق حرارة وضوءًا ساطعين. يستمر المشهد لملايين السنين.

•المشهد الثامن: الوقود الهيدروجيني بدأ ينفد. النجم بدأ في تحويل الهيليوم الناتج لكربون، وبعد الكربون بدأ يحوِّله لعناصر أثقل. حالة من عدم التوازن بدأت تنشأ في مركز النجم.

•المشهد التاسع: حالة عدم التوازن تتزايد. إبقاء حالة الـEquilibrium بين ضغط الغازات والجاذبية أصبح صعبًا. النجم يبدأ الانهيار على نفسه، وفي الوقت نفسه التفاعلات النووية خارج مركزه بدأت تجعله يزداد حجمًا لفترة. بدأ عملاقٌ أحمر Red Giant في التكوُّن.

•المشهد العاشر (سيناريو 1): ذلك السيناريو سيحدث عندما يكون حجم النجم نفس حجم شمسنا أو أصغر. الوقود الهيدروجيني الذي يعتمد عليه النجم نفد تمامًا، فأصبح مكونا النجم الأساسيان هما الكربون والأكسجين. لكنَّه ما زال في حالة توازن لم تختل بين ضغط الغازات والجاذبية. مع الوقت بدأ نوره يتحوَّل للون أبيض ومتوازن وحجمه أصبح يماثل حجم كوكب الأرض تقريبًا. أعتقد أنَّنا نتكلم عن قزمٍ أبيضWhite Dwarf .

•المشهد العاشر (سيناريو 2): يحدث ذلك السيناريو عندما يكون حجم النجم 1,4 من حجم شمسنا نحن أو أكبر بنسبة بسيطة (حجم الشمس يسمُّونه في علم الفيزياء الكونية بالوحدة الشمسية Solar Mass، ويستعملونه في قياس حجم النجوم). سيحدث شيءٌ لا بُدَّ أن نبتعد عنه بالكاميرا حتى لا يؤذينا؛ انفجار السوبر نوفا Supernova.

انفجار السوبر نوفا هذا هو أكبر انفجار يمكن أن يحدث في الكون، ويمكن أن يبلغ مدى إشعاعاته والضوء الصادر عنه درجة يمكنها أن تتفوق على بريق مجرة كاملة. لماذا يحدث

ذلك؟

لأنَّه عند نفاد الوقود النووي الهيدروجيني في مركز النجم يبدأ الأخير في تحويل النواتج لكربون، وعندها تبدأ كتلته ووزنه في التثاقل، وتتسرَّب أجزاءٌ من كتلتِه إلى مركزه. في النهاية يبلغ ثقل المركز درجة لا يقدر معها النجم على تحمُّل قوة جاذبيته الخاصة، ويبدأ في الانهيار، فيحدث بذلك انفجار السوبر نوفا الذي هو أكبر انفجار كوني معروف، وهو من أسباب تطور الكون في الأساس، وواحدٌ من العوامل التي أكدت للعلماء أنَّ الكون يتمدَّد، وذلك من خلال مراقبتِهم للحركات الناتجة عن الانفجارات، ولأنَّه أيضًا يقوم بقذف العناصر الأولية التي تتكوَّن منها نجومٌ أخرى وكواكب جديدة في الفضاء. جميلٌ.

ما الذي سيحدث بعدها؟

يتحوَّل الناتج من ذلك الانفجار الهيدروجيني العظيم لِمَا يُدعى بالنجم النيوتروني Neutron Star ، هل ترونه؟

في الواقع، بعد الانفجار؛ ما يحدث بالضبط هو أنَّ الإلكترونات والبروتونات في مركز النجم تنهار على نفسها، وتندمج مع بعضها مكونة نيوترونات متعادلة الشحنة ناتجة عن اندماج شحنة الإلكترونات السالبة وشحنة البروتونات الموجبة. بمعنى أنَّ حجم النجم الهائل ينكمش في شكل نجم نيوتروني شديد الكثافة قطره نحو 12.4 ميل أو عشرون كيلومترًا! تصل كثافة ذلك النجم حدَّ أنَّ ملعقة واحدة من مادته سيبلغ وزنها مليارات الأطنان، وزنها سيكون أكبر بمئات المرات من جبل إفرست!

ذلك بالإضافة إلى أنَّ قوة انفجار السوبر نوفا تجعل النجم يدور حول نفسه بسرعة هائلة جدًّا لا تُستوعَب، يمكن أن تصل تلك السرعة إلى 43 ألف مرة في الدقيقة، تتحوَّل معها مادة النجم لأبخرة، وتمرُّ عبر الأقطاب المغناطيسية للنجم، وبالتالي تشع نبضاتٌ من أشعه إكس X – Rays، ووقتها نطلق عليها لقب النجوم المتردِّدة أو النابضة Pulsars .

•المشهد العاشر (سيناريو 3): يحدث ذلك السيناريو عندما يكون حجم مركز النجم قرابة 3 أضعاف حجم الشمس أو أكبر.

بدأت كتلة النجم الانهيار على نفسها. النسيج الكوني بدأ يتشوَّه وينحني بشكلٍ لا نهائي. قوة جاذبية النجم تغلَّبت على كلِّ القوى الفيزيائية الأخرى، وبدأت تجذبه نحو مركزه. نوع من التفرُّد Singularity بدأ يتكوَّن في المركز. حتى الضوء لم يعُد قادرًا على الهروب من قوة الجذب المرعبة تلك. الزمن نفسه بدأ في التباطؤ حتى بلغ نقطة التوقف التام مع تكوُّن أفق الحدثEvent Horizon .

الثقب الأسود بدأ يتكوَّن.

(جزء من المقال الخامس بعنوان أفق الحدث)

***

‘‘أشعر بأنَّنا ذهبنا إلى القمر، وعدنا من جديدٍ. أعتقد أنَّ (أينشتاين) كان ليسعد بهذا’’

(جابرييلا جونزاليس Gabriela González، فيزيائية بجامعة لويزيانا ومتحدثة باسم مشروع (لايجو L.I.G.O) العلمي التعاوني).

***

-١-

نظرية غريبة ورياضيات وأشياء أخرى

البداية هذه المرة غريبة بعض الشيء.

ماذا ستفعلون لو -فجأة- اكتشفتم أنَّ كلَّ ما درستموه من قبل في علم الفيزياء خاطئ؟

لو جاء أحدُهم فجأة وأثبت لك رياضيًّا أنَّ الفيزياء التي كنتَ تدرسها قبل ذلك خاطئة، وأنَّ (أينشتاين Einstein) و(ستيفن هوكينج Stephen Hawking) ليسا دومًا على صوابٍ؟

النتيجة مصيبة طبعًا.

منذ فترة قريبة ظهرت أستاذة فيزياء بجامعه شمال كارولاينا (University of North Carolina) اسمها (لورا هاوتون Laura Houghton)، وقالت شيئًا غريبًا جدًّا؛ قالت إنَّ الثقوب السوداء Blackholes لا يمكن أن تتكوَّن في الأساس، وأثبتت ذلك رياضيًّا في ورقة بحثية قدمتها بالتعاون مع واحدٍ من خبراء الرياضيات في جامعه تورونتو (University of Toronto).

كيف يمكن ذلك؟

الموضوع -حسب كلامها- يتلخص في فرضية قالها (ستيفن هوكينج) منذ زمنٍ، ولكنه -حسب توقعاتها أيضًا- كان كلامه فيها ناقصًا.

هل تذكرون إشعاع هوكينج Hawking Radiation ؟

عندما قلنا إنَّ الثقوب السوداء في الواقع ليست سوداء حرفيًّا، لأنَّها تشعُّ قدرًا ضئيلًا جدًّا من الطاقة اسمه إشعاع هوكينج، ومع ذلك تتبخر كتلتها تدريجيًّا وتتحوَّل لطاقة صافية، ولكن تلك العملية تستغرق وقتًا أطول من عمر الكون نفسه (13.7 مليار سنو) حتى تتحقق. راجعوا المقال السادس.

هي كانت تتفق مع (هوكينج) في ذلك، لكنها قالت شيئًا مهمًّا جدًّا.

كما نعرف جميعًا، الثقوب السوداء تتكوَّن -كما شرحنا في التمهيد- من نجومٍ انهارت على نفسها بعدما وصلت لمرحلة حرجة، تُولَد الكثافة فيها جاذبية لا نهائية لا يمكن لأي شيءٍ الهروب منها. والثقب الأسود في تلك الحالة يشعُّ إشعاع هوكينج.

قالت (هاوتون) إنَّ النجم وهو ينهار على نفسه ويشع إشعاع هوكينج هذا، فإنَّه يفقد معه كتلة Mass أيضًا. يفقد كتلته بشكلٍ تدريجي وبسرعة حتى يصل لمرحلة يتضخم فيها لآخر مرة، ويتحوَّل لعملاقٍ أحمر Red Giant، وبعدها ينفجر.

الأساس الذي يتكوَّن ويكون الثقب الأسود هو ما يُدعى بنقطة التفرد Singularity، تكلمنا عن الأمر في المقال السادس فلن أشرحه من جديدٍ حتى لا أثير مللكم. المهم أنَّه -حسب كلام (هاوتون)- نقطة التفرُّد لا تتكوَّن إطلاقًا، وذلك بسبب أنَّ فقْد الكتلة الذي يحدث بالتزامن مع إشعاع هوكينج هو ما يجعل كثافة النجم تقلُّ ولا تصل أبدًا للمرحلة الحرجة التي يتكوَّن معها الثقب الأسود!

لاحظوا أنَّ هناك إثباتًا رياضيًّا أيضًا، بمعنى أنَّ هذا ليس مجرد كلامٍ! دعك من أنَّ الموضوع منطقي بعض الشيء لأنَّه ولأول مرة بدأ يدمج بين ميكانيكا الكم Quantum Mechanics والنظرية النسبية General Relativity ويحل مشكلة الفيزياء الحديثة الكبرى؛ وذلك شيء مهمٌّ للغاية.

لكن كيف؟

المفروض والذي نعرفه كلنا هو أنَّ نقط التفرُّد تلك هي واحدة من أساسيات الفيزياء الحديثة، التي تمَّ بناء عمل (أينشتاين) و(ستيفن هوكينج) عليها. حتى نظرية الانفجار الكبير Big Bang توضح أنَّ ما قبل زمن بلانك Planck Time (زمن بلانك هو وحدة زمنية ابتكرها الفيزيائيون لقياس الفترات التي حدثت فيها مراحل الانفجار الكبير، وهي أصغر من الثانية العادية بمليون مليون مليون مليون مرة)، وقبل حدوث الانفجار الكبير كانت هناك نقطة تفرُّد Singularity أيضًا، وكان الكون بأكملِه والزمن وكل القوى الفيزيائية التي نعرفها مندمجة معًا في شيءٍ واحدٍ أصغر من الذرة.

إذن معنى ذلك بعد كلام (هاوتون) أنَّ كلَّ ما نعرفه في الفيزياء عديم الفائدة!

وذلك شيءٌ مستحيلٌ. شيءٌ صعبٌ لدرجة لا يمكن تخيُّلها. لو أنَّ كلَّ ذلك خاطيءٌ، إذن كيف وصلنا للتقدم العلمي الحالي؟ شيءٌ غير منطقي طبعًا.

إذن بالتأكيد هناك خطأ ما.

المشكلة الأساسية هي أنَّ أحدًا لا يستطيع أن يثبت وجود الثقوب السوداء بشكلٍ عملي. كلُّ الإثباتات ذات شكل رياضي ونظري فقط من خلال دراسة تأثيرها على ما حولها. إذن معنى ذلك أنَّ هناك احتمالًا للخطأ فعلًا في مسألة وجود الثقوب السوداء من عدمها.

ولكن من فترة قريبة تغيَّر كلُّ هذا.

وانفتحت أمامنا أبوابُ عصرٍ جديدٍ.

***

قبل أن ندخل في صلب الموضوع، هناك شيءٌ لا بُدَّ أن نشرحه ونفهمه أولًا.

ما هي النظرية النسبية؟

حتى يمكننا الإجابة على ذلك السؤال لا بُدَّ من أن أسألكم أولًا سؤالًا آخر، ما هي الجاذبية؟ وكيف تعمل؟

الفيزيائيون القدماء جميعًا منذ بداية علم الفيزياء ومرورًا بالعظيم (ايزاك نيوتن Issac Newton) كان ذلك السؤال يمثِّل أكبر مشاكلهم.

نحن نعرف أنَّ الجاذبية هي القوة التي -مثلًا- تجذب التفاحة للأرض لو سقطت من على غصنٍ، وأنَّها نفسها القوة التي تحفظ الكواكب في مداراتها حول النجوم، والأقمار حول الكواكب.

لكن كيف تعمل فعلًا؟

ما هو الميكانيزم Mechanism الخاص بها؟ كيف يمكن أن يجذب جسمٌ ما جسمًا آخر له، وهو ليس مغناطيسًا والجسم ليس معدنيًّا؟ لم يكن بإمكان أحد التفسير ولا الفهم.

حتى جاء أعظم عالِمٍ -في نظري- عرفته الفيزياء في تاريخها، وصانع القرن العشرين بلا مبالغة.

(ألبرت أينشتاين Albert Einstein).

(أينشتاين) وقتها قدَّم فرضية غريبة.

قال إنَّ سرعة الضوء هي أكبر سرعة في الكون كلِّه، ولا يوجد أيُّ شيء يمكن أن يتخطاها. تلك هي إحدى فرضيات نظرية النسبية العامة General Relativity، وبعدما قال تلك الجملة كان قد وضع نفسه في مشكلة عويصة، مشكلة علم الفيزياء كله حتى وقتها، مشكلة عجز حتى العظيم (نيوتن Newton) عن حلِّها.

كيف تعمل الجاذبية؟

لو أنَّ سرعة الضوء هي أقصى سرعة في الكون، إذن كيف نشعر نحن بتأثير الجاذبية بذلك الشكل الفوري؟ لو أنَّك مثلًا رميتَ قلمًا على الأرض فإنَّه سيسقط فورًا بالطبع، ولن يظلَّ معلقًا في الهواء مثلًا.

جميل. ماذا فعل إذن حتى يثبت صحة كلامه؟ وضع فرضية أكثر غرابة.

دعوني أشرح لكم، تخيَّلوا مثلًا أنَّ الشمس اختفت من مكانها.

حسب نظرتنا المحدودة للجاذبية فإنَّ الكواكبَ ستتحرر من تأثير جاذبية الشمس فورًا، وستنطلق في الفضاء مبتعدة. جميل، إذن كيف سنتحرَّر من تأثير جاذبية الشمس لنطير في الفضاء، ونحن أصلًا لم نلحظ الظلمة الناتجة عن اختفاء الشمس؟

ألم نقل إنَّ سرعة الضوء هي أقصى سرعة في الكون؟ جميل، الضوء يستغرق نحو 8 دقائق تقريبًا حتى يصل من الشمس للأرض، في حين أننا نقول إنَّنا سنتحرر من جاذبية الشمس فورًا لو اختفت تلك الأخيرة، كيف إذن سنتحرر من الجاذبية ونحن بعد لم نستقبل آخر شعاع ضوء منطلق من الشمس منذ 8 دقائق؟

مشكلة عويصة وغير منطقية طبعًا.

ماذا فعل حتى يحل ذلك اللغز؟ صنع معجزة الفيزياء الحديثة.

ابتكر مصطلح الزمكان Spacetime.

***

‘‘دعوني أسألكم سؤالًا، مما يتكوَّن كلُّ شيء، بما فيه الكون ذاته؟

بالضبط، طول وعرض وارتفاع.

بدأ أينشتاين شرحه بأن وضع بُعدًا رابعًا وأضافه للأبعاد الثلاثة الأولى، وهو الزمن، ثم سمَّى كل ذلك (النسيج الكوني أو الزمكان Spacetime).

ومن فهمه لهندسة الزمان والمكان -أو الزمكان كما سمَّاه- قال كلامًا غريبًا شديدَ التعقيد يستعصي فهمه بسهولة.

دعوني أشرح لكم النظرية بشكلٍ غاية في البساطة.

تخيَّلوا معي أنَّ الكون عبارة عن سطحٍ مطاطي مثل ذلك الذي يقفز عليه البهلوانات ولاعبو الجمباز -يسمُّونه الترامبولين Trampoline- ولنطلِق عليه اسم النسيج الكوني.

جميلٌ، تعالوا بعدها نمسك بكرة معدنية كبيرة، ثم نضعها في وسط ذلك السطح ونسمِّيها -جدلًا- الشمس.

طبعًا سنجد أنَّ السطح هبط وتقعَّر للأسفل تحت تأثير ثِقل الكرة المعدنية. جميلٌ.

دعونا بعدها نُحضر كراتٍ معدنية أخرى صغيرة هذه المرة، ونحاول أن ندفعها لتمشي على ذلك السطح بصورة مستمرة بشكلٍ لا نهائي؛ طبعًا سنجدها تنحدر في مسارِها بشكلٍ دائري وتدور حول الكرة الكبيرة التي هي الشمس، وذلك بسبب المنحنيات التي صنعتها الكرة الكبيرة في السطح المطاطي.

الكون في تكوينِه يشبه ذلك السطح بالضبط، مع اختلاف الخصائص والحجم والأبعاد الزمنية والطولية ذاتها. يمكن أن يلتفَّ وينحني ويتقعر لو وُضِع فيه أجسامٌ ضخمة مثل الكواكب والنجوم، وبالتالي يفرض ذلك على الأجسام الصغيرة -بسبب طاقتها- الدوران حول الأجسام الكبيرة بسبب المنحنيات التي صنعتها الأجسام الكبيرة في النسيج الكوني. وذلك ما يخلق ما نشعر نحن بأنَّه مدارٌ Orbit.

بمعنى أنَّ النسيج الكوني المنحني المتقعر بسبب كتلة وكثافة الشمس هو الذي يفرض على كوكب الأرض مثلًا أن يدور حول الشمس في تلك المنحنيات، وبالتالي يصبح شكلها كأنَّها مجذوبة بقوة أو طاقة للشمس.

بعبارة أخرى، الكواكب لا تدور حول الشمس لأنَّ هناك قوة تخرج منها لتجذب الكواكب إليها، بل لأنَّه -بمنتهى البساطة- كتلة وكثافة الشمس تجبر الكواكب والأقمار على الدوران في منحنيات النسيج الكوني الناتجة عن تلك الكثافة.

وبالتالي لو أنَّنا قمنا بتجربة ذلك المفهوم الجديد للجاذبية، سنجد أنَّنا لن نشعر باختفاء الشمس -لو اختفت طبعًا فنحن نفترض هنا- مباشرة، بل ستصلنا الأخبار في شكل موجة بعد 8 دقائق تقريبًا من اختفائها، حَسَبَ أينشتاين سرعة تلك الموجة فوجدها نفس سرعة الضوء بالضبط!

(جزء من المقال الأول بعنوان بداية عصر جديد)

***

تلك هي عبقرية (أينشتاين) العلمية. وذلك كان الوقت الذي دخل فيه -لأول مرة- مصطلح (موجات الجاذبيةGravitational Waves) لعلم الفيزياء.

طبعًا مثل أي نظرية علمية، كانت النسبية تحتاج لإثباتٍ وقتها، وتمَّ إثباتُها فعلًا من خلال قياس الانحراف في ضوء أحد النجوم البعيدة الذي يصل لنا، وذلك بسبب مروره بجوار الشمس. بمعنى أنَّ الضوء ينحني بسبب مروره في منحنى الزمكان الناتج عن جاذبية الشمس المهولة، وذلك هو ما يسمُّونه بالـ (Gravitational Lensing). وطبعًا نال (أينشتاين) جائزة نوبل المستحقَّة بكلِّ تقديرٍ في الفيزياء.

ولكن ماذا عن موجات الجاذبية؟

كيف يمكننا إثباتها؟

(أينشتاين) أثبتها رياضيًا، ولكننا لم نرها أبدًا، ولا نستطيع رصدها لأنَّها لا تتكوَّن من أي شيء مادي قابل للرصد. هي ليست موجات كهرومغناطيسية مثلًا أو أشعة جاما أو إكس. موجات تتكوَّن من لا شيء حرفيًّا.

موجات تغيِّر شكل الواقع Reality نفسه.

موجات تحتاج لأحداثٍ كونية عنيفة جدًّا حتى يمكنها أن تنتج.

موجات شديدة الندرة، ومن شبه المستحيل رصدها على الأرض بسبب بُعد الأحداث الكونية المطلوبة لإنتاجها عن موقعنا في الفضاء بشكلٍ خيالي لا يمكن استيعابه. والذي يجعلها ضعيفة لدرجة أنها يمكن أن تؤثر في مساحة أصغر مليون مرة من قطر البروتون العادي في الذرة!

إذن فلنستسلم.

الأمرُ مستحيلٌ، أو هكذا ظنَّ الجميع.

حتى تاريخ بداية عصر الفيزياء الجديد.

14 سبتمبر 2015.

***

-٢-

L.I.G.O

‘‘لقد بدأنا استعمال حاسة جديدة، كنَّا قادرين على الرؤية فقط في الماضي، والآن صرنا قادرين على السمع أيضًا’’.

(نيرجيس مافالفالاNergis Mavalvala الفيزيائي بجامعة ماساتشوستس للتكنولوجيا M.I.T).

***

منذ فجر تاريخنا، ما كنَّا نعرفه عن الكون كان نابعًا مما كان باستطاعتنا رؤيته، من الضوء، الضوء المرئي الذي كان يصلنا ونحن ننظر إلى النجوم.

ومع مرور الوقت، وتطور المعدات التي نستخدمها في استكشاف الفضاء بدأنا استخدام الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet والأشعة تحت الحمراء Infrared وأشعة إكس-X Rays وموجات الميكروويف Microwave وموجات الراديو Radio Waves التي يستخدمها ويرصدها تليسكوب هابل الفضائي Hubble Space Telescope.

بدأنا رؤية أشياءٍ لم يكن في إمكاننا رؤيتها من قبل.

بدأنا رؤية الكون وكأنَّه حيٌّ، عامرٌ بالأحداث والانفجارات والحياة والموت.

عامرٌ بالتجدُّد والفناء، بالسرعة والبطء.

كونٌ حيٌّ تمامًا.

ولكن -دومًا- ظلَّت هناك حلقة مفقودة.

شيءٌ ما لا نقدر على رصدِه ورؤيتِه

اهتزازات لا يمكننا رؤيتها، لأنَّها تتكوَّن من العدم.

تتكوَّن من لا شيء "حرفيًّا».

منذ 100 سنة تقريبًا، تنبَّأ العبقري (ألبرت أينشتاين) بشيء مهمٍّ للغاية.

تنبَّأ بأن قوة الجاذبية المهولة للأجسام العملاقة في الفضاء التي تدور بسرعة تقارب سرعة الضوء تقريبًا حول بعضها، ستؤدي إلى انحناء نسيج الزمكانSpacetime نفسه.

تمامًا كقطرة الماء التي تسقط في بحيرة، فور سقوط القطرة داخل المياه تبدأ دوَّاماتٌ قصيرة في الانبعاث حولها في شكلٍ دائري في كلِّ اتجاه. تخيَّلوا أنَّ تلك القطرة هي الأجسام الكونية العملاقة، وأنَّ البحيرة هي النسيج الكوني أو الكون نفسه، الزمكان Spacetime.

الموجات الناتجة عن تلك الأحداث العنيفة سمَّاها بموجات الجاذبية Gravitational Waves، لكن لم يقدر أحدٌ أبدًا على رصدِها.

حتى وقت معين.

***

منذ مليار سنة مضت.

وفي مجرة بعيدة للغاية.

كان حدثٌ كوني شديدُ العنف على وشك الحدوث.

ما هو ذلك الحدث؟

ثقبان أسودان كانا يدوران حول بعضهما منجذبان بقوة جاذبية بعضهما المرعبة.

أسمع تساؤلكم الذي يقول كيف يمكن أن يجذبا بعضهما ولا يتصادما؟

سأشرح لكم.

طبعًا أنتم تعرفون قوانين الطرد المركزي للعالِم (ايزاك نيوتن Issac Newton).

جميل.

هذان جسمان يدوران حول بعضهما، ثقبان أسودان.

واحدٌ فيهما كتلته تماثل كتلة الشمس 36 مرة، والآخر كتلته تماثل كتلة الشمس 29 مرة.

المهم أن الاثنين وهما يدوران حول بعضهما بنحو نصف سرعة الضوء تقريبًا (قرابة 250 مرة في الثانية)، قوة جاذبيتهم كانت تلغي بعضها بناءً على قانون الطرد المركزي. ولكن يظل هناك واحدٌ فيهما أكبر من الآخر وقوة جاذبيته أقوى، وبالتالي كانا يقتربان من بعضهما تدريجيًّا على مرِّ السنين.

ومرَّ الوقت وهما أخذان في الدوران.

حتى فجأة، وبكلِّ العنف الكوني الضخم الذي لا يمكن استيعابه، وفي جزءٍ من خمس أجزاء من الثانية، اندمج الثقبان معًا وكوَّنا ثقبًا واحدًا مهولًا كتلته تساوي 62 مرة من كتلة الشمس.

وأين ذهبت الكتل الثلاث الباقية؟

تبخَّرت تلك الكتل الثلاث في الفضاء في شكل موجات جاذبية، لو (تخيلنا) أنَّها طاقة ضوئية أو حرارية فإنَّ إشعاعها سيكون أكبر من إشعاع الشمس مليار مليار مرة.

نفس ما يحدث عندما تسقط قطرة ماء في البحيرة.

موجات جاذبية تُذكِّركَ بموجات تسونامي في المحيط.

نهاية العالم، لكن على مستوى كوني.

موجات الجاذبية تلك تجعل الفضاء نفسه يتمدَّد وينكمش تحت تأثير قوتها!

سأشرح لكم.

تخيَّلوا أنَّ معكم قطعة من المطاط، وأطلقوا عليها اسم الفضاء أو الزمكان، ما تفعله موجات الجاذبيه تلك هو أنَّها تجعل الفضاء والزمن والواقعReality نفسه يتمدَّد مثل قطعة المطاط (أو الأستك)، وينكمش من جديد لحجمه الطبيعي، ويتمدَّد مرة أخرى، وينكمش، حتى تمرَّ، تمامًا مثل أمواج البحر.

لو نظرتَ إلى أمواج البحر فإنَّكَ ستجد مساحة معينة من الماء تكبر وتعلو وتتمدَّد، وبعدها تعود لوضعها الطبيعي بعد مرور الموجة، ثم تعلو وتكبر وتتمدَّد عند وصول الموجة التي تليها.

وطبعًا، موجات الجاذبية Gravitational Waves تلك سرعتها تماثِل سرعة الضوء، كما تخيَّل أينشتاين منذ زمنٍ طويلٍ في النسبية.

بدأت تلك الموجات تسافر في الفضاء، لمليارات السنين، تسافر وتحني الزمن نفسَه في طريقها.

ومع مرور الوقت، كان لا بُدَّ أن تضعف شدة تلك الموجات، بالضبط كمثل ضعف الموجات الحادثة عند سقوط قطرة ماءٍ في البحيرة بعد تكوُّنها وسيرها على سطح البحيرة لفترة.

تلك الموجات في طريقِها إلينا هنا على الأرض، تكون قد ضعفت لدرجة يستحيل معها بكلِّ المقاييس رصدها.

أو هكذا ظنَّ الفيزيائيون في العالم أجمع.

حتى يوم 14 سبتمبر 2015.

***

لويزيانا Louisiana، وواشنطن Washington.

هاتان هما المفتاح.

في هاتين الولايتين الأمريكيتين، اثنان من أكثر المراصد الفضائية تطورًا في تاريخ البشرية كانا في الانتظار.

تلك المراصد غير مألوفة لنا.

نوعٌ جديدٌ، وجيلٌ جديدٌ من أجهزة الاستشعار التي يسمُّونها (لايجو L.I.G.O) اختصارًا لـ (Laser Interferometer Gravitational- Wave Observatory).

أو مرصد التداخُل الليزري لموجات الجاذبية.

قصة بناء تلك المراصد معجزة في حدِّ ذاتِها، واستغرقت نحو 40 سنة في بنائها، ولكن هذا ليس موضوعنا.

ما هي فكرة عمل تلك المراصد؟

سأشرح لكم.

كلٌّ مرصدٍ من هذه المراصد تصميمه على شكل حرفL متساوي الأضلاع، متساوي الأضلاع لدرجة من الدقة لا مجال للخطأ فيها.

طول كل ضلع فيهم نحو 2.5 ميل.

في نهاية كل ضلعٍ منها توجد مرآة، مرآة فائقة الدقة وتصميمها الهندسي مصممٌ بشكلٍ معينٍ. تلك المرايا معزولة عن العالم أجمع في فراغٍ اصطناعي داخل تلك الأنابيب الطويلة، معزولة عن كل شيء حرفيًّا، الغبار والضوضاء والحرارة والاهتزازات وكل شيء.

جميل.

في داخل تلك الأنابيب، وعند مركز حرف الـL ، توجد مرآة تقسيمية.

مرأة تقسِّم شعاع ليزري قادم بزاوية معينة من منتصف حرف الـ L بالضبط، وتوزعه في الاتجاهين اللذين تسلكهما الأنابيب، وذلك الليزر الدقيق يقيس المسافة بين المرآتين بشكلٍ بالغ الدقة.

التكنولوجيا المستخدمة في ذلك الليزر والمرايا هي أحدث تكنولوجيا توصَّل لها الإنسان، ويبلغ قدر دقتها مبلغًا يمكنها من قياس التغيُّر في المسافة بين المرآتين على مساحة أقل من قطر البروتون بعشرات المرات.

ما يحدث بالضبط هو أنَّ شعاع الليزر يسافر في الأنابيب حتى المرايا فائقة الدقة في آخرها، وبعدها ينعكس عنها ثم يعود للمرآة المقسمة مرة أخرى. ولأنَّ ذراعي المرصد طولهما متماثل بمنتهى الدقة، فإن شعاعي الليزر العائدين يلغيان بعضهما تمامًا. الفوتونات الضوئية في كلِّ شعاعٍ تتلاشى مع بعضها، ويصبح الناتج أنَّه "لا ضوء".

ثم ماذا؟ ما علاقة هذا بموجات الجاذبية؟

ما يحدث هو أنَّ موجات الجاذبية شديدة الضعف تلك عندما تمرُّ على الأرض، فإنَّها تغيِّر المسافة نفسها التي بين المرآتين اللتين في آخر كلِّ ذراعٍ في المرصد، تغيِّرها بمسافة أقل بعشرات المرات من قطر البروتون . وذلك التغيُّر يجعل واحدًا من الذراعين فجأة أطول من الآخر، وبالتالي فإنَّ الليزر المنعكس عن المرآة خاصته سيبتعد عن الليزر الآخر القادم من الذراع الآخر، ولن يتصادم معه، وبالتالي لن تتلاشيا معًا، وستنتج نبضة ضوء خافتة تتلاشى فور عبور موجة الجاذبية، وتتكرر فور وصول موجة أخرى، وهكذا.

قمة العبقرية التي لا أدري كيف يمكن أن أصفها بصراحة، أشياء كهذه تشعرني بالتضاؤل أمام التقدُّم العلمي الغربي.

بذلك الشكل، ما سيحدث عند عبور موجة جاذبية هو أنَّ ذلك الليزر الاستشعاري سينتج نبضات ضوء يقيسها جهاز الاستشعار الموجود داخل المرصد، وبعدها يحوِّلها بحساباتٍ تكنولوجية رياضية معقدة إلى صوتٍ مسموعٍ.

فجأة، صرنا قادرين على الاستماع للكون.

لا نرى فقط، بل نسمع أيضًا.

وفي يوم 14 سبتمبر سنة 2015، وبعدما شغَّل العلماء المرصد لأول مرة بوقتٍ قليلٍ جدًّا، قرابة الفجر تقريبًا، التقطوا الصوت.

صوت الجيل الجديد من الفيزياء، صوت الكون، صوت الخلق والأسرار، صوتًا لا يمكنني أن أصفه.

صوتًا يشبه القرمشة أو تغريدة معينة، نتجت بعد اندماج الثقبين الأسودين منذ مليار سنة في مجرة على بُعد ملايين السنين الضوئية.

ومع استماع العلماء لذلك الصوت لأول مرة كانت المفاجأة.

إحساسك بأنَّك اكتشفت سرَّ الخلق، سرَّ الفيزياء، أصبحت لديك قوة لا يمكن استيعابها.

وذلك كلُّه بالعلم وحده.

وما بين دموعٍ وصراخ الفرح، كانت تلك بداية فرع جديد تمامًا من فروع علم الفيزياء الكونية.

الفرع السمعي.

لأوَّل مرة، أصبحت لدينا القدرة على دراسة أعماق الثقوب السوداء التي لا تطلق ضوءًا ولذلك لا يمكن دراستها بالوسائل الضوئية، ولكن يمكن دراستها بالاستماع للنبضات الصادرة عن موجات الجاذبية الناتجة عنها.

لأول مرة يمكننا أن نؤكِّد بشكلٍ قاطعٍ صحة فرضية أمواج الجاذبية لـ (أينشتاين) بعد 100 سنة من ابتكارها.

لأول مرة وضعنا أنفسنا على بداية الطريق للنجوم.

بداية الطريق للمستحيل.

وعلى عكس ما يعتقد البعض، فإنَّ (لايجو L.I.G.O) هو مجرد بداية.

بداية لمشاريع كبرى بدأتها وكالات الفضاء العالمية وفي مقدمتها ناساN.A.S.A كبرنامج لدراسة النجوم.

نحن الآن على أبواب عصرٍ جديدٍ.

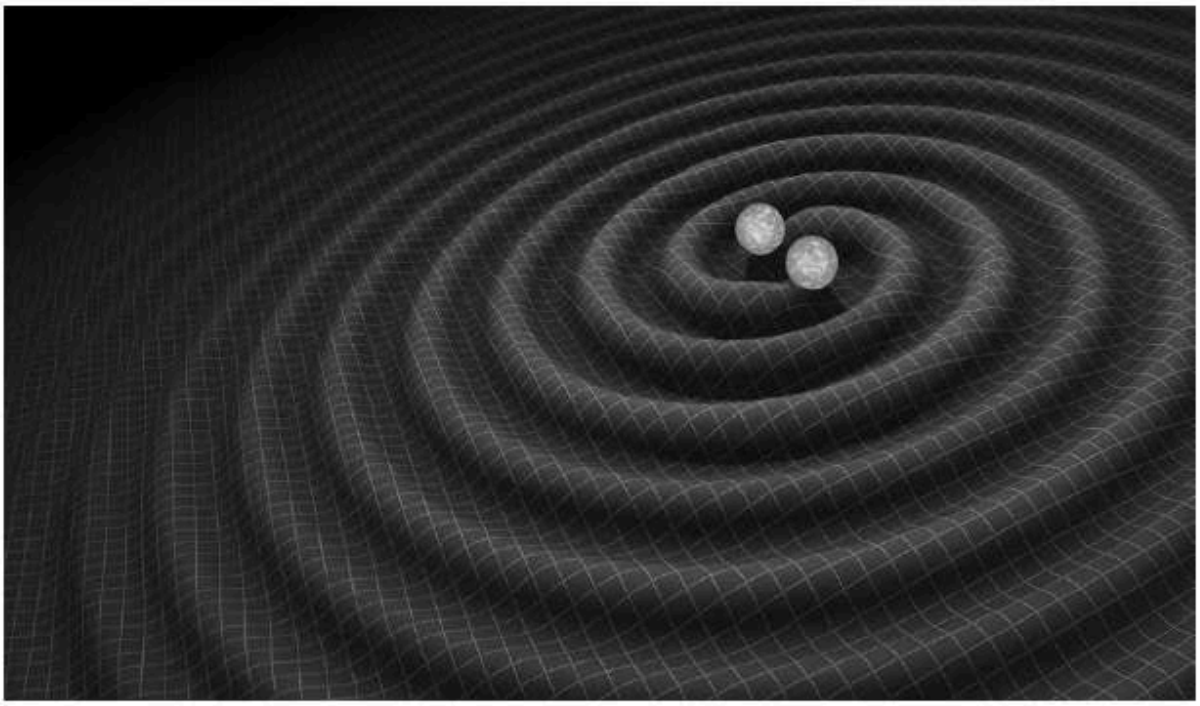
عصر العلم الحقيقي.

عصر الإنسان فيه هو سيد الكون.

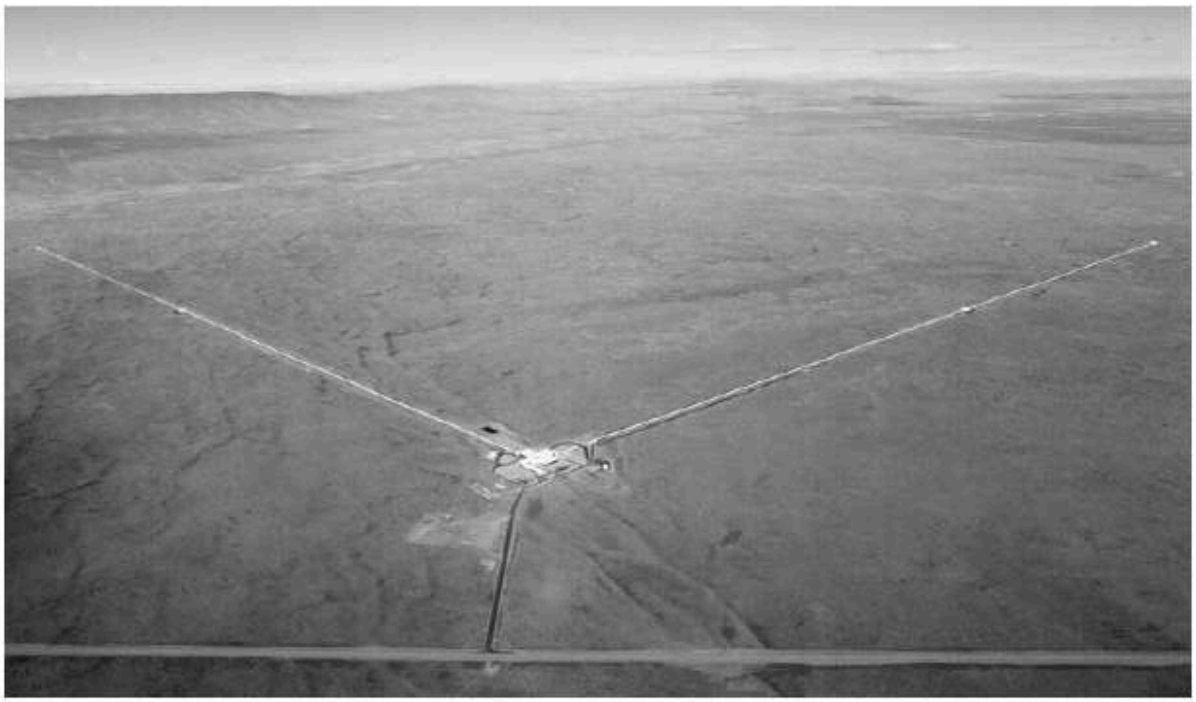
عصر بدأ بسبب نبضة ضوء بسيطة في جهاز استشعار متطورٍ.

جهاز يُدعى (L.I.G.O).

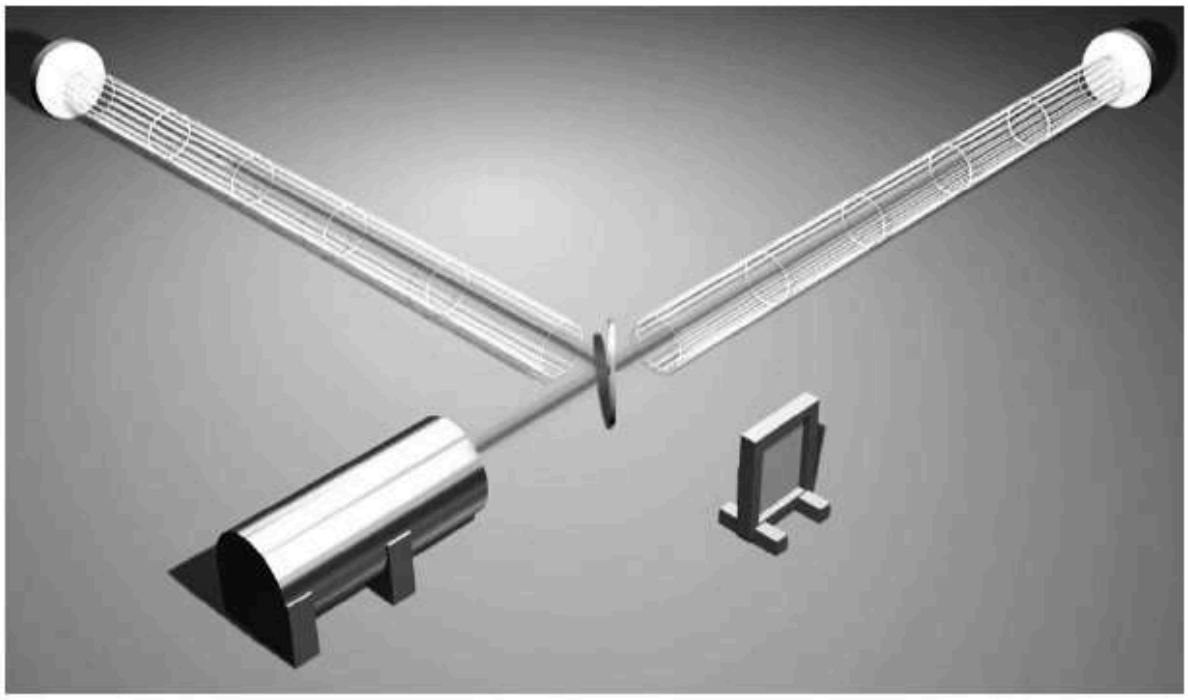
***



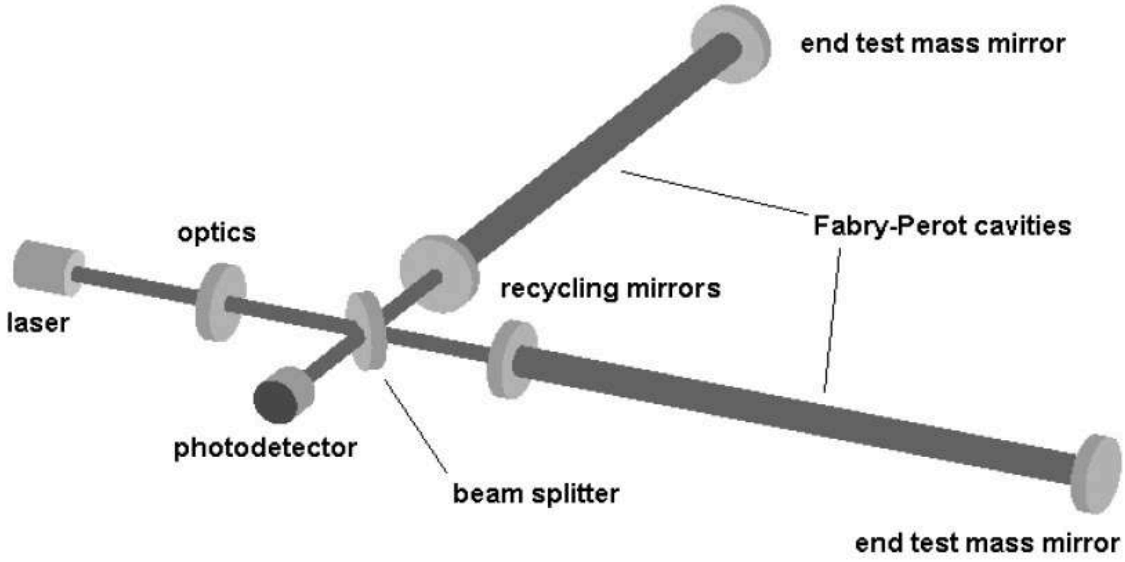
صورة توضيحية لكيفية تكون موجات الجاذبية في نسيج الفضاء بسبب حركة الأجرام السماوية وطاقتها الجذبوية.



صورة من السماء لمرصد لايجو O.G.I.L



صورة توضيحية بسيطة لتكوين مرصد لايجو من الداخل



صورة توضيحية توضيح تركيب المرصد.

-١٠-

اللغز

The Puzzle

تمهيد

الفيزيائيون كلَّ يومٍ يكتشفون شيئًا جديدًا "حرفيًّا»، يكتشفون مكونات عالمنا كلِّه. أي متابع للتقدُّم العلمي الحالي سينبهر حتمًا لو قارنه بحال البشرية منذ 50 سنة مضت فقط.

تجارب (سيرن Cern) و(لايجو L.I.G.O) وغيرهما الكثير في شتى المجالات.

تكنولوجيا الاتصالات والإنترنت والإلكترونيات بشكلٍ عامٍ.

كلُّ ذلك قائمٌ على علمٍ واحدٍ أوحد تتفرع منه كلُّ الأشياء الأخرى.

علم الفيزياء.

ولكن، خلف علم الفيزياء كلِّه بكلِّ فروعه يقبع شيءٌ غامضٌ، عميقٌ، وقوي ودقيقٌ بشكلٍ لا يمكن استيعابه بعقولنا المجردة.

شيءٌ يسمُّونه (لغة الكون The Language of The Universe).

شيءٌ يمكننا اعتباره أكبر إنجازٍ وتقدُّمٍ للحضارة بأكملها.

شيءٌ اسمه علم الرياضيات Mathematics.

ما هي الرياضيات؟ من أين جاءت؟

ولماذا -في العلوم بالذات- تعمل بذلك الشكل فائق الدقة؟

العالِم العظيم (ألبرت أينشتاين Albert Einstein) تساءل في يومٍ ما: كيف من الممكن أن تصف المعادلات الرياضية الكون بأكملِه بكلِّ علومه بذلك الشكل فائق الدقة؟

هل الرياضيات –في الأساس– علمٌ بشري؟ أم هي شيءٌ أكبر وأعمق من ذلك، وأكثر تأثيرًا؟

لا أحد يعرف، ولا أحد يقدر حتى على الوصول لربع الحقيقة.

لكن كل ما نعرفه هو شيءٌ واحدٌ مؤكدٌ.

الرياضيات، هي مفتاح الكون.

***

‘‘إذن معنى ذلك بعد كلام (هاوتون) أنَّ كلَّ ما نعرفه في الفيزياء عديم الفائدة!

وذلك شيءٌ مستحيلٌ، شيء صعب لدرجة لا يمكن تخيلها، لو أنَّ كلَّ ذلك خاطئ، إذن كيف وصلنا للتقدُّم العلمي الحالي؟ شيءٌ غير منطقي طبعًا.

إذن بالتأكيد هناك خطأ ما’’.

(جزء من المقال السابق بعنوان مشروع L.I.G.O)

***

-١-

(فيبوناتشي Fibonacci)

الجنس البشري دومًا ما كان ينظر إلى الطبيعة.

دومًا كان ينظر إلى السماء ويحاول البحث عن أنماطٍ.

أشياء نمطية متكررة يمكن ملاحظتها وتوقعها.

ومع بداية التاريخ، وتطور الذكاء البشري، بدأنا ننظر إلى السماء ونكتشف الأبراج.

برج الجدي.. برج الثور.. برج الحوت.. برج الأسد.

الكثير والكثير من الأبراج.

بدأنا نلاحظ تلك الأبراج، ونتخذها حتى كوسيلة لتوقُّع المستقبل، بدأنا حتى في تصديق أنَّها يمكن أن تكون مفتاح القدر.

وبدأنا نتطور بعدها. بدأنا ننظر إلى فصول السنة ونفهمها، صيف وشتاء وربيع وخريف.

بدأنا نرى الأنماط في كلِّ شيءٍ حولنا، كل شيء هو عبارة عن بعض الأنماط.

بدأنا نكتشف أعظم نمطٍ موجودٍ، الوقت.

الزمن.

حتى بدأنا نرى تلك الأنماط وذلك التماثُل في الجسم البشري نفسه، في تركيبه وتكوينه.

في مثلًا الخطوط التي على أجساد الحيوانات، الخطوط السوداء الموجودة على وجه النمر مثلًا.

خطوطٌ وأنماطٌ في كلِّ مكانٍ.

بدأنا نترجم تلك الأنماط في حياتنا اليومية، في فنوننا، في العمارة، في كل شيء.

ولكن ما الذي تخبرنا به تلك الأنماط؟ ما الذي تقوله؟

لماذا -مثلًا- يجب أن يكون شكل صدفة حيوان الـ (نوتيليوس) الحلزونية، مماثلًا للشكل الحلزوني للمجرات؟

أشياء كثيرة متكررة، ومتشابهة بشكلٍ غريبٍ، يجعلك تعتقد وتتأكد أنَّه لا بُدَّ من وجود رابطٍ بينها.

ودائمًا عندما يعجز العلماء عن فهم شيء ما؛ يلجأ جميعهم إلى أداة قوية للغاية.

الرياضيات.

نبدأ في تحويل المشاهدات والملاحظات موضع التجربة إلي أرقامٍ، كميات رقمية، وبعدها نستخدم وسائل ومعادلات رياضية لاختبارها وحلِّها؛ في محاولة منَّا لفهم ما وراء الطبيعة، وما وراء الكون.

محاولة لفهم النمط الواحد الأوحد الذي يجعل كلَّ شيء حولنا في الطبيعة يعمل بذلك الشكل النمطي المتماثل الخارق للفهم والاستيعاب.

محاولة لفهم ماهية الوجود والواقع Reality نفسه.

وبدأ عصر الاكتشافات.

باستخدام الرياضيات، وفي كلِّ العلوم بدأت الكشوفات تتوالى.

بداية من مدارات الكواكب، وانتهاءً بالموجات الكهرومغناطيسية التي نستخدمها للتواصل بهواتفنا المحمولة.

كلُّ شيءٍ هو عبارة عن معادلات رياضية تمَّ حلُّها بشكلٍ ما.

كلُّ شيء هو أرقامٌ.

وكلُّ ذلك يقودنا للتساؤل: هل هناك طبيعة رياضية لعالمنا وكوننا المرئي وغير المرئي الذي نقدر على استيعابه؟

هل حياتنا، وكل ما يمكن أن نراه، عبارة عن رياضيات وأرقامٍ مرئية؟

أم أنَّ الرياضيات كلها هي في رؤوسنا فقط؟

ويستمر السؤال.

***

هذا هو العام 1170م.

يوم ميلاد عالم الرياضيات العظيم (ليوناردو جيلييلمي Leonardo Gulielmi) الذي اشتهر فيما بعد باسم (فيبوناتشي Fibonacci).

ذلك العالِم العظيم عُرِف في العالم الحديث بفضل مساهمته في نشر الأعداد (العربية – الهندية) للعالم الغربي وأوروبا، خصوصًا ضمن كتابه الشهير جدًّا (كتاب الحساب Liber Abaci). كل هذا جميلٌ جدًّا.

لكن ما علاقته بنا بالضبط؟

علاقته بموضوعنا هنا تتمثَّل في الشيء الذي اشتهر به فعلًا.

متتالية فيبوناتشي Fibonacci Sequence.

ما هي متوالية فيبوناتشي تلك؟

سأشرح لكم، تعالوا ننظر حولنا على كل شيء في الطبيعة.

تعالوا مثلًا ننظر إلى الورد والأزهار.

بعض الأزهار مثلًا تتكوَّن من 3 بتلاتٍ، البتلة التي هي ورقة الزهرة.

هناك أزهارٌ أخرى متكونة من 5 بتلات.

وأخرى متكونة من 8 بتلات.

أزهار أخرى تتكوَّن من 13 بتلة.

هل تلك الأرقام فعلًا أرقامٌ عشوائية؟ أم أنَّ لها معنىً ما؟

قد اتفقنا جميعًا من قبل، الله لا يرمي النرد، لا شيء مخلوق عبثًا وبلا معنى.

كل شيء له معنى ما، ربما نقدر على استيعابه وربما لا نقدر، ولكن هذا لا ينفي أنه موجود.

إذن ما العلاقة هنا؟

العلاقة تتمثَّل في أعداد فيبوناتشي Fibonacci Numbers.

تعالوا نأخذ الرقمين 1 و1.

جميل.

الآن لدينا أول عددين في المتتالية هما (1 – 1).

من أول تلك النقطة، تعالوا نجمع العددين السابقين، ونضع الناتج في العدد التالي، وهكذا.

إذن (1+1 = 2).

إذن العدد الجديد في المتوالية العددية هو 2، (1 – 1 – 2).

جميل.

تعالوا نجمع العددين السابقين ونستنتج العدد الجديد.

(2 + 1 = 3).

إذن العدد هو 3.

(1 – 1 – 2 – 3).

هيا نكمل.

(3 + 2 = 5).

إذن العدد هو 5، (1 – 1 – 2 – 3 – 5).

وبالتالي تصبح المتوالية العددية هي (1 – 1 – 2 – 3 – 5 – 8 – 13 – 21 – 34 ...) وهكذا.

تلك المتوالية العددية الغريبة هي شيءٌ غامضٌ وغير مفهوم يمسُّ كلَّ شيء في حياتنا اليومية والطبيعية والكونية والفيزيائية.

بداية من وسائل قياس الجمال البشري الطبيعي، وحتى سوق البورصة نفسه.

شيء غريبٌ وغير طبيعي، بل –والأدهى– غير مفهوم ولا يمكن إثباته!

ورغم ذلك، الغريب في الموضوع هو أنَّ الطبيعة نفسها يبدو عليها أنَّها تفضِّل أرقام فيبوناتشي تلك!

مثلًا، أرقام فيبوناتشي لها علاقة كبيرة وواسعة وغير مفسرة بعلم النباتات. على سبيل المثال، لو لاحظت شكل مخروطة نبات الصنوبر ستجد فيها حلزوناتٍ في اتجاهٍ معين لو جمعتها سينتج عنها –لا بُدَّ- رقم فيبوناتشي، مثلًا 13.

ولو جمعتها في الاتجاه المعاكس ستعطيكَ رقم فيبوناتشي آخر، شيءٌ عجيبٌ أليس كذلك؟

إذن هل النباتات تعرف الرياضيات؟ ذلك سؤالٌ محيرٌ.

بعد تفكيرٍ طويلٍ، الإجابة هي كلا، النباتات لا تفهم ولا تعرف الرياضيات.

ولكن من خلقها هو من يعرفها، ويفهمها. النباتات نفسها في بيولوجياتها الطبيعية تخلق شيئًا يشبه الميكانيزم Mechanism لا يمكن استيعابها، ولكن يمكننا اعتبارها ماكينة Machine أو ميكانيزم يخلق متوالية فيبوناتشي!

لكن كيف؟ ولماذا؟

ما علاقة تلك المتوالية الرياضية بالطبيعة، ولماذا تلك الأعداد بالذات؟ لماذا ليست أعدادًا أخرى؟ لماذا مثلًا 13 وليس 12؟ ما الفرق؟

لن نفهم، ولا يمكن أن نفهم في يومٍ، لأنَّ الأمرَ كلَّه أكبر من قدرتِنا على الفهم والاستيعاب.

وذلك ليس كلَّ شيء، ما زالت هناك ألغازٌ كثيرة جدًّا جدًّا في علوم الرياضيات، ليست أعداد فيبوناتشي أغربها.

***

-٢-

(باي Pai)

دائمًا هناك علاقة غامضة، غير مفسِّرة وعميقة بين العالَم الفيزيائي الذي نراه في كلِّ مكانٍ حولنا على مرمى البصر، وبين الرياضيات.

دائمًا هناك نوعٌ من التماثُل أو الأنماط في كلِّ شيءٍ.

والشيء الذي لا نجد فيه تماثلًا وأنماطًا، لا بُدَّ أن نجد فيه علاقة أو معادلة رياضية غريبة تجعل أدمغتنا تدور.

ومن تلك الأشياء شيءٌ عجيبٌ يُعتبَر واحدٌ من أشهر المواضيع في علوم الرياضيات وهندسة المساحات والفيزياء.

شيءٌ يسمَّى (باي Pai) أو (ط).

***

قبل أن نتكلم عن البداية، تعالوا أولًا لأشرح لكم ما معنى (باي) تلك.

هل جرَّب أحدكم أن يحسب مساحة دائرة من قبل؟ هل استطاع أن يوجدها بدقة؟

الإجابة هي لا، لأنَّ ذلك مستحيلٌ الناتج الوحيد الذي يمكن أن نصل له هو عددٌ تقريبي فقط، وذلك بسبب ما نُطلِق عليه اسم (ط) أو (باي Pai).

ما هي مساحة الدائرة؟

ط x مربع قطر الدائرة.

جميل.

ما هي (ط)؟

(ط) أو (باي Pai) تعني النسبة بين محيط الدائرة وقطرها. بمعنى أوضح، محيط الدائرة يساوي (3.14159) قطرها. ذلك الرقم هو الرقم التقريبي لـ (ط) أو (باي Pai).

(باي) أيضًا يُرمز لها بحرف (باي) الإغريقي، والشيء المؤكد هو أنَّ (باي) هذا عددٌ خارقٌ للطبيعة.

لماذا؟

لأنَّه عددٌ حقيقي وليس من الأعداد الكسرية. بمعنى أنَّه من غير الممكن كتابته على شكل كسر (بسط / مقام)، بمعنى آخر لا يوجد عددان صحيحان يمكن قسمتهما على بعض وينتج عنهما نسبة صحيحة لـ (ط).

ركزوا معي.

(باي) أيضًا عددٌ غير جبري، أو ما يُطلَق عليه (عدد متسام)، بمعني أنَّ أرقامه لا نهائية! لا حدود له، رقم لا نهائي ولا يمكن حصره. والأدهى هو أنَّ حدوده تلك لا تشكِّل متوالية أو نمطًا، بل هي عشوائية تمامًا ولا تتكرر أبدًا.

شيءٌ صعبٌ على الاستيعاب، ويزداد صعوبة عندما نقول إنَّه عددٌ غير جذري أيضًا، بمعنى أنَّه لا يمكن أن ينتج عنه ما يساوي نسبة عددين صحيحين.

كيف؟ ما هو سر الغموض المحيط بذلك الرقم أو تلك النسبة؟

حتى نفهم كلَّ ذلك لا بُدَّ أن نعود لنقطة البداية كما اعتدنا.

اعتدنا أن نبدأ كلامَنا دومًا ببداية النظرية، أو بداية اللغز، كلُّ هذا جميلٌ.

لكن في هذه المرة سنضطر لتغيير أسلوبنا، لماذا؟ ذلك لأنَّه لا بداية هنالك! أو على الأقل لا أحد يعرف متى كانت.

غير معلوم لنا إطلاقًا متى اكتشف الإنسان أنَّ النسبة بين محيط الدائرة وقطرها هي نسبة ثابتة، ولكن الشيء الأكيد هو أنَّ تلك الحقيقة تمَّ اكتشافُها منذ زمنٍ بعيدٍ للغاية.

الحضارات القديمة للغاية مثل الحضارة البابلية مثلًا، والمصرية الفرعونية القديمة، كانت تتعامل بنسبٍ مقربة لـ (ط أو باي). مثلًا البابليون استعملوا النسبة التقريبية 25 /8 التي ناتجها يعطي تقريبًا 3.125.

المصريون القدماء استعملوا النسبة 256 /81 التي ناتجها يساوي تقريبًا (3.16049383). وهي نسبة قريبة جدًّا من نسبة (باي) الصحيحة.

الحقيقة أنَّ نسبة (باي أو ط) المستعملة في يومنا هذا مكتشفها هو العالِم اليوناني العبقري (أرشميدس Archimedes) صاحب قوانين الطفو الفيزيائية الشهيرة. وهي -النسبة- محصورة بين قيمة العددين (22/7) و(221/73).

وبعد؟ ما مشكلة (ط أو باي) تلك؟ وما الألغاز الناتجة عنها؟

هناك لغزٌ مشهورٌ جدًّا اسمه لغز (تربيع الدائرة)، دعوني أبسِّطه لكم إلى أقصى مدى.

(لغز تربيع الدائرة) أو (مسألة تربيع الدائرة) هو تحدي إغريقي قديمٌ للغاية، تلك المسألة تتحدَّى علماء الرياضيات في إنشاء مربع مساحته تساوي مساحة دائرة معطاة.

يبدو الأمر سهلًا، لكن -صدقوني- الأمر مستحيلٌ تمامًا. وتمَّ برهنة الاستحالة العلمية لهذا الإنشاء سنة 1882، وذلك بسبب عدد (ط أو باي)!

لماذا؟

قلنا من قبل أن مساحة الدائرة تساوي (ط x مربع قطر الدائرة). جميل.

نحن نقدر على إيجاد (ط) بشكلٍ دقيقٍ في الأساس؛ كلُّ ما نملكه هو نسبه تقريبية تذكرك –لا بُدَّ- بالاحتمالات اللا نهائية ومبدأ عدم التأكُّد (Uncertainty Principle) في ميكانيكا الكمِّ Quantum Mechanics.

كيف -ونحن أصلًا لا نملك قيمة (ط) الحقيقية- يمكننا إيجاد مساحة الدائرة، وعمل مربع لها من نفس مساحتها؟

بناءً على كوننا لا نملك قيمة (ط)، لن نستطيع أبدًا إيجاد عددٍ يساوي (ط) لنضربه في مربع قطر الدائرة، وبالتالي لن نقدر أبدًا على إيجاد مساحة الدائرة بشكلٍ دقيقٍ، وبالتالي لا يمكننا إيجاد مربعٍ ودائرة متساويي المساحة.

هل تفهمون لماذا يستحيل الأمر؟

هناك حقيقةٌ مدهشةٌ لا بُدَّ أن تعرفوها عن الرقم (باي)، وهي أنَّ أرقامه لا نهائية، ولا تتكرر إطلاقًا بشكلٍ منتظمٍ. في سنة 2013 تمَّ حساب عدد أرقامِه باستخدام أحدث التكنولوجيات التي توصَّل إليها الإنسان، ووصلنا إلى عدد أرقام يساوي 12.1 تريليون رقم! هل تتخيلون؟

12.1 1012 x! رقم مستحيل التخيُّل أساسًا ولا يمكن كتابته.

ولكن، على الرغم من كل ذلك، يبدو أن لغز (ط أو باي) أكبر وأعمق من ذلك بكثيرٍ.

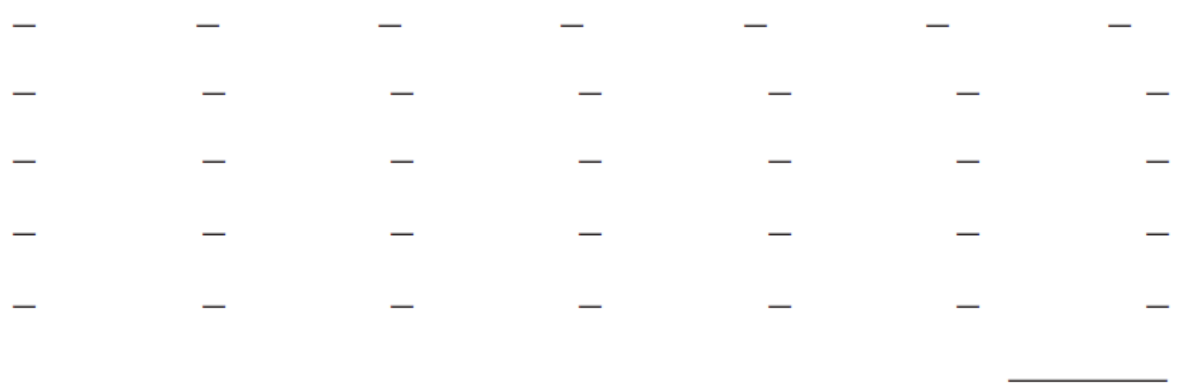
***

(باي) في الواقع تظهر في ظواهر طبيعية وأنماطٍ كثيرة جدًّا لا يمكن حصرها، وبالتأكيد ليست لها أي علاقة بالدوائر والأقطار إطلاقًا.

كيف؟

تعالوا أخبركم بشيءٍ مدهشٍ للغاية، وبإمكانكم تجربته بنفسكم. شيء له علاقة بنظريات الاحتمالات (Probability Theories) على وجه الخصوص.

تخيل -مثلًا– أنَّ أمامك ورقة، تلك الورقة تحوي خطوطًا متوازية مثل هذه:



هل أنتَ معي؟

جميل. قم بإحضار دبوس مثلًا أو عود ثقاب أو أي شيء صغير له نفس الشكل، وركز معي.

فلنفترض -لمجرد الافتراض- أنَّ طول عود الثقاب هذا هو نفس المسافة التي بين أي خطين متوازيين في الورقة.

جميل جدًّا، الآن ارفع عود الثقاب هذا وقُم بإلقائه فوق الورقة.

ما الذي يحدث؟

ما يحدث هو شيء عشوائي للغاية بالطبع. في بعض الأحيان عود الثقاب يسقط على الورقة في وضع تقاطعٍ مع واحدٍ من الخطوط، بمعنى أنَّه يقطع الخط.

وفي بعض الأحيان الأخرى يسقط بين الخطوط بالضبط في أي وضع، لكن الخلاصة هي أنَّه لن يلمس الخطوط التي في الورقة إطلاقًا، صحيح؟

لو كنتَ تجرِّب الأمر الآن، فأنت بالتأكيد تفهم ما أقصده.

جميل جدًّا. فلنكرر الأمر مراتٍ عديدة، ونحسب ونسجل النتائج.

الذي سيتضح لك بعد فترة من الحسابات وتسجيل النتائج هو أنَّ احتمال سقوط عود الثقاب على الورقة بحيث إنَّه يقطع واحدًا من الخطوط التي عليها هو بالضبط (2 / ط)! لو حسبت الاحتمال بالألة الحاسبة سيكون الناتج بالضبط 64 %.

إذن معني ذلك أنَّنا -عمليًّا- يمكن أن نستمر في رمي عود الثقاب على الورقة، ونسجل النتائج لملايين المرات، ونحسب كلَّ تلك النتائج، وبعدها نجمعها ونلاحظ النسبة الموجودة بين احتمال قطع عود الثقاب لواحد من الخطوط وعدم قطعه، وبعد كل ذلك سنجد أنَّ النسبة هي بالضبط (2 / ط)، بمعنى أنَّه يمكننا حساب (ط) في الواقع، ولكن ذلك سيحتاج منَّا لمحاولاتٍ لا نهائية، حتى يمكننا أن نصل لأرقام (ط أو باي) اللا نهائية!

هل فهمتم شيئًا؟

يعني ذلك أنَّ الاحتمالات لحدوث أي شيء في الدنيا، وربما التنبؤ نفسه بحدوث شيء ما أو عدم حدوثه له علاقة وثيقة بـ (ط أو باي)!

بمعنى أننا لو كنَّا نمتلك جهاز كمبيوتر عملاق للحد الكافي ليتمكن من حساب كل تلك الاحتمالات والأرقام، فنحن في الواقع نستطيع التنبؤ بالاحتمالات المستقبلية بدقة قبل

وقوعها حتى! يعني هذا أنَّ التنبؤ بالاحتمالات -باستخدام (باي)- أصبح ممكنَ الحدوث.

والمذهل في الموضوع أنَّ الأمر علميٌّ تمامًا، ويمكن إثباته رياضيًّا وعمليًّا!

والأغرب من كل هذا، أنه رغم أن (ط) في العموم تتعلَّق بكل ما هو دائري، إلَّا أنَّها أيضًا تظهر لنا في أغرب الأماكن والأشياء والمعادلات.

مثلًا، نحن نستطيع رؤية (ط أو باي) في المسار المتعرج للأنهار! نحن نعرف أنَّ طول النهر هو في الواقع النسبة بين طول المسار المتعرج الحقيقي للماء إلى المسافة بين بدايته ونهايته.

المثير أنَّ تلك النسبة (الطول/المسافة) هي بالضبط (ط أو باي)!

المحاكاة الرقمية على الكمبيوتر لأي شيء يحوي موجاتٍ على سبيل المثال، لا بُدَّ أن نجد فيها (باي). مثلًا شكل موجات الضوء أو الصوت على برامج المحاكاة (Simulation)، بمعنى أنَّه –بالنسبة للضوء– يمكن لـ (باي) أن تجعلنا قادرين على التنبؤ باللون المفترض ظهوره في قوس قزح، واللون غير الممكن الظهور، و-بالنسبة للصوت- يمكن أن نتنبأ بمساعدة (باي) بصوت البيانو مثلًا!

(باي) تظهر حتى في شكل ثمار التفاح! في الطريقة التي تنمو بها الخلايا وتأخذ ذلك الشكل الدائري المميز لها.

موجودة حتى في بريق انفجارات النجوم أو الـ (سوبر نوفا Supernova).

أحد الكُتَّاب الغربيين قال مثالًا، أنا شخصيًّا أعتبره عبقريًّا للغاية.

قال إنَّ الأمر كأنَّك تقف على قمة جبل، وترى ضبابًا أمامك يغطي كل شيء، ومن قلب ذلك الضباب تظهر لك قمم جبال أخرى لا نهائية، على كل واحدة فيها علامة (ط أو باي) واضحة أمامك، تخيل ذلك على عالمنا وواقعنا Reality كله.

نحن نعرف أنَّ كلَّ تلك الألغاز والأرقام مرتبطة ببعضها، ولها علاقة وثيقة ببعضها وبعالمنا وواقعنا الفيزيائي كله، ولكنَّه من المستحيل أن نفهم كيف، ذلك لأنَّنا بشرٌ، كائنات دنيا ذات عقل قاصر.

عقل يعجز عن استيعاب محيطٍ كاملٍ من الغموض يحيط بتلك المنظومة الكونية فائقة الدقة.

علوم الرياضيات.

هل حقًّا نعتقد أنَّ الرياضيات هي في عقولنا فقط؟

هل نحن نخترعها فعلًا؟ هل من الممكن أن يبتكر الإنسان القاصر شيئًا بعظمة ودقة الرياضيات؟ أم أنَّنا في الواقع نكتشفها ونظن أنَّنا نخترعها؟

رغما عنَّا لا تتوقف عقولنا لحظة عن التفكير في معنى كل هذا.

كحال البشر دومًا، يقودنا التفكير إلى البحث، ومحاولة الاستيعاب.

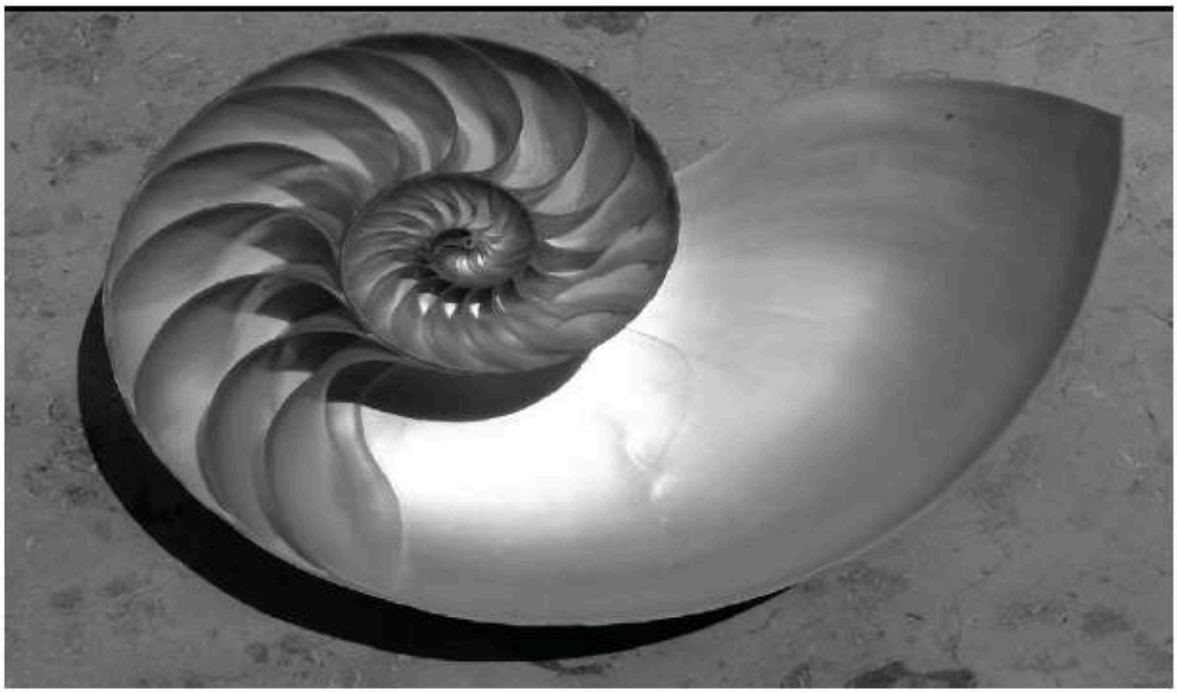
كطفلٍ يحبو أولى خطواته نحو العلم، والمعرفة.

هل نحن نعيش داخل نظام رقمي إلهي موحد ومتكامل بشكلٍ تعجز عقولنا عن استيعابه وإدراكه، أم أنَّ كلَّ هذا لا يتعدَّى كونه محض صدفة لا أكثر؟

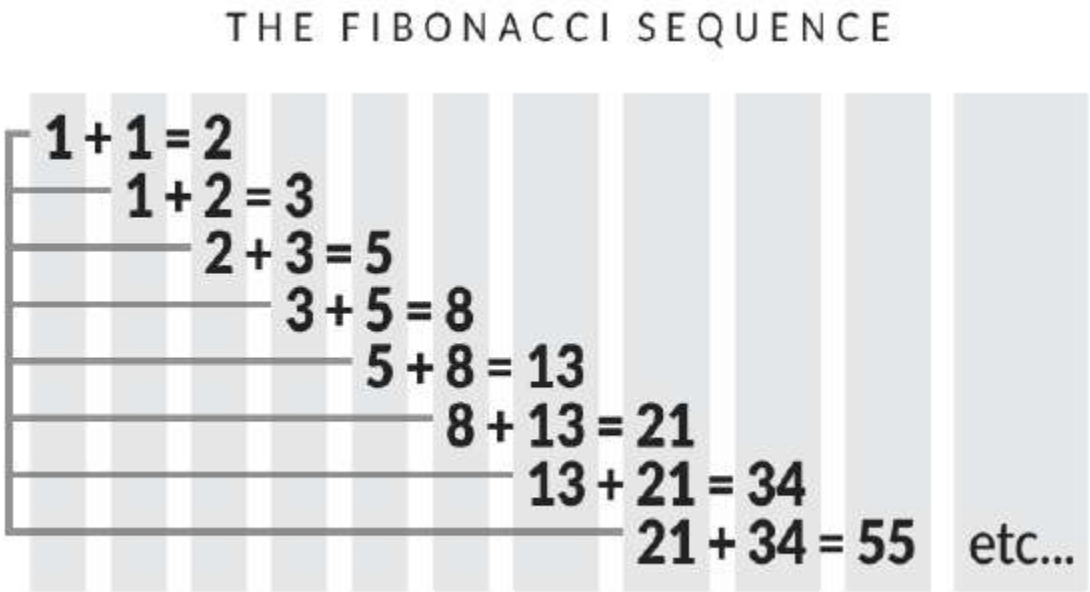
هذا هو السؤال.

وذلك هو اللغز.

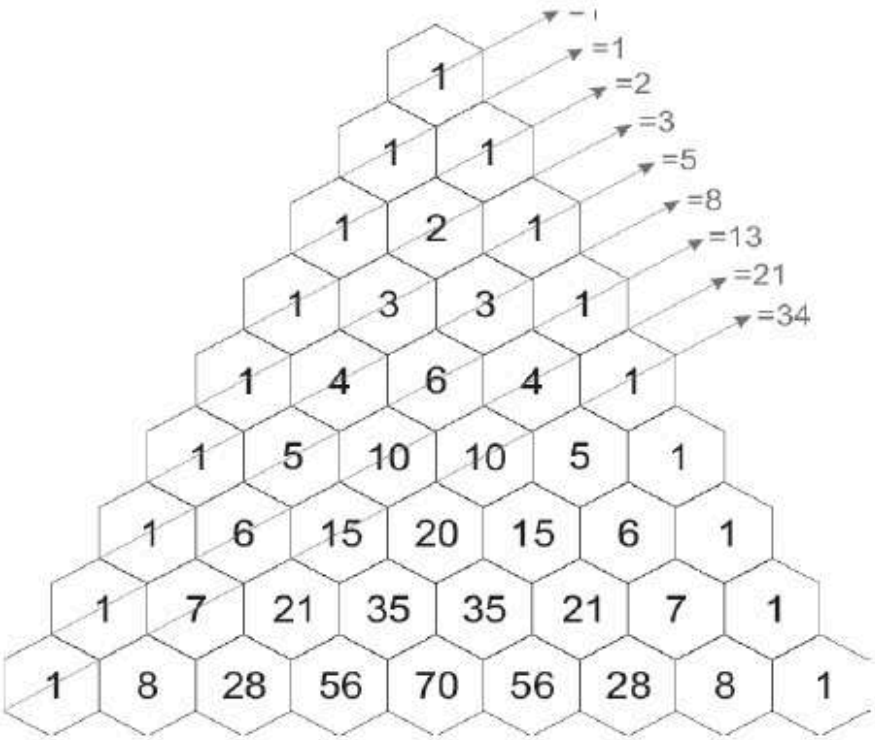
***



شكل صدفة النوتيليوس المذكورة في المقال.

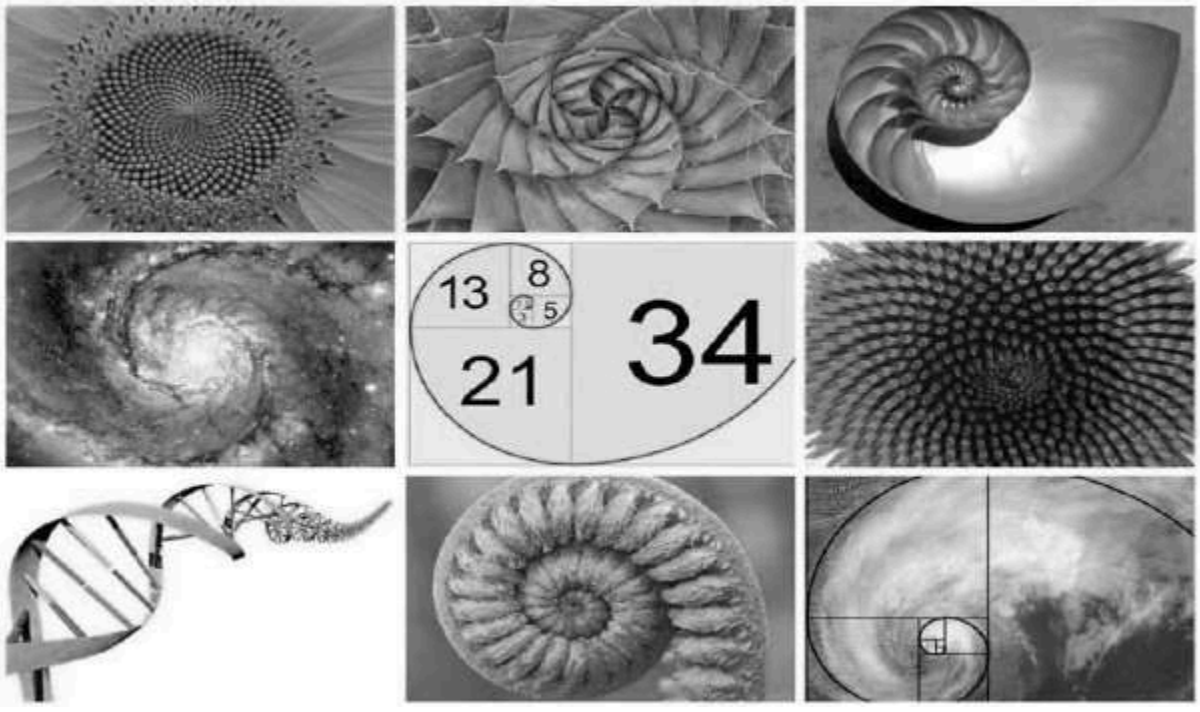


توضيح لمتوالية أعداد فيبوناتشي



صورة هرمي لمتوالية فيبوناتشي

متوالية فيبوناتشي في الطبيعة



متوالية فيبوناتشي في كل صور الكون

خاتمة لا بُدَّ منها

من نحن حقًّا؟

من أين جئنا؟

من أين جاء كونُنا؟

مين أين جاء عالمُنا؟

من أين جاء من جاء بنا؟

هل تعرف تلك اللحظات التي تتفكر بها في ماهية الكون وخالقه وتكون على شفا الكفر والإلحاد؟

لكلِّ شيءٍ بداية ونهاية، لكلِّ مكانٍ قواعد فيزيائية تكفي لاستيعابه، لكلِّ فترة زمنية قوانين خاصة بها.

لو كان ذلك صحيحًا، إذن فماذا كان هناك قبل بداية الكون والزمن؟

ما هي ماهية الخالق؟ ما هو الخلق؟ ما هو ذلك الكيان الأعظم الذي خلق كونَا بأكملِه من لا شيء، ومن أين وجد؟

كلُّ ما نعرفه علميًّا ودينيًّا وبكلِّ التكنولوجيا المعاصرة التي توصلنا إليها، ما زالت لا تكفي لإجابة أي من تلك الأسئلة.

الإلحاد، تلك الظاهرة التي أصبحت نوعًا جديدًا من الموضة يتماشى مع رغبه الشباب في إظهار ذكائهم وتميُّزهم عن الآخرين.

لكن هل هم أذكياء حقًّا؟

هل من الذكاء أن تنكر وجود خالقٍ للكون لأنَّك ببساطة لا تقدر على استيعاب وجود ذلك الكيان الخارق للطبيعة الذي لا يمكن تفسيره بقواعدِكَ الفيزيائية أو العقلية البشرية القاصرة؟ العالِم الكبير (ستيفن هوكينج) يقول بأنَّ قوانين الفيزياء تثبت بأنَّ الكون لا يحتاج لوجود خالقٍ، فالحالة التي كان عليها الكون قبل الخلق لا بُدَّ وأن تسمح بحدوث خللٍ يؤدى إلى حدوث الانفجار الكبير وميلاد الكون.

لكن هل ذلك صحيحٌ حقًّا؟ هل ميلاد الكون هو مجرد خللٍ لا دخل لخالقٍ فيه؟

ولو كان ذلك صحيحًا، إذن فما الذي أدَّى لحدوث ذلك الخلل؟ ومن أين جاءت المادة؟

من الطاقة؟ إذن من أين جاءت الطاقة؟

هكذا وببساطة يقودك التفكير مجددًا إلى الحلقة المفرغة التي لا بُدَّ منها، وتكتشف في النهاية أنَّه لا أحد من هؤلاء يفقه شيئًا؛ فالحقيقة أعقد من ذلك بكثيرٍ.

حقيقة أنَّ شيئًا على هذا الكوكب، وفي ذلك الكون الواسع، لم يُخلَق عبثًا.

الأدلة موجودة في كلِّ مكانٍ، لكن العقول هي التي تأبى التصديق.

تلك هي الحقيقة المؤسية، قبولها نضجٌ وذكاءٌ، ورفضها حماقة وضيق أفقٍ.

لكن هؤلاء يفضلون الحماقة على النضج.

يفضلون التسليم بقوانين الاحتمالات، والصدفة، وينسون أنَّ تواجدهم في هذه الحياة لا يمكن أن يكون صدفة أبدًا.

وأنَّ الله، أبدًا، لا يلعب النرد.

محمود علَّام ..

المصادر

• البدايات (Origins) – (نيل ديجراس تايسون، دونالد جولد سميث).

• الكون الأنيق (The Elegant Universe) – (برايان جرين).

• موجز تاريخ الزمن (A Brief History of Time) – (ستيفن هوكينج).

• التصميم العظيم (The Grand Design) – (ستيفن هوكينج).

• الكون في قشرة جوز (The Universe in a Nutshell) – (ستيفن هوكينج).

• الثقوب السوداء والأكوان الرضيعة (Black Holes and Baby Universes) – (ستيفن هوكينج).

• من الأبدية إلى هنا (From Eternity To Here : The Quest For The Ultimate Theory of Time) – (شون كارول) عالِم الفيزياء النظرية بوكالة Caltech الأمريكية.

• تطوُّر الفيزياء: من الافتراضات الأولية للنسبية والكوانتا (The Evolution of Physics : From Early Concepts to Relativity and Quanta) – (ألبرت أينشتاين).

• فيزياء التحطُّم: داخل التجربة الأكبر في العالم (Smashing Physics : InsideThe World’s Biggest Experiment) – (جون باتروورث).

• النظرية التامة: قرن من العبقريات والصراع حول النظرية النسبية (The Perfect Theory : a Century of Geniuses and The Battle Over General Relativity) – (بيدرو جـ. فيريرا).

• أينشتاين والكم (Einstein and The Quantum : The Quest of The Valiant Swabian) – تمَّ نشره بواسطة قسم الفيزياء التطبيقية بجامعة برنستون الأمريكية، وكاتبه (دوجلاس ستون).

• سلسلة الأفلام الوثائقية (كيف يعمل الكون How The Universe Works) – إنتاج قناة ديسكفري Discovery.

• سلسلة الأفلام الوثائقية (الكون Cosmos) – تقديم (نيل ديجراس تايسون) وإنتاج شركة (Cosmos Studios)، وتمَّ عرضُه على قناة فوكس الأمريكية، وناشيونال جيوجرافيك.

• سلسلة الأفلام الوثائقية (عبر الثقب الدودي Through The Worm Hole) تقديم الممثل مورجان فريمان، وتمَّ عرضُها على شبكة Science Network.

• سلسلة الأفلام الوثائقية (لغز الرياضيات العظيم The Great Math Mystery) التي تمَّ عرضُها على شبكة PBS Nova.

• بعض مقالات شبكة الويكيبيديا Wikipedia تمَّ الاستعانة بها في تحديد بعض التواريخ.

• موقع (Physics World) على شبكة الإنترنت.

فهرس

١ – بداية عصر جديد ١١.

٢ – لغز فيزيائي ٢٩.

٣ – الأوتار الفائقة ٤٥.

٤ – عن هوكينج ٧٣.

٥ – أفق الحدث ٨٧.

٦ – تفرُّدات زمكانية ١٠٥.

٧ – زمن بلانك ١٣٩.

٨ – نور و ظلام ١٧٧.

٩ – مشروع لايجو ٢١١.

١٠ – اللغز ٢٣٩.

كيان للنشر والتوزيع

أفضل دار نشر مصرية ٢٠٢١

للتواصل معنا :

kayanpub@gmail.com

info@kayanpublishing.com

أو زوروا موقعنا:

www.kayanpublishing.com

وللاتصال الهاتفي:

هاتف أرضي: 0235918808

هاتف محمول: 01001872290/ 01000405450

وللاطلاع على كُتُبنا، ومتابعة إصداراتنا الجديدة، وأنشطتنا وأنشطة كُتّابنا الثقافية، يمكنكم متابعتنا على حسابات التواصل الاجتماعى التالية:

KayanPublishing

1. الغلاف
2. الله لا يرمي النرد
3. محمود علاَّم. الله لا يرمي النرد: مقالات...
4. الله لا يرمي النرد
5. إهداء واجب
6. مقدمة
7. -١-
8. تمهيد
9. -١-
10. -٢-
11. Physics Puzzle
12. تمهيد
13. -١-
14. -٢-
15. Super Strings
16. تمهيد
17. -١-
18. -٢-
19. -٣-
20. -4-
21. -٤-
22. تمهيد
23. -١-
24. - ٢ -

25. Event Horizon
26. تمهيد
27. -١-
28. -٢-
29. -6-
30. تحذيرٌ واجبٌ
31. تمهيد
32. -١-
33. -٢-
34. -3-
35. -٤-
36. -٥-
37. -٧-
38. تمهيد
39. -١-
40. -٣-
41. -٤-
42. -٥-
43. -٨-
44. تمهيد
45. -١-
46. -٢-
47. -٣-
48. -٤-
49. -٩-

50. تمهيد
51. -١-
52. -٢-
53. -١٠-
54. تمهيد
55. -١-
56. -٢-
57. خاتمة لا بُدَّ منها
58. المصادر
59. فهرس
60. 60