شعاع الضوء

«شفرة الوجود»

فهرسة أثناء النشر/ إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية. إدارة الشئون الفنية

شريف، عمرو
شعاع الضوء «شفرة الوجود»/ د. عمرو شريف. - القاهرة: نيو بوك للنشر والتوزيع/ ط١/ القاهرة: ٢٠١٩م.
٤٨٠ص؛ ١٧×٢٤سم
تدمـــــك: ٨-٢٥-٩٩٦٠-٩٧٧-٩٧٨
رقم الإيداع: ٢٠١٩/٢٠٨٩٢
١- الفيزياء ٢- العلم - فلسفة
أ- العنوان ٥٣٠

دار النشـــــر: نيو بوك للنشر والتوزيع
عنـــوان الكتـــاب: شعاع الضوء «شفرة الوجود»: فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات، والمعلومات... وما بعدها
المـــؤلـــف: د. عمرو شريف
رقـــم الطبعـــة: الأولى
تـاريـــخ الطبـــع: ٢٠٢٠



نيو بوك للنشر والتوزيع
٦ عمارات الدفاع الوطنى - حدائق القبة - القاهرة
ت: ٠١٠٩٢٦٧٣٢٧٤
newbooknb@gmail.com

شعاع الضوء

«شفرة الوجود»

فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات، والمعلومات . . . وما بعدها

د. عمرو شريف

أستاذ الجراحة العامة

NEW BOOK
نيو بوك للنشر و التوزيع

2020

فهرس

الموضوعات	صفحة
إهداء	9
الكتاب الذي بين يديك	11
الباب الأول	
فلسفة ثورة الفيزياء الكبرى	25
الفصل الأول: فلسفة بنية الوجود	33
المادية - الفلسفة ونشأة المادة - الفيزياء الكلاسيكية وسلوك المادة - العلم الحديث ونزع المادية - صراع المادي واللامادي - المعلوماتية كنموذج معرفي جديد	
الفصل الثاني: أزمة الفيزياء الكلاسيكية	57
أولًا: من الحتمية والفردانية إلى الاحتمالية الإحصائية - ثانيًا: محنة قوانين الحفظ والبقاء	
الفصل الثالث: فلسفة فيزياء الكوانتم	69
الكارثة فوق البنفسجية - الكوانتم.. إبداع عبقرية ماكس بلانك - ثورة الكوانتم الثانية؛ مبدأ الارتياب (اللا تعيين - اللا يقين) - الكوانتم والسببية	
الفصل الرابع: فلسفة النظرية النسبية	87
كارثة الأثير - النظرية النسبية - النظرية النسبية الخاصة - النظرية النسبية العامة - العامل المرجح خارج الزمان	
الفصل الخامس: الرياضيات في رحاب الثورة	105
مشكلة المُسَلَّمَة الخامسة - ثورة الهندسة اللا إقليدية - ثورة الرياضيات التحليلية - الوجود بين الواقع والرياضيات	
الفصل السادس: نظرية المعرفة في القرن العشرين	119

مـن الفردانية الحتمية إلى الاحتمالية الإحصائية - تقويض مبـدأ الحتمية الميكانيكية - العامل المرجـح: إن الإله لا يلعب النرد - الاحتمالية تنتج حتمية!!! - نحن نشـكل الوجود - كل شيء عدا الله نسـبي -الكوانتم ونسبية التآني لا تلغيان السببية - الفيزياء ليست عمليات رياضية- علم الشـواش وعـدم القابلية للتنبؤ - انهيـار وهم «الصدفوية» - المنهج «فرضي- اسـتقرائي- استنباطي» - سيظل الوجود مطلسمًا.

الباب الثاني

ألف... باء... الكوانتم والنسبية وبنية الذرة 131

الفصل الأول: معضلة الأنسنة 141

معضلة الوعي - معضلة الإرادة الحرة والحتمية

الفصل الثاني: إعداد المسرح 153

الانفجار الكوني العظيم - نظرية الحالة المستقرة - لماذا يوجد وجود؟

الفصل الثالث: لغة الإله الكونية 167

لقد كتب الإله كتاب الطبيعة بلغة الرياضيات - طلاسم فيزيائية ورياضية

الفصل الرابع: يا محاسن الصُّدف!!! 175

لا أحسبها مجرد مصادفات سعيدة - التصميم المقصود أم أكوانًا لا نهائية؟

الفصل الخامس: الفيزياء لا تعرف غير المحدود 191

كـون محـدود أم لا نهائي؟ - هـل كوننا كالبالون؟ - هـل الكون اللا نهائي غـير المحدود مجرد أوهام؟

الفصل السادس: جيراننا؟! 201

كيف نرصد الحياة الخارجية؟ - حياة غير الحياة؟! - من الأذكى؟ - التواصل

الفصل السابع: عدمٌ ليس بعدمٍ 215

لغز الجاذبية - النظرية النسبية والمكان: الفراغ الذي يتقعر! - نظرية الكوانتم والمكان: الفراغ يولد جسيمات! - العدم الفيزيائي - الجسيمات ومضاداتها - قياسات بلانك - فيزياء أم رياضيات؟

الفصل الثامن: النظرية النسبية 235

ثبات سرعة الضوء - النظرية النسبية الخاصة - الزمكان

الفصل التاسع: آه يا زمن! 259

الزمن الفيزيائي والزمن العقلي - سهم الزمن - كون يعافر الزمن - إبداع الحياة

الفصل العاشر: فيزياء الجسيمات 273

بنيـة الذرة - تخليق مادة جديدة!! - مصير الجسـيمات المُخَلَّقة - الجسـيمات المخلقة تكشـف أسرار المادة التقليدية - الكواركات، لبنات نواة الذرة - بنى غير كواركية، الليبتونات - اقتربنا من فهم بنية المادة - قوى الطبيعة والوسيط الثالث - القوة النووية الضعيفة - الكتلة وجسيم هيجز - النموذج القياسي/ العياري - فرضية التناظر الفائق - نظرية التوحيد الكبرى

الفصل الحادي عشر: عالم الكوانتم 315

طبيعة الضوء - طبيعة الإلكترون - ذرة دو بروي - إلغاز الموجة والجسـيم - الطبيعة الموجية: الاحتماليـة - الطبيعـة الجسـيمية: الارتياب - تفسـير ميكانيـكا الكوانتم - التعالـق - العالم الحقيقي المستعصي - ستانارد والكوانتم والعالم الحقيقي

الفصل الثاني عشر: النظرية الحلم 361

محوري الوجود غير متوافقين- نظرية الأوتار، حلم حل التناقض- الأوتار وجاذبية الكوانتم- نظرية كل شيء - ثنائية (غير المادي - المادي)

ومع ذلك... يبقى اللغز لغزًا 385

الباب الثالث

ما بعد الفيزياء الحديثة 391

الفصل الأول: المعلومات الكمومية مصدر الوجود 395

خلـق مـن العـدم، شيء مـن لا شيء - المعلومات هي مصـدر الوجود - ما هـي المعلومات؟ - المعلومـات والديناميـكا الحرارية - من معلومات شـانون إلى المعلومـات الكمومية - نظرية المعلومـات وخلق الكون - الكون حاسـوب كمومـي - نظرية المعلومـات والنقل عن بعد - الماديون ومصدر المعلومات الكمومية

الفصل الثاني: المعلوماتية برهان الربوبية الأكبر 421

مصـدر المعلومـات الكمومية - نظريـة المعلومـات الكونية - قوانـين المعلومـات الكونية - اسـتنتاجات من قوانـين المعلومات الكونية - الإلـه المصدر المعلوماتي الأعـلى - الفيزياء آلية عمل الإله

الفصل الثالث: الفيزياء الأولى وكن فيكون 455

الخلق بالكلمة أم بالأسباب والسنن الكونية - عرائس الماريونيت - سمات الفيزياء الأولى - الكوانتم والنسبية والمعلوماتية تصالح بين العلم والعقيدة

تعريف بالمؤلف 479

إهداء

عندما يُصدر ربي عَزَّوَجَلَّ أمره «كُن» لشيء من الأشياء الكامنة في علمه الأزلي، فإن عالمنا يستجيب بتفعيل سنن الله الكونية؛ الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والإنسانية والاجتماعية؛ والتي أكد ربي عَزَّوَجَلَّ ثباتها بقوله ... ﴿فَلَن تَجِدَ لِسُنَّتِ ٱللَّهِ تَبۡدِيلٗاۖ وَلَن تَجِدَ لِسُنَّتِ ٱللَّهِ تَحۡوِيلٗا﴾ **[فاطر: 43].**

إلى الباحثين الصادقين عن همزة الوصل المطلسمة بين مشيئة ربي وأمره «كُن» في عالم الغيب وبين قوى وقوانين عالم الشهادة.

وإلى العباقرة العظام، الرجالات الذين حققوا بعقولهم الفذة أعظم ثورة في تاريخ العلم؛

ثورة الكوانتم والنسبية والجسيمات، والمعلومات.

الكتاب الذي بين يديك

من يَطَّلع على القسم الخاص بالفيزياء في **كتالوج جامعة شيكاغو** للعام الدراسي 1898 - 1899، يمكنه قراءة هذه الفقرة، التي كتبها (غالبًا) ألبرت ميكلسون A. A. Michelson رئيس قسم الفيزياء بالجامعة آنذاك؛ حيث يقول:

«في حين أنه يستحيل الجزم بأن مستقبل العلوم الفيزيائية لا يُخَبئ أعاجيب أكثر إثارة للدهشة من روائع الماضي، إلا أنه يبدو أن **أغلب المبادئ الفيزيائية الأساسية** قد استقرت بصورة راسخة، وأنه ينبغي تركيز البحث على المزيد من التطبيقات الدقيقة لهذه المبادئ المتعلقة بالظواهر التي تلفت أنظارنا... وقد لاحظ فيزيائي بارز[1] أن حقائق المستقبل في أي علم فيزيائي ينبغي توقعها والبحث عنها في الخانة السادسة للكسور العشرية»[2].

إنها أسطرٌ قليلة، تكشف كيف كانت الأوساط العلمية المحترمة تتبنى أن الإنسان في نهاية القرن التاسع عشر قد وصل إلى نهاية العلم ولم يبق أمامه إلا بعض التفاصيل الدقيقة!

والمدهش، أنه لم يمض على هذا التصريح سوى عامين حتى انفجرت **أعظم ثورة فيزيائية في تاريخ العلم**، واستمرت لثلاثين عامًا[3]، ومع منتصف القرن العشرين جاءت الموجة الثانية من الثورة[4]. ومن خلال الموجتين استكملت الفيزياء ملامح أعظم إنجاز علمي يقوم به العقل الإنساني، وهو الإنجاز الذي يُمَكِّننا من أن نحيا في المستوى الحضاري الباهر الذي نحياه اليوم.

---

(1) يشير في الأغلب إلى اللورد كلفن Lord Kelvin (1824-1907) صاحب قانوني الديناميكا الحرارية.

(2) يقصد بذلك أن جديدًا مُهمًّا لن يضاف للفيزياء، وأن جهود الفيزيائيين ستتركز في السعي إلى مزيد من الدقة في تحديد قيم الثوابت الفيزيائية. والعجيب أن البعض لم يستوعبوا الدرس من وراء اكتشاف الفيزياء الحديثة؛ فبعد مرور قرن من الزمان، أصدر الكاتب العلمي الشهير جون هورجان كتابه «نهاية العلم The End of Science - 1996» يتنبأ فيه بأنه لم يعد هناك المزيد من الاكتشافات العلمية المهمة!!!

(3) نقصد بهذه الثورة الكوانتم والنسبية.

(4) نقصد بهذه الموجة فيزياء الجسيمات وفيزياء المعلومات.

ففي السابع عشر من ديسمبر العام 1900 بالتحديد، أطلق العبقري ماكس بلانك[1] شرارة **ثورة الكوانتم**، حين أعلن أن الطاقة تنبعث على هيئة دفقات (كوانتا Quanta). وبعده بخمس سنوات فجر العظيم آينشتين **ثورة النسبية** حين طرح في نظرية النسبية الخاصة ما يحدث من تمدد الزمان وانكماش المكان مع الحركة فائقة السرعة، وبعدها بعشر سنوات أعقبها بنظريته في النسبية العامة. وخلال العقود الثلاثة الأولى من القرن العشرين استكمل شباب الفيزيائيين العباقرة - بما يتمتع به الشباب من قدرة على الإبداع ومخالفة المألوف - ملامح ثورة الكوانتم، فحق أن تُسجل أسماؤهم كدرر تُزين تاج عبقرية الإنسان.

وبعد أن انتصف القرن بأربع سنوات، اُستكمل بناء مسرع الجسيمات النووية (سيرن CERN)، والذي أمد البشرية من خلال «**الفيزياء النووية/ فيزياء الجسيمات**» عالية الطاقة Nuclear Physics بمعلومات مفصلة عن بنية الذرة، وهي تمثل ما يُطلق عليه الآن «**النموذج القياسي** Standard Model» للذرة.

ولما كانت الفيزياء هي أم **العلوم الطبيعية**، فقد لحقتها بقية هذه العلوم في النهل من عطاءات الكوانتم والنسبية، ليس ذلك فحسب، بل لقد أثارت هذه الثورة حِراكًا وجدالًا شديدين على مستوى **العلوم الإنسانية**، وأصبح لها مردودات عميقة في مجالي **الفلسفة والدين**. ويكفينا للاستشهاد على ذلك هنا أن مفهوم «نسبية الظواهر» (في شتى المجالات) قد أصبح هو «النموذج المعرفي Paradigm» الذي لا يخلو منه علم من العلوم، لذلك لم يكن غريبًا أن أصبح اسم «آينشتين» مصطلحًا مرادفًا للعبقرية وأيقونة لها.

□□□

لعل من أهم القضايا التي شغلت الفكر الإنساني، الفلسفة والعلم على السواء، كانت طبيعة الكون وكيف نشأ وكيف يسلك. وقد اهتمت **الفلسفة** لآلاف السنين - كعادتها - بالبحث في «الماهية»[2] و«الجوهر»[3]، فركزت على السعي لمعرفة البنية الأساسية للكون.

(1) سنقوم بالتعريف بالشخصيات التي ترد أسماؤها في هذا التقديم خلال فصول الكتاب.

(2) الماهية: هي الأمر المُتَعَقَّل، كأن نقول إن المتعقل من الإنسان هو الحيوان الناطق، مع قطع النظر عن الوجود الخارجي.

(3) الجوهر: حقيقية الشيء وذاته - ما قام بنفسه ولا يحتاج لسواه.

حسنًا... إنها المادة.

وما بنية المادة؟... إنها الذرة.

وقد ارتاح الفلاسفة القدماء إلى اعتبار أن الذرة هي آخر المطاف، واعتبروها كيانًا غير قابل للانقسام، حتى عَرَّفوها وأسموها بهذه الصفة «Atom»[1].

ويعتبر الفلاسفة أن بضاعتهم (الفلسفة) هي الأم الشرعية للعلم، وأنها أنجبته وربته عن طيب خاطر، ويستشهدون على ذلك بأن الفيلسوفين الكبيرين فرانسس بيكون ورينيه ديكارت هما اللذان أرسيا منهج البحث العلمي بشقيه التجريبي والرياضياتي.

أما الكثير من ممارسي العلم، وأنا أحدهم، إن كنا نوافق على أن الفلاسفة كانوا هم الممارسين للعلم بمنهجهم الفلسفي والمنطقي، لكننا نرى أن انفصال العلم عن الفلسفة لم يكن كانفصال الطفل عن أمه التي أنجبته وربته حتى اشتد عوده، لكنه كان بمثابة **«تمرد»** ممارسي العلم على إصرار المنهج الفلسفي على تجنيب (بل واحتقار) دور الحواس والتجريب في الوصول إلى الحقيقة، ولا تزال بعض ملامح هذا الإصرار قائمة حتى اليوم. وإذا كان بيكون وديكارت هما الرائدين في **«صياغة» المنهج العلمي**، فذلك لا يعني أنهما مؤسساه، فقد كان العلماء الكبار (أمثال جاليليو) يمارسون هذا المنهج من قبل، مما يعني أن المنهج العلمي كان إبداعًا للعلماء وضعوه تدريجيًا وطوره أولًا بأول، وأن دور الفلاسفة كان يتركز على قراءة ما أسسه وطوره العلماء ثم تحليله وتصنيفه وصياغته، وهذا ما فعله توماس كُن في كتابه «بنية الثورات العلمية» في القرن العشرين مثلما فعله بيكون وديكارت منذ ثلاثة قرون.

وإذا كانت الفلسفة قد ركزت على تأمل الكون وكيف نشأ، فمع انفجار الثورة العلمية وبزوغ **«الفيزياء الكلاسيكية»**، اهتم العلماء بسلوك الكون ومادته، دون الاهتمام كثيرًا ببنية الكون والمادة. لذلك إذا كنا نطلق على موقف الفلسفة من المادة **«مرحلة البنية»** فإننا نطلق على موقف «الفيزياء الكلاسيكية» من المادة **«مرحلة السلوك»**».

ثم جاءت **ثورة الفيزياء الحديثة (الكوانتم والنسبية والجسيمات)** لتسهم بعمق في الجانبين؛ بنية المادة وسلوكها.

(1) Atom: تعني غير قابل للانقسام.

ويـرى فريق من علماء وفلاسـفة الكوانتم أن فيزياء الجسـيمات تنضوي تحت الكوانتم، باعتبـار أنها تتعلق - مثلها - بالجسـيمات تحت الذرية، لكن الواقع أنـك نادرًا ما تجد كتابًا من كتب الكوانتم يتناول بنية هذه الجسيمات بالتفصيل، لذلك يتبنى كثير من الفيزيائيين - ونحن نسـايرهم - أن الكوانتم تتناول «سـلوك» الجسـيمات تحت الذرية بينما يتناول «بنية» هذه الجسيمات فرع آخر من الفيزياء الحديثة وهو فيزياء الجسيمات.

هكذا أصبح العلم المعاصر يحيا تحت خيمة الفيزياء الحديثة ذات الأوتاد الثلاثة:

- **فيزيـاء الكوانتـم:** وتهتم بكيف تسـلك الجسـيمات تحـت الذرية والطاقـة (العالم الدقيق).
- **فيزياء النسبية:** وتهتم بكيف يسلك الكون (العالم الكبير).
- **فيزياء الجسيمات:** وتهتم ببنية الذرة (الفيزياء النووية/ الفيزياء عالية الطاقة).

وإذا كانت هناك المئات من الكتب التي تتعرض لمناقشـة وتبسـيط مفاهيم الكوانتم والنسبية لأهميتها القصوى في فهم كيف يسلك الوجود، فإن وتد الفيزياء الحديثة الثالث، وهـو **فيزياء الجسـيمات**، لم يأخذ حقه من الطـرح وتعريف المثقف المهتـم بالعلوم به. ولعل ذلك يرجع إلى أن للكوانتم والنسـبية انعكاسـات فلسـفية عميقـة للغاية - بخلاف ثورة الفيزياء النووية (الجسـيمات) - مما جعل الفلسـفة تهتم بهـما وتروج لمفاهيمهما في الساحة.

❐❐❐

لا شـك أن ما من مثقف على وجه الأرض، مهما اختلفـت لغته وحضارته، إلا وحَصَّل قدرًا من **المفاهيم العلمية والتطبيقات الفلسفية والدينية للكوانتم والنسبية**. وأكاد أُجزم أن معارف معظمنـا عن هـذه المفاهيم لا تعدو إلا أن تكون جُزُرًا اسـتوائية غامضـة ومتناثرة لا يربطها رابـط. فتجدنا - حتـى الفيزيائيين منا - نعرف نِتَفًا عن تمدد الزمن، وانكماش المكان، وأن كل شيء نسبي، والسفر عبر الزمن، الانتقال آنيًّا عبر المكان، ومضادات المادة، والزمكان، وانحناء الكـون، وكمومية الطاقة، و $E=mc^2$، والجسـيمات الافتراضية، واللا تحديد، والاحتمالية، وأن الكوانتـم والنسـبية تلغيان السـببية، و... و. كما صار الكثيرون يقرأون عـن أعجوبة مُسَرِّع

سيرن وعن الأوتار الفائقة وعن الكواركات وعن اكتشاف جسيم الإله (جسيم هيجز) و...، و ...

ولعلي لا أزال أذكر حتى الآن، أنني كنت في صباي أمر على بائع الكتب والمجلات بميدان طلعت حرب بوسط القاهرة الخديوية، وأركز ناظريَّ على **كتاب «ألف... باء.. النسبية»** للفيلسوف الرياضياتي برتراند رسل، وأتمنى لو اقتنيته، وقد تحقق الحلم بعد أن ادخرت من مصروفي اثني عشر قرشًا هي ثمن الكتاب. قرأت الكتاب أكثر من مرة، وأوهمت نفسي أني قد فهمت الكثير عن نسبية آينشتين!. ومن أيامها وحتى الآن، ظل عالقًا في مخيلتي الرسم التخطيطي في الكتاب الذي يبين ساعة محطة القطار وهي تسجل زمنًا متقدمًا عن زمن ساعة راكب القطار الذي ينطلق بسرعة قريبة من سرعة الضوء.

❐❐❐

ولإدراكي لمنزلة فيزياء «الكوانتم والنسبية والفيزياء النووية/ فيزياء الجسيمات» بالنسبة لمشروعي الفكري، لعلاقتها الوثيقة بالفلسفة والدين، لم يخل كتاب من كتبي من بعض مفاهيمها. ولإدراكي لنظرة معظمنا إلى تلك المفاهيم بمنظور **الجزر الغامضة المتناثرة**، كنت أتمنى أن أطرح - في يوم من الأيام - عملًا (كتابًا أو فصلًا من كتاب) يقدم فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات بأسلوب سهل مترابط يبين معنى هذه الثورة، ولماذا قامت، ودلالة مفاهيمها المختلفة وعلاقتها ببعضها، وانعكاساتها الفلسفية والدينية. وازداد هذا الحرص بعد أن أدركت كيف يستغل **الفيزيائيون الملاحدة** (وعلى رأسهم الفلكي الأمريكي لورانس كراوس) عدم إلمام معظمنا العميق بالفيزياء الحديثة، فأخذوا يطلقون كلامًا كثيرًا مُلغزًا بجزم ويقين، وهو في نفس الوقت مليء بالقراءات الفلسفية الخطأ للمفاهيم العلمية.

ومثلما حدث مع كتابي الأخير «لغز الوعي»، كنت كلما هممت بتحقيق حلمي في إصدار الكتاب المنتظر أتراخى وأتقهقر. وإذا كان سبب التراخي والتأخير في إصدار كتاب عن معضلة الوعي هو قلة المعارف العلمية عنها، فإن سبب ذلك بالنسبة لفيزياء «الكوانتم - النسبية- الجسيمات» هو أنني شخصيًّا كنت من فريق الجزر الغامضة المتناثرة غير الملمين بهذه الفيزياء بمنظور متكامل.

ثم حدث في الفترة الأخيرة، أن تطرقت في كتاباتي وبرامجي إلى **دعوى الملاحدة بانهيار السببية في ضوء الكوانتم والنسبية**، ففندت هذا المفهوم، وبينت أن الذي انهار في الحقيقة هو كل من الحتمية والصدفة وأن الكوانتم والنسبية يثبتان السببية. ودارت حول هذا الطرح حوارات كثيرة أججت في نفسي الشعور بالحاجة إلى «العمل الحلم» عن الكوانتم والنسبية والجسيمات.

وكالعادة، أحضرت بعض الكتب التي رأيت أنها تناسب الموضوع وتتبنى أسلوب الطرح الذي أتمناه، وبدأت في تصفح ثلاثة منها في نفس الوقت.

❐❐❐

كم كنت محظوظًا وسعيدًا أن ألتقي في هذه الجولة الأولى بكتاب: **«نهاية الاكتشاف** The End of Discovery»، تأليف أستاذ الفيزياء البريطاني الكبير **«رسل ستانارد** Russell Stannard».

والكتاب - كما يشير عنوانه - يتبنى أن **هناك حدودًا لقدرتنا على الاكتشاف العلمي** لن نستطيع تجاوزها، ومن ثم سنظل بعيدين عن إدراك حقيقة العالم. والأهم من ذلك بالنسبة لي، هو أن الكتاب يتناول فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات (بنية الذرة) من بداياتها وبالتسلسل الذي يعين غير المتخصصين على الإلمام بها، وذلك من خلال التركيز على الجوانب العلمية والتقنية (وليس الرياضية) في طرحه للفيزياء الحديثة.

عندها، اتخذتُ قراري، وتفرغت لدراسة الفيزياء الحديثة عدة أشهر، مستعينًا بعدد من مراجعها المتخصصة بجانب كتاب «نهاية الاكتشاف». وعندما اطمأننت إلى أنه قد صار عندي تصور معقول عن هذه الفيزياء الملغزة اتخذت قراري الثاني، وهو أن أنقل لك - قارئي الكريم - هذا الفهم. هكذا آن الأوان لإصدار كتابي هذا عن ثورة الفيزياء الحديثة.

❐❐❐

لما كانت الكتب التي رجعت إليها في هذه المرحلة كتبًا علمية متخصصة في الدرجة الأولى، فقد كانت قاصرة عن استكمال الهدف الحقيقي الذي أصبو إليه، وهو أن نجمع مع الإلمام العلمي بنظريات الكوانتم والنسبية والجسيمات إلمامًا فلسفيًّا نخرج منه بانعكاسات دينية، حتى تتكامل رؤية القارئ، فنكون بذلك قد نجحنا في تقديم **«رؤية علمية فلسفية دينية للفيزياء الحديثة»**، تلك الرؤية المتكاملة التي هي جوهر مشروعي الفكري.

وبالرغم من أن هذه الرؤية المتكاملة تبزغ - عادة - نتيجة لتحليلي وتأملي للمفاهيم العلمية، فقد رأيت من أجل التوصل إلى الأبعاد الفلسفية المهمة وراء ثورة «الكوانتم - النسبية - الجسيمات» أن أستعين - مع تأملاتي - برؤية فلاسفة العلم المتخصصين، حتى لا أُحَمل هذه الفيزياء من المفاهيم الفلسفية ما لا تحتمل، وحتى يتيسر لي تحقيق ما أصبو إليه من ربطٍ وإضافة للمفاهيم الفلسفية والدينية وراء الفيزياء الحديثة.

لم يكن تدبير أمر هذا الشِّق الفلسفي المنهجي مشكلة صعبة، فلا شك أن خير من تناول هذا الموضوع من هذا المنظور هي أستاذتنا وأستاذة كل مهتم بفلسفة العلم في العالم العربي، **الدكتورة يمنى طريف الخولي (أستاذة فلسفة العلوم بكلية الآداب - جامعة القاهرة)**، وكان ذلك في كتابها الماتع **«فلسفة العلم في القرن العشرين»** الذي استغرق إعداده عشرين عامًا. استأذَنْت أستاذتنا د. يمنى الخولي في تلخيص وعرض الفصلين الثاني والرابع من الكتاب والمعنيين بالفيزياء الحديثة، وبذلك اكتمل شِقَّا الكتاب الحلم الذي بين يديك؛ شقه الفلسفي المنهجي التاريخي (الباب الأول) وشقه العلمي (الباب الثاني).

قد يدهشك - قارئي الكريم - أن الكتاب قد بدأ بالشق الفلسفي للفيزياء الحديثة قبل الشق العلمي، بالرغم من أن الطبيعي أن نتناول فلسفة المفهوم العلمي بعد أن نتناول المفهوم ذاته، وهذا عكس منهجنا في هذا الكتاب، فما تفسير ذلك؟

إن إدراك الجوانب العلمية لفيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات يتطلب معرفة المشكلات العلمية التي عجزت الفيزياء الكلاسيكية عن حلها، فكانت دافعًا لطرح مفاهيم مغايرة غير تقليدية بالمرة تمثلت في هذه الثورة. كذلك فإن تقبل طريقة التفكير والمنهجية الجديدة تتطلب إدراك جوانب عجز طريقة التفكير والمنهجية الكلاسيكية عن حل مشكلات الفيزياء، وهذان الجانبان يتطلبان الإلمام برؤية فلسفة العلم حول القضية، وكم كنت سعيدًا أن وجدت أن طرح أستاذتنا د. يمنى الخولي لفلسفة الفيزياء الحديثة يقوم أساسًا على هذين الجانبين، لذلك كان **الشق الفلسفي** هو الافتتاح الأمثل لهذا الكتاب.

❐❐❐

يبدو أنه كان مقدورًا للإنسان أن يحقق قدرًا أكبر وأعمق من تكامل المعرفة العلمية خلال القرن العشرين. فإذا كانت الكوانتم والنسبية والجسيمات تمثل **«الطبقة الفيزيائية»** من المعرفة، فقد قُدِّرَ للإنسان خلال هذا القرن أن يتحسس **الطبقة غير المادية** التي تقف وراء هذه الطبقة المادية الفيزيائية **وتعبر عن حقيقتها**.

فقبل انتصاف القرن العشرين بعامين (1948)، قدم كلود شانون أطروحته لدرجة الماچستير عن المعلومات، والتي تُعَد من أهم بحوث القرن، والتي بفضلها لُقِّبَ شانون بأبي **نظرية المعلومات**، التي قامت عليها ثورة المعلومات وما تبعها من ابتكار الحاسوب وكل ما يقوم عليه من أجهزة رقمية وكمومية، ابتداءً من هواتفنا المحمولة إلى سفن ومحطات الفضاء.

ومع المزيد والمزيد من الاهتمام بمفهوم **«المعلومات»** تأكد أنها هي البنية الأساسية للوجود، وأن المادة والطاقة ليستا إلا معلومات يتم تجسيدها ومعالجتها. وقد قمت في كتابي **«المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر»** بتناول هذا المفهوم مع استخدام مصطلح **«المعلوماتية»** للتعبير عن كلٍّ من الكم المعلوماتي وعمليات معالجته.

لذلك رأيت أنه لا ينبغي أن أقف بقارئي عند ثورة الفيزياء الحديثة (الكوانتم والنسبية والجسيمات)، بل ينبغي أن تكون لكتابنا هذا إطلالة على مفهوم **«المعلوماتية»** حتى يكون موا كبًا لآخر ما توصل إليه العلم حول طبيعة الوجود.

ولما كانت المعلومات هي بنية الوجود بما فيه من طاقة ومادة، فقد جال بخاطري اعتبار أن **«المعلوماتية»** هي الحلقة الرابعة والأخيرة - حتى الآن - في ثورة الفيزياء الحديثة، لكني تماشيت مع الفهم الشائع فيزيائيًّا من اعتبار أن المعلومات تمثل الحقيقة غير المادية للفيزياء، ومن ثم فإنها تقع خارجها، لذلك ظهرت الحاجة إلى باب ثالث في الكتاب يتناول **«ما بعد الفيزياء الحديثة»**.

❐❐❐

بعد أن أدركت علاقة **«طبيعة الضوء»** بتفجير ثورة الفيزياء الحديثة، اخترت عنوان **«شعاع الضوء؛ شفرة الوجود»** كعنوان للكتاب، وأراه اختيارًا مناسبًا؛ إذ جمع بين أناقة التعبير ورصانته وجزالته وبين الدقة العلمية. وإن كنت أترك لك - قارئي الكريم - تذوق الجمال اللغوي للتعبير، فينبغي أن أبين معنى العنوان من الناحية العلمية.

لقد كانت **«طبيعة الضوء»** وما ارتبط بفهمها من مشكلات في إطار الفيزياء الكلاسيكية هي الدافع وراء طرح ماكس بلانك **لمفهوم الكوانتم** الذي يحكم العالم الدقيق، وأيضًا وراء طرح آينشتين **لمفهوم النسبية** الذي يحكم العالم الكِّبري، وكذلك كانت عاملًا حاسمًا في تيسير ما توصلت إليه **فيزياء الجسيمات** عن بينة الذرة. وبذلك كان الاقتراب من فهم طبيعة الضوء هو الباب لتحقيق فهم أفضل للوجود. هكذا مكننا فك شفرة شعاع الضوء من قراءة الكثير من أسرار الوجود، تمامًا مثلما مكننا **فك شامبليون لشفرة اللغة الهيروغليفية** من قراءة تاريخ أجدادنا المصريين القدماء.

□□□

عندما انتهيت من كتابة الكتاب الذي بين يديك، بشقيه الفلسفي والعلمي، وتأكد لي أنه يحقق الهدفين الرئيسيين منه؛ وهما تبسيط مفاهيم الفيزياء الحديثة والمعلوماتية و إظهار قصور العلم عن إدراك حقيقة الوجود، وأثناء مراجعة الكتاب، جال بخاطري خاطر فلسفي ديني أصابني بالنشوة:

لعل من أهم سمات الفيزياء الحديثة سمتين محوريتين، الأولى هي احتمالية ولاحتمية ميكانيكا الكوانتم، ومن ثم احتياج كل حادث كمومي لكل جسيم تحت ذري وكل موجة في كل لحظة في كل مكان في الكون إلى **«عامل مرجح»** يقوم بتوجيه الحادث وترجيح أحد احتمالاته. والسمة المحورية الأخرى هي أن **«للراصد دورًا»** في تشكيل الحدث والظاهرة الفيزيائية.

إن هاتين السمتين المدهشتين مع مفهوم المعلوماتية، تمثل بعض آليات خلق الكون، وتفتح الباب لمحاولة التوصل إلى فهم علمي لخالقية وقيومية ربي عَزَّوَجَلَّ للوجود.

وكعادتي، ارتقى الخاطر إلى أبعاد أعمق. إن الوجود يشبه **وجهي العملة الواحدة**، أحدهما يتوجه إلى عالم الشهادة وهذا يخضع لسنن الله الكونية، والوجه الآخر يتوجه لعالم الغيب الذي هو عالم « كن»، ولا شك أن الخلط بين العالمين يتسبب في اضطراب كبير في فهم العلم وفي الفهم عن الله عَزَّوَجَلَّ.

هنا، ارتاحت نفسي -مؤقتًا- إلى اعتبار أن الفيزياء الحديثة هي التمثيل الأول في عالم الشهادة

لأمـر ربي لـشيء كامن في علمه الأزلي بـ « كـن» فيخرج إلى عالمنا المادي المشـهود (= فيكون). بذلك تصورتُ أن الفيزياء الحديثة هي الفيزياء الأولى التي لا تنبثق عن فيزياء قبلها.

إذا أردنـا أن نضرب لذلك مثالًا، فليكن **نشـأة كوكبنا الأرض** بشـكله الحـالي. لقد أمر ربي الكون الكامن في علمه الأزلي أن « كن»، فتمثل هذا الأمر بنشـأة عالم الشـهادة؛ فنشأ الزمان والمكان ونشأت المادة والطاقة، وقد تطلب ذلك بزوغ/ خلق المفردة بسماتها المدهشة، وأيضًا وضع وتفعيل القوانين الفيزيائية و إلزام مكونات الكون الوليد بها، وتسلسـلت مراحل تطور الكون الوليد طوال قرابة العشرة بلايين سنة حتى تشكل كوكبنا الفريد.

شـغلتني هذه الفكرة طوال الأسـابيع التالية، فكنت أقلب فيها ليل نهار، كما كنت أناقشها مع الأصدقاء المهتمين.

رأى بعـض الأصدقاء خطأ الجزم بهـذه النظرة للفيزياء الحديثة، فلطالمـا اعتبرنا أن مفهومًا علميًا ما هو آخر المطاف في مجاله، و إذا بالعلم يطور هذا المفهوم و يُصّعِّده وربما ينفيه. والمثال عـلى ذلك ما ذكرناه عن التوصل إلى فيزياء الكوانتم عقـب أن اعتبر المتخصصون أن الفيزياء الكلاسيكية هي خاتمة المطاف في مجال الفيزياء.

وطـاف بخاطري؛ إذا كان عُمر العلم الكلاسـيكي قرابة الأربعمائة عـام، وعمر الفيزياء الحديثة قرن واحد من الزمن، فماذا سيكون عليه حال الفيزياء بعد عشرة قرون- مثلًا؟!

من أجل أن أحسـم الأمر، **عَدَّلت من أسلوب تفكيري في القضية**؛ فبدلًا من أن أدرس؛ لماذا يمكن أن أعتبر الفيزياء الحديثة هي الفيزياء الأولى؟ رأيت أن أفكر في الأمر وأن أناقشـه مع الأصدقاء من خلال سؤالين:

1) ما السمات الواجب توافرها في الفيزياء الأولى؟

2) هل تتوافر في الفيزياء الحديثة هذه السمات؟

بعد جهد شاق، حددنا بعض السمات الواجب توافرها في **الفيزياء الأولى**، كما توصلنا إلى أن الفيزياء الحديثة ليست هي التمثيل الأول في عالم الشهادة لأمر ربي عَزَّوَجَلَّ « كن».. وهكـذا فرض هذا المفهوم نفسـه عَلَيَّ، ليصبح هـو **الهدف الثالث مـن الكتاب** الذي بين يديـك. وقـد عبرت عن فهمـي هذا بفصل أخـير في البـاب الأخير من الكتـاب، والفصل

بعنوان «**الفيزياء الأولى... وكن.. فيكون**». وأحسب أن ما طرحناه في هذا الفصل - وفي الكتاب - يمثل حلقة وصل بين عالمي الغيب والشهادة **ويزيل الكثير من الاختلافات بين المذاهب العقدية بعضها وبعض وبينها وبين العلم**.

❐❐❐

كثيرًا ما تثير أطروحاتي في محاولة فهم مفاهيم العقيدة في ضوء المفاهيم العلمية الثابتة حفيظة بعض المتدينين، الذين **يعتبرون أن العلوم الطبيعية من عمل الشيطان**! وفي أفضل الأحوال هي من عمل الإنسان المستغني عن الإله! ولا يدري هؤلاء أن العلم هو من عطاءات اسم الله «**العليم**» مثلما أن كل ما حولنا في الكون هو من عطاءات أسماء ربي الحسنى وصفاته.

إن هؤلاء يرون - كما كانت حال الكنيسة الكاثوليكية في العصور الوسطى- أن تنزيه ربي عَزَّوَجَلَّ يكمن في الغموض والعجز عن الفهم! ولهم أقوال **إن ربي يُعبد بالعلم ولا يُعبد بالجهل.**

تأمل معي هذه الآيات من سورة الغاشية:

﴿ أَفَلَا يَنظُرُونَ إِلَى ٱلْإِبِلِ كَيْفَ خُلِقَتْ ﴿١٧﴾ وَإِلَى ٱلسَّمَآءِ كَيْفَ رُفِعَتْ ﴿١٨﴾ وَإِلَى ٱلْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ ﴿١٩﴾ وَإِلَى ٱلْأَرْضِ كَيْفَ سُطِحَتْ ﴾ [الغاشية: ١٧ - ٢٠].

لذلك إذا كان مفسرو القرآن الكريم التراثيون قد اعتبروا أن **العجز التام** عن إدراك آليات الحياة (خلق الإبل) وآليات الكون (رفع السماء) والآليات الچيولوجية (نصب الجبال وبسط الأرض) هو من أدلة الربوبية -ولهم العذر- فقد تبدل في عصر العلم فهمنا للآيات الكريمة؛ فصرنا نستشهد على الربوبية -من خلال نفس الآيات- بما توصل إليه العلم من شدة تعقيد وإبهار آليات وقوانين الحياة والكون وقشرة الأرض.

لذلك أردد دائمًا، أننا قد وصلنا إلى زمان قول الحق عَزَّوَجَلَّ:

﴿ سَنُرِيهِمْ ءَايَٰتِنَا فِى ٱلْءَافَاقِ وَفِىٓ أَنفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ ٱلْحَقُّ ... ﴾ [فصلت: ٥٣].

﴿ ... فَلَن تَجِدَ لِسُنَّتِ ٱللَّهِ تَبْدِيلًا ۖ وَلَن تَجِدَ لِسُنَّتِ ٱللَّهِ تَحْوِيلًا ﴾ [فاطر: ٤٣].

صدق ربي عَزَّوَجَلَّ..

❐❐❐

خلال إبحارك -قارئي الكريم- مع فصول هذا الكتاب، ستلتقي بأسماء كثيرة لفروع الفيزياء، لذلك من المناسب أن أقدم لك هنا تقسيمًا وتعريفًا سريعًا لهذه الفروع.

إن الفيزياء هي **دراسة سلوك المادة والطاقة في الزمان والمكان**، ويمكن تقسيمها إلى:

1) **الميكانيكا الكلاسيكية (فيزياء نيوتن)** : تدرس فيزياء القوى التي تعمل على الأجسام، أي أنها تدرس سلوك الجوامد والسوائل والغازات[1]، الأكبر كثيرًا من الذرات والأبطأ كثيرًا من الضوء.

2) **فيزياء المادة المكثفة:** تدرس السمات الفيزيائية للمادة الصلبة والسوائل.

3) **الديناميكا الحرارية والميكانيكا الإحصائية:** تدرس تأثير التغير في الحرارة والضغط والحجم على النظم الفيزيائية الغازية الكبيرة. وتنطلق قوانين الديناميكا الحرارية من أن الطاقة يمكن أن تنتقل بين النظم الفيزيائية على هيئة حرارة أو شغل (كما يحدث في محركات السيارات)، وتستعمل هذه الفيزياء المنهج الإحصائي.

4) **الفيزياء الكهرومغناطيسية والإلكترونات:** تدرس سلوك الإلكترونات والأوساط الكهربائية والمغناطيسات والمجالات المغناطيسية والتفاعلات العامة للضوء. وقد توصل ماكسويل إلى القوانين الحاكمة لهذه الفيزياء، لذلك عُرفت باسمه.

5) **فيزياء الضوء والنظم الذرية والجزيئية والضوئية:** تدرس فيزياء الضوء طبيعة الضوء والأجهزة المعنية بإصداره ورصده (كالتليسكوبات ومحللات الضوء). وتدرس فيزياء النظم سمات الضوء والذرة والجزيئات.

6) **فيزياء الكون:** وتهتم بكيف نشأ الكون ومصيره.

7) **فيزياء النسبية.**

8) **فيزياء الكوانتم.**

9) **فيزياء الطاقة العالية والجسيمات والفيزياء النووية.**

(1) بالرغم من أن للسوائل والغازات قوانينها الخاصة، فإنها توضع في قسم الميكانيكا الكلاسيكية التي تشمل كل ما سبق الكوانتم والنسبية.

وسندرس الفروع الثلاثة الأخيرة بالتفصيل في فصول الكتاب.

10) **مجالات متداخلة:** كالفيزياء البيولوچية والكيميائية والحاسوبية والهندسية والجيولوجية والرياضية والطبية والاقتصادية.

وقد تجد -قارئي الكريم- أننا استخدمنا بعض المصطلحات المختلفة في الكتاب، كأن نتحدث عن الفيزياء الكهرومغناطيسية والإلكترونات باسم «الديناميكا الكهربائية» تبعًا لتقسيم آخر، فذلك الاستخدام يكون الأدق في هذا المقام. وإن بدت هذه التقسيمات جافة، فستدرك -عندما يتم تعرفك عليها- كم هي ممتعة.

❐❐❐

القارئ الكريم...

بناء على العرض السابق حول الهدف من هذا الكتاب ومنهجي في معالجته، كان طبيعيًّا أن تكون بنيته من ثلاثة أبواب:

الباب الأول بعنوان: **فلسفة ثورة الفيزياء الكبرى.**

الباب الثاني بعنوان: **ألف... باء.. الكوانتم والنسبية وبنية الذرة.**

الباب الثالث بعنوان: **ما بعد الفيزياء الحديثة.**

وقد رأيت أن يكون التمهيد وطرح الخطوط العريضة وفصول كل من الأبواب الثلاثة في مدخل كل منها، وذلك حتى يكون القارئ مستعدًّا لاستيعاب ما تتناوله فصول كل باب من معارف.

ولا يبقى - في ختام هذا التقديم - إلا إسداء الشكر لأهله...

الشكر للصديقين الفاضلين **المهندس عاصم والدكتور محمد حجازي رضوان**، على ما قدماه للكتاب من أفكار أثناء حواراتي معهما، وما قدماه من الأشكال والصور التوضيحية الموجودة في الكتاب والتي أضفت عليه قدرًا من التكاملية.

والشكر الجزيل للأستاذ الفاضل سامح غريب (مكتب النخبة لخدمات النشر)، فلا شك

أنـه قد تعامل مع تعديلاتي العديدة المرهقة في النـص وبروفاتي المتكررة - في هذا الكتاب وفي غيره من كتبي - باحترافية عالية ورحابة صدر، لولاهما ما خرج الكتاب بالمستوى الذي تمنيته.

فجزاهم ربي عَزَّوَجَلَّ عني وعن الكتاب وعن قرائه كل الخير...

أتمـنى أن أكـون - من خـلال هذا الكتاب الذي بـين يديك - قد حققـت الغرض الأول من إضافتـه إلى مكتبتنـا العربيـة، وهو أن تكـون زياراتنـا وتنقلاتنا بين جزر فيزيـاء الكوانتم والنسـبية والجسـيمات زيـارة متكاملة مترابطـة، تتدثر بالأُنـس والألفة بعد أن يـزول عنها الغمـوض والانعزاليـة. ثم أكون - في المقـام الثاني - قد بينت العجز الحقيقـي للعلم عن إدراك حقيقة الوجود. وأكون - في المقام الثالث - قد نجحت في طرح بعض المفاهيم الفلسفية والدينية وراء هذا الإنجاز الإنسـاني الهائل (فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات، والمعلومات)، وأن أكون - أخيرًا - قد بينت بعضًا من سمات العلاقة بين الأمر الإلهي في عالم الغيب «كن» وبين سننه الكونية في عالم الشهادة.

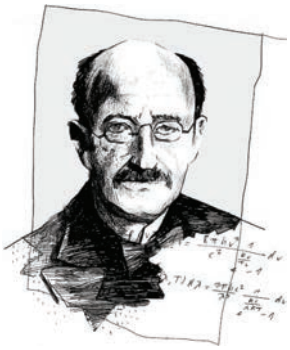
وأخيرًا... إن أحسنت فمن الله و إن أسأت فمن نفسي...

والله من وراء القصد...

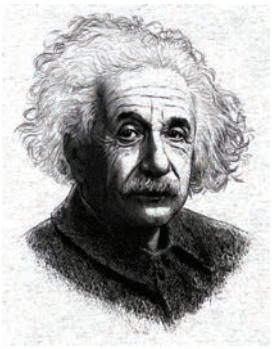
الباب الأول

فلسفة ثورة الفيزياء الكبرى

إذا كانت **الفيزياء هي أم العلوم**، فقد شهد الربع الأول من القرن العشرين ثورتين فيزيائيتين؛ **ثورة الكوانتم وثورة النسبية**، وأعقبتهما **ثورة خاصة ببنية الذرة**، وآزرت الثلاث بقوة طفرةٌ في **علوم الرياضيات**. لقد كانت بداية الثورة مع بداية القرن العشرين (العام 1900)، حين طرح ماكس بلانك[1] (شكل - 1) مفهوم الكوانتم، وبعدها بخمس سنوات طرح آينشتين[2] (شكل - 2) نظريته في النسبية الخاصة. إن هذه البداية الحاسمة، تجعل القرن العشرين متميزًا كوحدة فريدة ونقطة تحول في مسار العلم، فقد كانت استهلالًا لطريق جديد في البحث العلمي متمايزًا تمامًا عن المألوف والقديم.



(شكل - 1)



(شكل - 2)

(*) فصول هذا الباب (عدا الفصل الأول) هي تلخيص بتصرف - وإذن - وعرض للفصلين الثاني والرابع من كتاب «فلسفة العلم في القرن العشرين: «الأصول - الحصاد - الآفاق المستقبلية» تأليف: أستاذة فلسفة العلم بجامعة القاهرة د. يمنى طريف الخولي. سلسلة «عالم المعرفة» - العدد 264 - ديسمبر 2000.

والفصل الأول من الباب الأول بعنوان «ورطة المادية» عن كتابي «المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر» نيوبوك للنشر والتوزيع - 2018.

(1) Max Planck: (1858 - 1947) الفيزيائي النظري الألماني، يُعتبر مؤسس فيزياء الكوانتم. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1918 لوصفه مفهوم الكوانتم.

(2) Albert Einstein: (1879 - 1955) الفيزيائي النظري ألماني المولد والتعليم أمريكي الجنسية، صاحب ثورة النسبية وحده. ويكفينا تعريفًا به إن نقول أن اسمه صار مرادفًا للعبقرية وأيقونة لها.

وسرعان ما أثبتت سنواتُ القرن العشرين وعقوده كم كانت هذه الثورة مباركة، وكم كان الانقلاب التي أحدثته في مسلمات العقل العلمي ومنظوره ورؤاه انقلابًا إيجابيًّا مَثَّلَ **مرحلة أعلى في تطور التفكير العلمي**، حتى ما أن انقضى النصف الأول من القرن، حتى قيل إن أكثر من ثلاثة أرباع علم الفيزياء المعروف لنا يومها قد أنتجه القرن العشرون.

ومن الآثار العميقة لهذه الثورة، أن أصبحت **«فلسفة العلم»** على مدار القرن العشرين مرتهنة بالفيزياء، التي حققت تغييرًا جذريًّا في «أسلوب النظر إلى العالم» من أجل تحقيق فهم أفضل له، هذا الأسلوب هو الذي يطلق عليه فلاسفة العلم مصطلح **«نظرية المعرفة** أي **الإبستمولوچيا** Epistemology». وحتى نحقق من إبحارنا في فصول هذا الباب - وفي الكتاب - أكبر فائدة ممكنة ينبغي أن نحرر بعض المصطلحات وأن نتفق على معناها من بين العديد من التعريفات التي طُرحت لها.

❐❐❐

تمثل **«فلسفة العلم»**[1] فرعًا من فروع الفلسفة ومباحثها، وفيها يكون العلم هو المادة الخام أو الموضوع الذي يخضع للبحث الفلسفي. وبالرغم من أن العلم واحد في ممارسته، فإن فلسفات العلم تتعدد بقدر تعدد المذاهب الفلسفية لأنها ليست سوى **وجهات نظر فلسفية في العلم**.

وإذا ما فرغ **بعض رجال العلم** من بحوثهم، وعمدوا إلى تأمل نتائجها وبيان أهميتها ومكانتها في العلم وتاريخه، وأثرها المتوقع في حياة الإنسان، وغير ذلك من موضوعات تتجاوز التقرير المباشر لنتائج البحث وخطواته، فإنهم بذلك **يدلفون إلى تخصص آخر خارج العلم، وهو فلسفة العلم**. وهم بصنيعهم هذا يتنازلون عن حصانتهم العلمية، ويقفون على قدم المساواة مع سائر فلاسفة العلم، عندها يمكننا أن نقبل كلامهم أو نعزف عنه، دون أن يتوجَّب علينا أن نتخذ آراءهم بنية فلسفية تكافئ في صحتها معادلاتهم وصيغهم العلمية.

إن فلسفة العلم مفهوم واسع يتناول **العديد من المفاهيم والعلوم**، التي يُعتبر بعضها مكونًا أساسيًّا لفلسفة العلم، وبعضها قد يندرج أو يتداخل أو يتماس معها. ومن المفاهيم الأساسية لهذه الفلسفة؛ أنطولوچية العلم وإبستمولوچيته وأكسيولوچيته.

(1) مرجع هذا المبحث هو كتاب «فلسفة العلم»، فصل بعنوان «مدخل إلى فلسفة العلم». تأليف د. صلاح قنصوة. الناشر: الهيئة المصرية العامة للكتاب - مكتبة الأسرة، 2002.

أمـا **الجانب الأنطولوچـي Ontology**، فهو الذي يتصل بـ **«نظرية الوجود»** الفلسـفية، أي **كيـف ننظر إلى الوجود**، وهذه النظرية لها روافدها الدينية والعلمية والأخلاقية والاجتماعية والسياسـية والاقتصادية وغيرها. والذي يعنينا بالنسـبة للرافد العلمي، هو المترتبات الفلسفية عـلى التصورات والمفاهيم العلمية؛ مثل المادة والطاقة والموجة، وكذلك تركيب الذرة، وطبيعة المجال والحركة، وغيرها. فكل هذه المفاهيم قد تبعث لدى بعض الفلاسفة - مثلًا - تساؤلًا عن الوحدات الأساسـية التي يمكن أن يُنسَـج منها الكون، ومهما تكـن الإجابة فإنها لا تندرج في تكوين العلم نفسه.

وأمـا **الجانب الإبسـتمولوچي Epistemology** فيتعلق بـ **«نظرية المعرفة»** الفلسـفية، التي تتألف من محاور ثلاثة: يتناول الأول **«إمكان المعرفة»**؛ تُرى هل يملك الإنسان حقًّا القدرة على بلوغ الحقيقة عن طريق العلم؟. ويعين المحور الثاني **«طبيعة العلاقة بين الباحث وموضوعات بحثه»**، هل هي من إنشـاء عقله (بنية عقلية) أم هي واقع خارجي (بنية فيزيائية) مسـتقل عن إدراكـه. فمثلًا، هل يمكن القول بأن الإلكترون موجود بشـكل حقيقي أم إنه بنيه عقلية تعبر عن مرصودات رصدناها؟ وينشغل المحور الثالث بـ **«أدوات ومصادر المعرفة»**؛ هل هي العقل أم الحدس أم معطيات الحس؟.

وأمـا **الجانـب الأكسـيولوچي Axiology** فهو ينضوي تحـت **«نظرية القيم»** في الفلسـفة. ولا يعني هذا في فلسفة العلم ربط العلم بالأخلاق فحسب، بل يتسع لكل أنواع القيم. فضلًا عن النظر إلى العلم كمشروع إنساني يستهدف غايات معينة ويستخدم وسائل محددة لتحقيقها.

وتبرز **«المنهجية Methodology»** المعنية بالمنهج العلمي الذي يستخدمه العلماء في أبحاثهم، كرابطة لا تنفصم بين العلم وفلسفة العلم، لذلك تتردد في فلسفة العلم مصطلحات كـ **«الاستقراء Induction»** الذي يقصد المنهج التجريبي، و**«الاسـتنباط Deduction»** الذي يعني الاسـتنتاج العقلاني. ويقابلنا أيضًا المنهج **«الفرضي -الاسـتقرائي- الاسـتنباطي»**[1] الذي هو المنهج العلمي التجريبـي الحقيقي، ويتكون من تناغم بين الفرض الحدسي وبين تفاعل التجريب (الحس) مع

(1) هـذا هـو المصطلح الذي أصفُ به المنهج العلمي التجريبي، وتطلق عليه أسـتاذتنا د. يمنى الخولي مصطلح «الفرضي الاستنباطي»، ولعل ذلك يرجع إلى أن بعض الفلاسفة لا يزالون في مرحلة رد فعل ضد الاستقراء!

الاستنباط (العقل). وتباهي الفلسفة بأن عملاقيها الكبيرين فرانسس بيكون[1] (شكل - 3) (في مجال التجريب) وديكارت[2] (شكل - 4) (في مجال الرياضيات) هما من أسسا المنهج العلمي الذي يتبعه العلماء في بحوثهم، بينما قناعتنا - كممارسين للعلم - **أن العلماء قد مارسوا هذا المنهج بمعزل عن هذه الإضافات والصياغات الفلسفية.**



(شكل - 3)
فرانسس بيكون



(شكل - 4)
رينيه ديكارت

وإذا انتقلنا إلى العلوم التي تتعلق بفلسفة العلم، ويضمها بعض الفلاسفة تحت عباءة فلسفة العلم ويستبعدها آخرون، قابلنا «**تاريخ العلم**» الذي يتتبع نمو المشكلات العلمية وتطورها، وما قدمه العلم من نظريات أو حلول لتلك المشكلات في نطاق سياقه الاجتماعي الثقافي الشامل. وهناك «**سيكلوجية العلم**» التي تبحث في العمليات النفسية والعقلية التي تتعلق بالكشف العلمي، وما يقترن بها من القدرات الإبداعية والخيالية الموجهة لحل المشكلات العلمية. وكذلك «**سوسيولوچيا = علم اجتماع العلم**» التي تدور حول التفسير الاجتماعي لتطور النظريات العلمية وتطور قبول المجتمع لها.

وهناك من **يربط فلسفة العلم بالدين**، ربطًا يتراوح بين العمق الحقيقي (وأحسبني من هذا

(1) Francis Bacon: (1561 - 1626) الفيلسوف البريطاني، صاحب الإسهامات الكبيرة في تأسيس المنهج العلمي التجريبي.

(2) René Descartes: (1596 - 1650) عالم الرياضيات والفيلسوف والعالم الفرنسي الكبير، من مؤسسي الفلسفة الحديثة.

الفريق) والسطحية المقززة. كما نجد من يوثق الصلة بين العلم وبين **الجمال والفن والأدب**، حتى أن آينشتين قد صرح بأنه قد أفاد من الروائي الروسي دستوفيسكي بأكثر مما أفاد من جاوس الفيزيائي الرياضي الألماني المعروف. أما **ربط العلم بالأيديولوجية**، فمسألة معلنة عند الماركسيين وعند الراديكاليين واليسار الجديد في العالم الأنجلوساكسوني، وللأسف أصبح الخلقويون الرافضيين للتطور البيولوچي في بلادنا يجاهرون بهذا الربط بل ويفاخرون به!!!

□□□

يبقى أن نقول، إنه ينبغي لمن أراد أن **يتفلسف في العلم** أن يكون مُتَحَلِيًّا بسمتين؛ الأولى، **المنحى الفلسفي** الذي يتطلب القدرة على التعميم والتجريد والشمول، والثانية؛ **الإلمام بتطورات العلم** ليكون الباحث متمكنًا مما يتحدث عنه من مفاهيم ونظريات ومناهج علمية. وفي إطار هذين المتطلبين لممارسة التفلسف في العلم جاءت بنية هذا الكتاب، فجعلنا هذا الباب تدريبًا على المنحى الفلسفي، وأتبعناه - في الباب الثاني - بالتعرف على المفاهيم العلمية التي قدمتها ثورة الفيزياء الحديثة.

بعد هذه الجولة السريعة مع فلسفة العلم، آن الأوان لأن نقدم لفصول هذا الباب:

بالرغم من أن الملامح الرئيسية لبنية الذرة /المادة قد تحددت مع ثورة فيزياء الجسيمات، التي جاءت بعد ثورتي الكوانتم والنسبية، فقد رأينا أن نبدأ الحديث عن فلسفة ثورة الفيزياء الكبرى بالحديث عن فلسفة النظر إلى المادة والطاقة باعتبارها ميدان الثورات الفيزيائية المتتالية الثلاث (الكوانتم ثم النسبية ثم الجسيمات). وقد خصصنا لذلك الفصل الأول بعنوان **«فلسفة بنية الوجود»**.

وفي الفصل الثاني بعنوان **«أزمة الفيزياء الكلاسيكية»**، نعرض المناخ السائد في نهايات القرن التاسع عشر، مع المشكلات التي واجهت الفيزياء الكلاسيكية، وهي الظروف التي دفعت دفعًا لانفجار ثورة الفيزياء الكبرى.

وفي الفصلين الثالث **«فلسفة فيزياء الكوانتم»** والرابع **«فلسفة النظرية النسبية»** نحدد المشكلة الفيزيائية الرئيسية التي وقفت وراء ميلاد كل منهما، كما نعرض ما أحدثته كل من الكوانتم والنسبية من ثورة في فلسفة العلم.

وفي الفصل الخامس «**الرياضيات في رحاب الثورة**» نعرض لما واجه **الرياضيات التقليدية** من مشكلات دفعتها لأن تلحق بركب **الفيزياء الحديثة**، فكانت الأولى مددًا للثانية، كما غذت الثانية الأولى.

وفي الفصل السادس والأخير من الباب «**نظرية المعرفة في القرن العشرين**» نلخص التغيرات المنهجية في نظرية المعرفة العلمية، والتي صاحبت بزوغ الفيزياء الحديثة لحل مشكلات الفيزياء الكلاسيكية.

والآن، فلنبحر مع أستاذتنا د. يمنى الخولي في هذه الفصول الماتعة.

❐❐❐

الفصل الأول

فلسفة بنية الوجود

- المادية
- تاريخ المادة
- الفلسفة ونشأة المادة
- مرحلة ما قبل سقراط
- أفلاطون
- أرسطو
- الفلسفة المسيحية
- الفلسفة الحديثة
- الفيزياء الكلاسيكية وسلوك المادة
- العلم الحديث ونزع المادية
- صراع المادي واللامادي
- مستنقع المادية
- نزع المادية عن المادة
- بدائل المادية
- محاولة لإنقاذ المادية
- المعلوماتية كنموذج معرفي جديد
- التقدم إلى مرحلة ما بعد المادية
- إلى المعلوماتية
- القارئ الكريم

من المفاهيم المستقرة في عقول البشر جميعًا، عبر التاريخ وعبر الجغرافيا، أن «**المادة**» **هي أكثر الكيانات يقينًا**، حتى صرنا نُشَبِّه اللامادیات (كالأفكار والمشاعر) بالحديد والصخر والحجر والزلط للدلالة على أن لها وجودًا حقيقيًّا راسخًا.

وقد أفرزت هذه القناعة نظرة معينة للعالم في الفهم العام وفي المذاهب الفلسفية. وأصبحت هذه النظرة ضرورية لكل الممارسات العلمية في العصر الحديث، وفي نفس الوقت تلقت منها الدعم، إنها النظرة التي تتلخص في كلمة واحدة، هي:

المادية Materialism

وتقوم النظرة المادية للعالم على **خمسة مفاهيم أساسية**، هي:

1) المادة هي **المكون الأساسي للعالم الطبيعي**.

2) هناك أربع **قوى طبيعية**[1] تؤثر في المادة.

3) تتكون الأجسام من **الذرات**، التي يمكن فهم حركتها وسلوكها في ضوء **القوى الطبيعية الأساسية** التي تؤثر فيها، وذلك في إطار **القوانين الفيزيائية**. ومن ثم، لا شيء في الوجود ليس من إنتاج هذه الوحدات وهذه القوى وهذه القوانين.

4) تحدد **الجسيمات المادية** الأساسية (الذرات) مع **القوى الطبيعية** الأساسية ومع **القوانين الفيزيائية** سلوك جميع الأشياء في الطبيعة، ومن ثم فالمادية تَلزَمها «**الحتمية**». وبالتالي فالمادية **تستبعد** وجود القوى البيولوچية (كالقوى الحيوية[2] Vitalism) والقوى الواعية (كالثنائية[3] Dualism) والقوى السماوية (الإله والملائكة).

---

(1) هي القوى الكهرومغناطيسية والجاذبية والقوتين النووية القوية والنووية الضعيفة.

(2) المذهب الحيوي: عقيدة تنص على أن «الكائنات الحية تختلف جوهريًّا عن الكيانات غير الحية؛ لأنها تحتوي على بعض العناصر غير المادية أو لأنها تحكمها قوى مختلفة»، وغالبًا يشار إلى تلك العناصر والقوى باسم «شرارة حيوية» أو «الطاقة» أو «الهمة الحيوية»، وهي تتساوى مع بعض تعريفات الروح.

(3) الثنائية: كأن يتكون الإنسان من جسد وروح.

5) المادية **مفهوم وجودي Ontological**، إذ تحدد ما يمكن أن يوجد وما لا يمكن، كما تحدد ما يمكن اعتباره تفسيرًا علميًّا وما لا يمكن، بناء على إذا ما كان الكيان قابلًا للرد إلى الفيزياء أم لا. وتبعًا لذلك يعتبر الماديون أن علومًا كالبيولوچيا وعلم النفس هي علوم ناقصة، حتى نكتشف القوانين التي تربطها بالفيزياء، وقد اختلف الماديون في إمكانية تحقيق ذلك.

نتيجة لهذه المفاهيم الخمسة، يصبح من لوازم المادية - في أحدث صورها - اختزال كل الظواهر العليا إلى موضع وزخم[1] الجسيمات الأولية. ويرفض هذا **المنظور** التفسيرات التي تسمح **بسببية إيجادية**، وهو ما تصفه فلسفة العلم بالبزوغ القوي Strong Emergence (من أسفل لأعلى) ويصفه المتدينون بالخلق Creation (من أعلى لأسفل).

وبالرغم من استقرار هذه المفاهيم، فإننا سنبين في هذا الفصل أن هناك من الأسباب الفلسفية والعلمية ما يشكك في صحة «عقيدة المادية»، وذلك بعد أن أفرزت **فيزياء القرن العشرين** مبررات ذات وزن تجعلنا نقتنع بخطأ بعض المفاهيم المادية المحورية في الفيزياء، كما سنجد أن هذه المفاهيم تعجز عن تقديم تصور مقبول لطبيعة المادة. إن هذه المبررات، مدعومة **بالنظريات الجديدة للمعلومات والتعقيد والبزوغ**، تطرح للعالم تصورات بديلة عن المادة تستحق الاهتمام والتقييم[2].

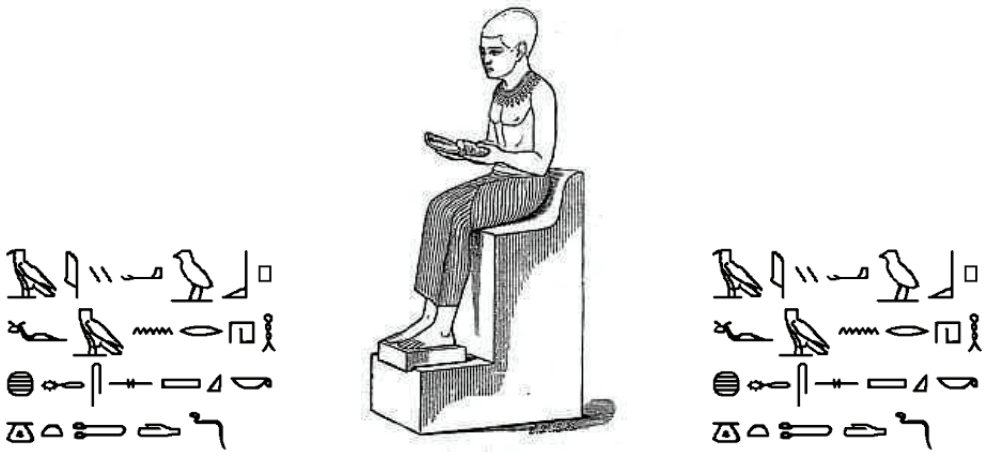
تاريخ المادة

إذا أردنا أن نؤرخ لأول تعامل إنساني علمي مُسجل مع المادة، نجد أن التاريخ يضرب بنا خمسين قرنًا في أعماق الزمان، ذلك أن أول اسم مسجل في هذا المجال هو **«إمحوتب»**[3] (شكل - 5) العالِم المهندس الطبيب الفلكي المصري الذي بنى هرم زوسر المدرج بالجيزة، وبلغ من شهرته أن أنزله المصريون منزلة الآلهة وجعله البطالمة إلهًا للطب.

(1) الزخم Momentum= كمية التحريك: هي إحدى الكميات الفيزيائية التي طرحتها الفيزياء الكلاسيكية، وتساوي حاصل ضرب كتلة الجسم في سرعته.

(2) سنُعَرِّف بهذه النظريات وهذه التصورات البديلة خلال الفصل ثم بقية الكتاب.

(3) إمحوتب: (القرن 30 قبل الميلاد)، يُعتبر أول عالم ومهندس وفلكي وطبيب في التاريخ.



(شكل - 5)

إمحوتب

وترجع محاولات فهم المادة إلى عصر ميلاد الفلسفة، ويحتاج الباحث إلى القيام بهذه الرحلة التاريخية المعقدة ليس للاستمتاع العقلي فحسب، بل لأن الإلمام بالتاريخ مهم للغاية لإدراك الحاضر.

ينقسم تاريخ المادة إلى **ثلاث مراحل. الأولى**؛ ونسميها **مرحلة المنشأ**: وهي الظهور التدريجي لمفهوم المادة في الفلسفة اليونانية القديمة، ثم تنقيح هذا المفهوم مع تعمق الفلسفة وتشعبها.

والمرحلة الثانية، مرحلة السلوك: ونقصد بها التحول الجذري في القرن السابع عشر في النظر إلى المادة، حيث تم التحول إلى دراسة سلوك المادة بعد أن كان الاهتمام منصبًّا على فهم طبيعتها، كما أُعطى اسمها للفلسفة المادية الناشئة، وقد فتح ذلك مجالًا لمفهوم جديد وهو «**الكتلة**» القابلة للقياس، والذي ظهر مع نشأة علم الميكانيكا.

والمرحلة الثالثة، نزع المادية: وهي التحول التالي في القرن العشرين، والذي تم في ضوء سبعة مفاهيم جذرية جديدة؛ هي النسبية وميكانيكا الكوانتم وفيزياء الجسيمات وعلوم الكون المتسع والبيولوجيا الجزيئية والمعلوماتية والوعي الإنساني. فإذا كانت المادة قد بدأت في فقدان مركزها المادي مع ظهور التوازن بين المادة والطاقة (معادلة آينشتين الشهيرة)، فقد

اهتز هذا المركز بشكل أكبر مع مفهوم الجسيمات العجيب؛ التي تتواجد في أكثر من مكان في وقت واحد أو لا تتواجد في مكان (لاتحديد الكوانتم)!!! وقد زاد من هذا الالتباس، ما طرحته علوم المخ والأعصاب من أن عقولنا هي التي تشكل هيئة المادة!!!

إن الوصـول إلى مرحلـة نزع الماديـة يدفعنا لبناء **نموذج معرفي جديـد** (باراديم Paradigm) للنظـر إلى المادة، وهو نمـوذج «**المعلوماتية**»، باعتبارهـا اللبنة الأولى للوجـود، والذي نزعم أنه القادر على وضع المادة في موضعها الصحيح و إزالة ما علق بها من لبس نتيجة لإنزالها فوق منزلتها.

الفلسفة ونشأة المادة

تسـتلفت المتتبع لتاريخ المادة في الفلسفة اليونانية والغربية **ظاهرة ديناميكية غريبة؛** ففي كل مـرة يظن الفلاسـفة الكبار أنهم قد أصبحوا قادرين على تعريـف المادة، إذا بها تهرب مرة أخرى وثالثة ورابعة من قبضتهم.

لذلـك نقول إن الفلاسـفة الكبـار[1] الذين طرحـوا حلولًا للمشـكلات المعرفيـة والآراء المتعارضة حول المادة، قد **فشـلوا مرارًا في تقديـم مفهوم حقيقي لها،** تاركين المتابع في كل مرة يعـاني الحرمان المعرفي، بل إنهم يزيدونه حيرة على حـيرة!! و إذا أضفنا تعارض ما يطرحون من نظريات فلسفية مع ما توصَّلت إليه الفيزياء (نعرضه بعد قليل) سيصيبنا الاندهاش مما تعانيه الفلسفة من فقر في النظر إلى المادة.

مرحلة ما قبل سقراط

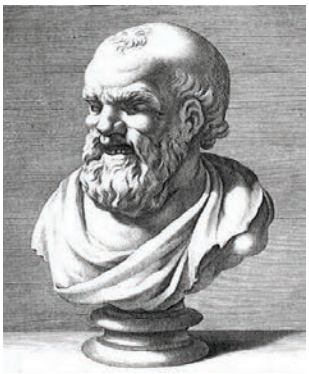
اهتم فلاسـفة هذه المرحلة **بنشأة المادة**، فقدموا عدة أطروحات عن «**المبدأ النهائي/ الأول** Ultimate Principle= arche»، أي **الأصل** الذي نشـأت منه المادة وصار مسـئولًا عن طبيعتها وسلوكها. لقد تبنى **طاليس**[2] أن المبدأ الأول هو الماء، وتبنى **إيمبدوكليس**[3] أنه العناصر الأربعة

(1) مثل أفلاطون وأرسطو، وتوماس الأكويني، وديكارت وليبنتز وهيجل وهوايتهيد و....

(2) طاليس المالطي Thales: (624 - 546 ق.م) رياضي وفلكي وفيلسوف يوناني من المدرسة الأيونية. أحد الحكماء السبعة عند اليونانيين.

(3) إيمبدوكليس Empedoclies: (495 - 435 ق.م) يُعرف بفيلسوف العناصر الأربعة.

(الـتراب والمـاء والهواء والنـار)، واعتبره **بارمينيـدس**[1] العقل Logos . وهـو عنـد **هيراقليطـس**[2] مبـدأ التغـير، و يعبر عنه بمقولته الشهيرة: لا تستطيع أن تستحم في نفس النهر مرتين[3].



(شكل - 6)
ديموقريطس

ولعلـك تلاحـظ مـن هـذه الأطروحـات أن المبـدأ النهائي «اللامـادي» كان مطروحًـا مـن البداية. وفي المقابـل، لعل من أهـم ملامح هـذه المرحلة هو طـرح **ديموقريطس**[4] (شـكل - 6) للمبـدأ الذري، الذي يعتبر أن الـذرة هي وحدة المادة التي لا تنقسم، ومنها تتكون جميع الأجسام.

أفلاطون[5]

إذا كانت الظاهرة الديناميكية السابقة (استعصاء المادة على التعريف) تنطبق على الفلسـفة اليونانيـة والغربية ككل، فإنها تنطبـق بشـكل خاص وبدقة عـلى أفلاطون الـذي ورث **ميراثًا ثريًّـا متباينًا من الفلسـفة الطبيعية التـي تراكمت في مرحلة ما قبل سقراط.**



(شكل - 7)
أفلاطون

لقد رأى أفلاطون (شكل - 7) وراء هذا الاختلاف الفلسفي المادي **عددًا من المعضلات،** لعل أهمها:

ما حقيقة الأشياء؟

هل للأشياء أصل واحد، أم أن التعدد هو الحقيقة النهائية؟

---

(1) بارمينيدس Parmenides: (501 - 450 ق.م).

(2) هيراقليطس Heraclitus: (540 - 480 ق.م) عُرف بالفيلسوف الباكي أو الغامض.

(3) ديموقريطس Democritus: (460 - 370 ق.م) تعلم في مصر وفارس والهند، وتعرف على سقراط..

(4) وأنا أضيف إلى هذه المقولة: «لا أحد يستحم في النهر مرتين»... باعتبار أن معظم خلايا جسد الإنسان، بل وأفكاره، في تَبَدُّلٍ وتجددٍ مستمر.

(5) أفلاطون Plato: (427 - 347 ق.م) تلميذ سقراط وأستاذ أرسطو.

هل التغير حقيقة أم توهم؟

ما الذي يوحِّد المظاهر المتعددة؟

لقد وجد أفلاطون الحل في **عقيدة «المُثُل**[1] **Forms»** باعتبارها **حقيقة الأشياء**. فالمثل هي أفكار/ معلومات توجد في عالم عقلي حقيقي خالص فوق فلك القمر، وتُعتبر هي القوالب التي تتشكل الأشياء الموجودة في واقعنا تبعًا لها. فالشجرة Tree الموجودة في دنيانا هي شجرة لأنها تشكلت على شكل الشجرة المثال (الشجرية Treeness).

ويشرح أفلاطون طبيعة الوجود المادي بـ «**أسطورة الكهف**[2] **Cave**» في بداية الكتاب السابع من محاوراته. وتبين الأسطورة أن المعرفة التي نقابلها في عالم المادة هي **خيال**، وأن الحقيقة تقابلنا حين نصعد إلى عالم المثل.

وفي فلسفة أفلاطون، يمثل عالم الحقيقة (عالم المثل) الخير. ويُعتبر الهبوط من العقل (الموجود في عالم المثل) إلى المادة (في عالمنا) هو **انتقال من المعرفة إلى الرأي، ومن الحقيقة إلى التوهم.**

لذلك تمثل نظرية أفلاطون مشكلة للماديين. إنها تصرح بأن **العالم المادي غير حقيقي بدرجة ما، أما الحقيقة النهائية فهي المثل، التي تصبح أقل حقيقية عندما تتشكل في عالمنا المادي.**

(1) عالم المثل عند أفلاطون عالم حقيقي موجود فوق فلك القمر وليس مجرد معانٍ ذهنية، ويشتمل على ماهيات (حقائق) ومعقولات الأشياء والأحياء الموجودة في العالم الحسي (تحت فلك القمر)، أي إنه هو العالم الحقيقي الدائم الأزلي الأبدي الكامل الخالي من النقص والتغير والفساد. ويتدرج عالم المثل من الأنواع والأجناس الدنيا إلى الأنواع الأكبر والأجناس العليا، وتتدرج المثل في شكل هرمي، تحتل أعلاه ثلاثة مثل عليا هي الخير والحق والجمال، ويأتي في قمة الهرم مثال المثل؛ الإله الأعلى.

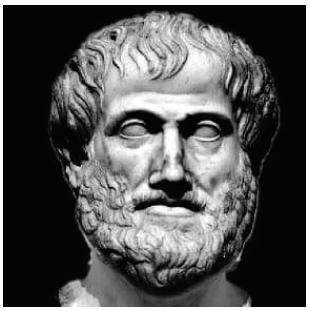
(2) يمثل أفلاطون الإنسان في العالم الحسي الذي نعيش فيه بساكن كهف، يرى ظلالًا لإناس وحيوانات تتحرك على جدار الكهف. فلو قُدِّر للإنسان أن يولد ويعيش داخل الكهف دون أن يخرج منه، فإنه سيحسب الظلال حقائق، ولكنه لو خرج (ارتقى) من الكهف لرأى أصل هذه الظلال الحقيقي.

وبالمثل؛ يجب على الإنسان (حسب فلسفة أفلاطون) لكي يعرف حقائق الأشياء والأحياء على الأرض أن يرتقي من المعرفة الحسية (الظلال) إلى المعرفة العقلية (الحقائق)، معرفة المثل.

ويرى الكثير من الفلاسفة أن طرح أفلاطون (عالم المثل وأسطورة الكهف) ليس طرحًا أصيلًا له، بل مستمد من ديانات وفلسفات الشرق الأقصى.

أرسطو[1]

انزعج **أرسطو** - الذي كان تلميذًا لأفلاطون - من توابع اعتبار أن المادة ليست إلا توهمًا، فطرح ما اعتُبر في البداية حلًّا للمشكلة. لقد اعتبر أرسطو أن كل شيء موجود هو **وحدة من المادة والشكل**. لذلك عُرف طرحه الميتافيزيقي بـ «**المادية الشكلية** Hylomorphism»[2].



(شكل - 8)
أرسطو

وفي منظور **أرسطو** (شكل - 8)، يتمايز الشيء عن الأشياء الأخرى **بالشكل**، ومن ثم فإن المادة في الأصل **كيان غير متمايز**، يكتسب صفات الأشياء المتشكلة دون أن تكون له صفات ذاتية مجهولة غامضة لا يمكن إدراكها بالعقل.

لذلك إذا كان الكثيرون من الفلاسفة يعتبرون أن أرسطو قد أعاد للمادة اعتبارها الذي نزعه أفلاطون، فإن الحقيقة أنه أسلمنا إلى المادة مرة أخرى.

وطوال القرون التالية للفلسفة اليونانية القديمة، ظلت الصعوبات الأفلاطونية والأرسطية تواجه العقول بخصوص تعريف المادة.

الفلسفة المسيحية

يبحث **الفيلسوف الباطني بلوتينس**[3] (القرن الثالث) عن الحقيقة الأساسية للوجود في **مستوى العقل** وربما أعلى، وظلت المادة عنده هي الشيء الذي ينبغي أن يهرب منه الشخص حتى يتحرر وحتى يُحَصِّل المعرفة.

(1) أرسطو Aristotle: (384 - 322ق.م) عُرف بالمعلم الأول، إذ أَثَّرَ في كل الفلاسفة وفي العلم من بعده.

(2) حيث Hylo= مادة غير متشكلة - Morphé= شكل. وقد اعتبر الفلاسفة أن المادية الشكلية لأرسطو تجيب على معضلة أفلاطون حول طبيعة الكيان الذي يتغير.

(3) Plotinus (204 - 270) الفيلسوف الباطني اليوناني الكبير. مشهور بالقول بالمبادئ الثلاثة: الواحد - العقل - الروح.

و يُطَعِّم **أوغسطين**[1] (القرن الرابع) اللاهوت المسيحي بمفاهيم أفلاطون عن **تدني المادة** واعتبارها قرينًا للشيطان.

أما **توماس الأكويني**[2] (القرن الثالث عشر)، فقد عجز أيضًا عن أن يحل لغز المادة، فكان يتساءل دائمًا: كيف يخلق الإله (غير المادي) شيئًا يختلف عنه تمامًا (الوجود المادي)، وكيف تتحد روح الإنسان غير المادية بجسده المادي بعد الموت. وبالرغم من أن هذه الأمور قد شغلت لاهوت الأكويني فإنه لم يطرح **حقيقة الجسد/ المادة للبحث**. وقد ظل هذا التوجه مؤثرًا على المفكرين الغربيين حتى اليوم.

الفلسفة الحديثة

عندما نصل إلى **رينيه ديكارت** (القرن السابع عشر)، نجده يتبنى **ثنائية العقل/ غير المادي-الجسم/المادة**، مع تَرَأُّس الأول للثاني، دون أن ينجح في حل مشكلة التفاعل بينهما.

أما **ليبنتز**[3] (القرن السابع عشر) المؤمن بالإله الخالق الذي يدير الكون، فقد تبنى **المذهب الذري** الذي يرى أن الذرات المتفردة/ الجواهر الفرد هي المصدر العقلي الأول للنشاط والمسئول عن سلوك العالم الذي تدرسه الفيزياء. وفي نفس الوقت، يوجد طرح آخر لليبنتز، يتبنى فيه تصورًا مثاليًا ينكر أي وجود حقيقي للمادة.

ثم جاء **هيجل**[4] (القرن التاسع عشر) الذي اعتبر أن العقل/الروح -وليس المادة- هو القوة المحركة لجميع الأشياء والظواهر وللتاريخ كله.

وقد كان فيلسوف الميتافيزيقا الغربي الأكبر **هوايتهيد**[5] أول من تأثرت فلسفته بنسبية

(1) Augustine of Hippo (324 - 430) عالم اللاهوت المسيحي الروماني الأفريقي، له تأثير عميق في المسيحية والفلسفة الفردية.

(2) Thomas Aquinas (1225 - 1274) القس والفيلسوف الكاثوليكي الإيطالي، ذو تأثير عميق في اللاهوت المسيحي.

(3) G. W. Leibniz (1646 - 1716) الفيلسوف والرياضياتي وعالم الطبيعة الألماني الشهير - أسس علم التفاضل والتكامل بشكل منفصل عن نيوتن.

(4) G. W. Friedrich Hegel (1770 - 1831) أحد أهم الفلاسفة الألمان وأهم مؤسسي الفلسفة المثالية الألمانية، طَوَّر المنهج الجدلي.

(5) Alfred N. Whithead (1861 - 1947) الفيلسوف وعالم الرياضيات الإنجليزي، يُعَد هو وبرتراند رسل واضعي علم المنطق الرمزي..

آينشتين. وقد تبنى هوايتهيد **فلسفة الخبرة الشاملة** التي تنظر إلى العالم باعتباره يتكون من مواقف حقيقية متعددة، لكل منها قطبان، أحدهما عقلي والآخر فيزيائي، وفي الوقت نفسه تتنحى المادة عن مقامها الأول لصالح الخبرة العقلية.

مما سبق، ندرك أن مشكلة طبيعة المادة ظلت لغزًا مع الفلسفة اليونانية والغربية، وكانت تسلمنا دائمًا إلى أن **العنصر الفعال في الطبيعة هو العقل**! وهذا التصور يبعدنا عن إدراك طبيعة المادة بدلًا من أن يقربنا منها!!

الفيزياء الكلاسيكية وسلوك المادة

في ظل الثورة العلمية التي تفجرت في القرن السابع عشر، أحدث علم الميكانيكا تغيرًا منهجيًّا في النظر إلى المادة، فبعد أن سيطر على الفكر الإنساني لقرابة العشرين قرنًا البحث في أصل **المادة وماهيتها**، شاع الاهتمام **بسلوك المادة**، أي التغير الذي يعتري صفات الأشياء.

وقد قام الفيلسوف الفرنسي الكبير **رينيه ديكارت** بدور مهم في تأسيس النظرة العلمية الجديدة إلى المادة، وذلك في إطار **النموذج الهندسي/الرياضي** الأوضح والأقدر على توصيف العالم. كما طرح **توماس هوبز**[1] برنامجه المادي الذي يتبنى أن ليس هناك إلا مادة متحركة.

وقد واجهت هذه النظرة الاختزالية للمادة **عدة اعتراضات فلسفية فيزيائية**، ناتجة عن الاقتصار على **مفهوم الامتداد** لتوصيف المادة مع تجاهل **مفهوم الكثافة**، مما يعوق تطبيقات علم الميكانيكا، ويؤدي إلى نفي وجود الفراغ داخل المادة وما يصاحب ذلك من لااختراقية، كما يؤدي إلى صعوبة تفسير حركة الأجسام.

وللتغلب على هذه الاعتراضات، جاءت **أطروحة روجر بسكوفيتش**[2] العظيمة التي استبدلت الذرة المادية المصمتة **بالذرة الطاقية** التي هي قوى تجاذب وتنافر حول نقطة محورية.

(1) Thomas Hobbes (1588 - 1679) عالم الرياضيات والفيلسوف الإنجليزي - مؤسس الفلسفة السياسية.

(2) Roger J. Boscovich (1711 - 1787) الفيزيائي والفلكي والرياضياتي والفيلسوف والدبلوماسي والشاعر واللاهوتي والقس اليسوعي الكرواتي.



(شكل - 9)
سير إسحق نيوتن

و إذا كانت **ميكانيكا نيوتن**[1] (شكل - 9) قد دعمت المذهب المادي، فقد **احتفظ نيوتن للإله بدور** في المنظومة. كما استطاع نيوتن أن يفسر العديد من سمات المادة في ضوء مصطلحه الجديد؛ «**الكتلة**»، القابلة للقياس الكَمِّي بدلًا من المادة غير القابلة للقياس. كما فسر نيوتن الجذب بين الأجسام من خلال التأثير المتبادل بينها عن بُعد. كذلك أشار إلى أن الأجسام الشفافة تحوي فراغًا هائلًا يسمح بمرور جسيمات الضوء خلالها.

لقد استطاعت الفيزياء التقليدية أن تقدم فهمًا للمادة أدق مما فعلت الفلسفة، حين اعتبرت أن **كل الموجودات هي مجرد مجموعات من وحدات المادة الأولية والقوى الطبيعية وتحكمهما نفس القوانين الفيزيائية**. وقد دعم **هذا التصور** ما حققته العلوم المختلفة من نجاحات تطبيقية هائلة.

وبالرغم من هذه الوحدة البنائية والسلوكية لجميع الموجودات، فقد واجهت هذه النظرة تحديات عميقة بسبب ما أظهرته الدراسات من سمات مميزة متباينة لكل فرع من فروع الفيزياء، يحتاج كلٌّ منها إلى **نموذج تفسيري منفصل**.

و إذا كانت النظرة السلوكية الجديدة للمادة والتي طرحتها الفيزياء التقليدية قد حققت تقدمًا حضاريًّا لا مثيل له في تاريخ البشرية، فإن **النجاح التطبيقي لا يعني الاقتراب من فهم طبيعة الشيء**، وقد ظهر ذلك بوضوح في النظرية المادية التي نجحت تطبيقيًّا لكنها فشلت تفسيريًّا.

العلم الحديث ونزع المادية

كان لطبيعة المادة نصيب وافر **من العالم الأسطوري** الذي أدخل العلمُ الحديث فيه العقلَ الإنساني منذ بداية القرن العشرين. ويمكن تلخيص سمات هذا النصيب في كلمتين، هما: **نزع المادية**. وقد تم ذلك من خلال سبع ثورات علمية حقيقية[2]:

(1) Sir Isaac Newton: (1642 - 1727) الرياضياتي والفيزيائي والفلكي والفيلسوف البريطاني الشهير، مؤسس الفيزياء الميكانيكية، من أعظم العلماء عبر التاريخ.

(2) سنقوم بدراسة هذه الثورات السبع بمزيد من التفصيل في بقية فصول الكتاب.

أ) كانت **نسبية آينشتين** هي بداية نزع المادية عن المادة، ففي ظلها تحولت **المادة إلى طاقة**؛ أي إلى شيء لا كتلة له ولا يحتوي على أية مادة.

ب) أثبتت **نظرية الكوانتم** أن كلًّا من طبيعة الشيء وقياساته لا تحددها سمات كامنة فيه فحسب، ولكن تحددها أيضًا **توجهات الراصد** ونيته والمعلومات التي يدخل بها على الظاهرة لدراستها. كما أثبتت الكوانتم احتياج كل ظاهرة دقيقة إلى **«عامل مرجح»** يحقق احتمالًا معينًا في كل حالة.

ج) **فيزياء الجسيمات:** بدأ البحث في طبيعة الجسيمات التي تتكون منها الذرة عن طريق ما يُعرف بفيزياء الطاقة العالية، وكان ذلك في البداية من خلال الأشعة الكونية ثم باستخدام المسرعات النووية، وقد تمخضت هذه الدراسات عما يُعرف بـ **«النموذج القياسي»**، الذي يمثل أدق تصور لبنية المادة وصل إليه العلم.

د) **علوم الكون:** احتاج استقرار الكون إلى ضبط كثافته وسرعة تمدده عند حدين حرجين لا توفرهما مادة وطاقة الكون المنظورتان. وقد أدى ذلك إلى افتراض وجود **مادة مظلمة وطاقة فراغ مظلمة** لا نعرف مصدرهما ولا طبيعتهما، بالرغم من أنهما تفوقان كمية المادة والطاقة المرصودتين بعشرات المرات.

هـ) **نظريات المعلومات:** أثبتت أن البنية الأساسية للوجود هي «المعلومات» التي تتجسد في المادة والطاقة وتشكل قوانين الكون.

وفي ضوء ثورات النسبية والكوانتم والجسيمات والمعلومات أصبح يتم التعامل مع الكون باعتباره **سوبر كمبيرتر كمومي**.

و) **البيولوجيا الجزيئية:** كان لاكتشاف بنية جزيء الدنا DNA وطريقة أدائه لوظائفه دور كبير في تغيير النظرة إلى الحياة؛ من اعتبارها ظاهرة كيميائية إلى اعتبارها **ظاهرة معلوماتية**.

ز) **الوعي الإنساني:** لقد ثبت عجز التصور المادي التقليدي عن تفسير العلاقة بين المخ المادي وبين العقل والوعي غير الماديين. وبالرغم من وجود محاولات لتفسير نشأة الملكات العقلية في ضوء **ميكانيكا الكوانتم**، فإن ذلك يعطينا مستوًى تفسيريًّا أعلى

لكنه لا يحل مشكلة العلاقة بين نشأة الوعي والإرادة الإنسانية الحرة وبين عمليات المخ الكهروكيميائية.

لقد أزاحت هذه الثورات السبع النظرة المادية المطلقة عن عرشها، وأصبح للوعي الإنساني والمكون المعلوماتي للراصد الدور الأكبر في توصيف طبيعة المادة وسلوكها. لقد أدرك كبار رجال الكوانتم الأوائل أن الواقع لا ينبني من المادة بشكلها التقليدي في الفيزياء الكلاسيكية، لكنه نتاج **أحداث نفس- جسمية**، تُوصَف بعض جوانبها بلغة علم النفس وبعضها الآخر بلغة الفيزياء. وهذا ما أوجزه نيلز بور في قوله: «**في دراما الوجود نحن نقوم بدور الممثلين والمشاهدين في آن واحد**».

صراع المادي واللامادي

وصلنا فيما سبق إلى عجز «المذهب المادي» عن تقديم تصور فلسفي وعلمي لطبيعة الكون، بعد أن عجز عن تقديم تعريف مادي لطبيعة المادة، مما يتطلب طرح نموذج معرفي لا مادي جديد ننظر من خلاله إلى الوجود. ولا يتوقف عجز المذهب المادي على الجانبين الفلسفي والعلمي فحسب، بل ويمتد إلى **الجانب الإنساني والأخلاقي**.

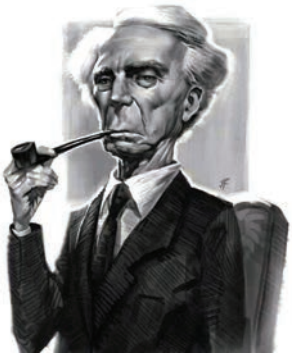
وترجع أصول الصراع بين المادي واللامادي إلى ما قبل سقراط، إلى **فيلسوف المذهب الذري ديموقريطس**، الذي تبنى أن الوجود كله يتكون من جسيمات دقيقة غير قابلة للانقسام أسماها ذرات. وقد واجه ديموقريطس نفس المأزق الذي واجهه الماديون المعاصرون، وهو أن تصور طبيعة الوجود يتوقف على تغليب أحد طرفي منظومة الإدراك؛ العقل اللامادي والحواس المادية. وقد عبر ديموقريطس عن هذا المأزق بقوله: «**ما أبأسك أيها العقل؛ تستمد أدلتك من الحواس، ثم تحاول أن تطيح بها، متناسيًا أن في دمارها دمارك**»!!!.

لقد واجه ديموقريطس (ومثله الفلاسفة الماديين المعاصرين) تحدي التناقض الداخلي الذي تمثل في السؤال: كيف تدرك الأشياء التي تتكون من المادة (العقل في منظور الماديين) أنها تتكون من مادة فقط؟! ويزداد حرج هذا السؤال مع عجز العلم الحديث عن إثبات قدرة المادة على تكوين منظومات مفكرة. وإذا افترضنا - جدلًا - إمكانية ذلك، فمن أين للإنسان الثقة في صواب أفكار تنتجها المادة العمياء؟!

ومنذ قرون عديدة، وجد الفكر الديني الخروج من هذا المأزق الصعب والتناقض الداخلي، وذلك حين تبنى أن عالم الإنسان يتكون من عنصرين: المادي والروحي، وأنهما متواجدان مع بعضهما البعض بشكل مستقل، لكنه متفاعل.

مستنقع المادية

في إطار النظرية المادية، **ليس الإنسان إلا «حِزَمًا»** من المادة، ونحن نتباين في طبيعتنا وفي أفعالنا تبعًا لتنظيم هذه الحزم، وعندما يتلاشى هذا التنظيم فإننا نموت ونتلاشى.



(شكل - 10)
برتراند رسل

إن تلك النظرية المادية **تُعَرِّض الإنسان لصراع محبط**، يحكم بالفناء والعدمية على كل الإنجازات والأحلام البشرية. ولتوضيح هذا المعنى يقول الرياضياتي والفيلسوف البريطاني الكبير والملحد **برتراند رسل**[1] (شكل - 10): «إن العالم الذي يقدمه لنا العلم هو وجود خالٍ من المعنى ومن الغائية. إن الإنسان ذاته، بالإضافة إلى عبقرية إنجازاته وطموحاته وأحلامه ومخاوفه وأفكاره ومبادئه، ليس إلا نتيجة لتدافع بين الذرات، وسيفنى مع خمود نجمنا الشمس. وانطلاقًا من الرعب من هذا المصير الرهيب يبني المتدينون عالمهم الحاضر وعالمهم الآخر»[2].

وفي ضوء هذا المصير المفزع، يطالب زعيم الملاحدة الجدد **ريتشارد دوكنز**[3] الإنسان بأن يستمتع بحياته القصيرة التي تنتهي إلى العدم. انظر إليه يقول: « كم نحن محظوظون أن جاءت بنا الصدفة العشوائية إلى الحياة، ذلك في مقابل مليارات المليارات من البشر الذين لم يُكتب لهم أن يولَدْوا[4]. **لا ينبغي أن نضيع ثانية واحدة في الشكوى من** أن الحياة مؤلمة أو مملة أو

(1) Bertrand Russell (1872 - 1970): الرياضياتي والفيلسوف البريطاني الكبير، الحائز على جائزة نوبل في الأدب.
(2) Bertrand Russell: «A free Man's Worship», 1903.
(3) Richard Dawkins: بريطاني وُلد في نيروبي بكينيا عام 1941، يعيش الآن في أكسفورد. وهو بيولوچي، كان يشغل منصب أستاذ تبسيط العلوم في جامعة أكسفورد. وفي عام 2006 أصدر كتاب «وهم الإله The God Delusion» الذي ينكر فيه وجود أية قوى غيبية، وينظر إلى الإيمان باعتباره من الضلالات والأوهام، ويُعتبر هذا الكتاب أشهر كتبه الآن.
(4) يقصد بذلك مليارات المليارات من البويضات والحيوانات المنوية التي لا يتم التقاؤها لتكوين الأجنة.

أنهـا تمثل عبئًا علينا. **إن حقيقة أننا نحيا حياة واحدة تُزيد بلا شـك من قيمة هذه الحياة،** لذلك فـإن الإلحاد - بذلك المنظـور - يجعل لحياتنا قيمة أكبر، ولا ينبغي أن نضيعها في أوهام الديانات ووعدها للإنسان بحياة أخرى يكون فيها أكثر سعادة»[1].

!!! أإلى هذا الحد يمكن أن تُقلَب المفاهيم!!!

نزع المادية عن المادة

في ضـوء هـذا التمرد عـلى المذهب المـادي، وتمهيدًا لطـرح النموذج المعـرفي الجديد، تبنى الفيلسـوف نوروود هانسـون[2] مفهوم «**نزع المادية عن المادة De-Materialisation**»، فقال: «لقد تم **نزع المادية عن المادة،** ليس فقط **كمفهوم فلسفي** يصف ما هو حقيقي، ولكن **كفكرة في الفيزيـاء الحديثة.** إن الخصائص التـي عَرَّف بها نيوتن المادة؛ مثل الحتمية والشـكل النقطي والجمود المطلق، أصبحت سـمات لا يتمتع بها الإلكترون». إن ما يشـير إليه هانسـون لا يعني أن الأحداث الفيزيائية تخلو من الأسس المادية، ولكن يؤكد أن **مفهوم المادة ذاته أصبح تحت المراجعـات العميقة،** بعـد أن تلاشـت المفاهيم القديمة عـن القابلية للرؤية وعدم الانقسـام والتموضع التي كانت تُوَصَّف بها المادة.

بدائل المادية

إذا كان ميـلاد الفيزياء الكلاسـيكية قد اسـتنار **بإشراقات نيوتن،** حـين اعتبر أن الآليات الطبيعيـة والديـن وجهان لعملة واحدة، ومن ثم فالإله هو التفسـير الوحيـد لانتظام الكون، فعقـب نيوتـن خيم **ظلام المذهـب المادي** على الوجـود، حين جعلوا المادة محـل الإله كحقيقة نهائية، كما تم استبعاد العالم العقلي من قائمة الأشياء بعد أن أصبح الإنسان مجرد حزم من المادة. لقد صار العالم - كما يصفه الفيلسـوف الملحد برتراند رسل- خاليًا من المعنى ومن الغائية ومن الحرية والصدق والجمال، ويسـيطر على الإنسان فيه الرعب من العدم الرهيب. وقد كان هذا الطرح المادي المطلق بمثابة الصدمة للكثيرين في الأوساط الفكرية، فقدموا **بدائل** تتراوح بين رفض هذا الطرح بالكلية وبين التخفيف من ماديته، لعل أهم هذه البدائل:

(1) Richard Dawkins: The God Delusion, 2008.

(2) Norwood Russell Hanson (1924 - 1967): فيلسوف العلوم الأمريكي.

أ) **الطـرح الديني**، الذي تأرجح بـين المحافظة على **الدور التقليدي للإلـه** في الوجود، وبين **حـصر المادية في العـالم الفيزيائي** والمحافظة على دور الطـرح الديني في جوانب حرية الإرادة وبقية الملكات الإنسانية.

ب) **النزعـة المثاليـة**، التي اعتـبرت أن **العقل هو الوجود الحقيقي** الـذي يتخيل وجود المادة ويشكلها.

ج) **البدائل الثنائية**؛ العقل والجسـد، الروح النوراني والجسـد الطيني، ... وهي البدائل التي تقدمها **الأديان** ويتبناها أيضًا الطرح **الأفلاطوني والأرسطي والديكارتي**.

د) **البدائـل العقلانية العلمية**، التي سـمحت بها ثورة النسـبية والكوانتـم، والتي حطمت أسطورة المادة لصالح مفاهيم أخرى مثل: **التنظيم والتعقيد والاحتمالية والمعلوماتية**.

هـ) **البدائل الفلسـفية**، والتي كشـفت **التناقض الداخلي في المذهب المادي**، حين تساءلت: كيف أن العقل الذي يسـتخدم الحواس ليستنتج أن كل الموجودات تتكون من ذرات، يعـود فيعتـبر أن الـذرات هي من تصـورات العقل؟! كما تسـاءلت: من أيـن لنا الثقة بأحـكام عقولنا وباختياراتنـا إن كانت هذه العقول وليدة منظومات مادية عشـوائية عمياء؟!

في مواجهة هذه البدائل، هل وقف الماديون مكتوفي الأيدي؟

محاولة لإنقاذ المادية

حتـى لا يتهـاوى المذهـب المادي أمـام ما أصابه مـن تصدع، أمسـك أنصـاره بالعصا من المنتصـف، وطرحوا ما يُعرف بـ «**المادية المنهجيـة** [1] «**Methodological Materialism**»، التي أصبحت منهج العلم الأساسي. إنها لا تصر على أن الوجود مادي كله، بل تتقبل احتمالية وجود كيانـات غـير مادية، وفي الوقت نفسـه تتبنى أن يقوم العلم على اعتبـار أن الوجود كيان مادي فحسـب وأن يتجاهـل أية موجـودات لا مادية. وقد سـاعد ما حققه العلم مـن نجاحات على شيوع وسيادة هذا المنهج.

(1) تعرف أيضًا باسم : الطبيعية المنهجية Methodogical Naturalism.

ونحن لا نرى ضررًا في المادية المنهجية. بل **ونحبذ بشدة أن يظل المنهج العلمي منهجًا ماديًّا** لا يقبل التفسيرات الميتافيزيقية،حتى لا تعوقه عن البحث عن الآليات الفيزيائية للظواهر. و إذا كانت المادية المنهجية قد حققت ما حققته من نجاحات علمية في مجالات العلوم الطبيعية، مما أعطاها الدعم الكافي لتسود المنهج العلمي، فإن **الخطورة تكمن حاليًّا في السعي لتطبيقها في العلوم الإنسانية!!** إن ذلك يعني ببساطة العودة إلى النظرة الواحدية المادية للإنسان.

وفي الجانب الآخر، يقع بعض **المتدينين في نفس المستنقع المادي**!! لقد صرنا نجد محاولات لتفسير الكتب المقدسة وما فيها من غيبيات ونبوءات ومعجزات في ضوء المفاهيم العلمية المادية؛ مثال ذلك نزول الملائكة إلى الأرض بسرعة الضوء، ومثله نقل عرش بلقيس إلى قصر سليمان عَلَيْهِ ٱلسَّلَامُ، وتفسير بنية الجن النارية، وشق البحر لكليم الله موسى، وغيرها كثير. كذلك صار المسلمون يحيون الآن عصر موجة **الإعجاز العلمي للقرآن الكريم والسنة النبوية**، ولا شك في حقيقة هذا الإعجاز، لكن المشكلة أن الكثير من أنصاره لا يتوانون عن لوي المفاهيم العلمية وقولبة النصوص المقدسة ليحققوا مرادهم.

المعلوماتية كنموذج معرفي جديد

رأينا فيما سبق صعوبة الموقف الذي يواجه كل تعريفات المادة التي قُدمت حتى اليوم. لقد بدأ الفلاسفة **الفيزيائيون التقليديون** بتصور ثابت مستقر للمادة يتماشى مع رصدنا المعتاد لها. وعندما درس **الفيزيائيون الرياضيون** هذا التصور رياضيًّا توصلوا إلى نتائج تخالف كل التصورات السابقة، ودَعَّمت هذه النتائج الدراساتُ التجريبية الدقيقة للعالم المادي، فتم استبدال الطرح التقليدي للمادة بالرؤية المدهشة التي قدمتها **الفيزياء الحديثة.**

كذلك استقرت حديثًا القناعة بأن الحقيقة الأولى Basic Reality للعالم المادي ليست المادة ولا الذرة، فقد أظهرت النظرية النسبية (في الكون الكبير) وأيضًا فيزياء الكوانتم (في الكون الدقيق) أن **بنية الكون هي هجين من المادة والطاقة**، مع نصيب أكبر للطاقة على حساب المادة[1]، مما زلزل أساسيات المذهب المادي الذي ساد طوال الثلاثمائة عام الأولى من تاريخ العلم الحديث.

(1) تشير إلى ذلك نظرية الحقل الكمومي ونظرية الأوتار، وسنناقش هذه المفاهيم في فصول الكتاب.

التقدم إلى مرحلة ما بعد المادية

نخرج مما سبق برسالة ذات شقين، الأول؛ **يُخطئ من يريد أن يتخلى عن مفهوم المادة تمامًا**، فاللغز لن يحله العودة إلى الطبيعة الغامضة للأشياء والجسيمات في الفيزياء والفلسفة. فلسنا نوافق **المثاليين (التصوريين)** الذين يهملون نتائج الدراسات العلمية على العالم المادي لحساب العقل/ الروح، فهؤلاء يحلون المشكلة بتجاوز ما حققه المنظور المادي من نجاحات. ومن ثم، علينا الإقرار بأن الأشياء التي نحسها ونتعامل معها ليست وليدة خيالاتنا.

والشق الثاني المقابل (العكسي) هو أن **ليس هناك تصور مادي واحدي بسيط** قادر على الإجابة عما توصل إليه العلم وعن تساؤلات الفلسفة. فليست هناك «مادة أولية» تتكون منها الموجودات وتجيب عن الألغاز، إن **الجانب غير المادي يفرض نفسه دائمًا**. ألا يكفي ما يرصده العلم بوضوح من أن ما نحسه كأجسام صلبة يتكون بشكل غالب للغاية من فراغ! إنه **عالم غريب يتحدى العلم ويتحدى الفلسفة ويتحدى الخيال**.

المطلوب، هو أن **نسير مع العلم الطبيعي بقدر ما يحملنا**، دون أن نقفز قفزات غيبية متسرعة، فمثل هذه القفزات تتركنا في نهايتها أكثر حيرة. وفي نفس الوقت ينبغي ألا نتجاهل الألغاز التي طرحها العلم والفلسفة. إنها الشراكة بين العلماء والفلاسفة (كلٌّ في مجاله)، هي التي ستوصلنا إلى **المرحلة بعد المادية في النظر إلى العالم الطبيعي**.

لقد بدأ **الفيزيائيون** الرياضيون خطوات العلم بعيدًا عن المادية، فهم من أمدونا بمفاهيم ثورية جديدة، ولعل من أهمها ما سنطرحه في بقية فصول الكتاب عن دور المعلومات. **فالفيزياء أصبحت تطرح نظريات عن الواقع تتجاوز خيالات المتخيلين، وتحل فيها المعلومات محل المادة**. كذلك أصبحت الفيزياء الحديثة تثبت نوعًا من **التعالق** بين المادة والوعي الإنساني، وَتَمَّثل ذلك فيما ذكرناه عن دور الراصد في تشكيل بنية المادة وسلوكها، بل وقدرة أفكارنا ونياتنا على التأثير على العالم الفيزيائي[1].

(1) لتفاصيل هذا المفهوم، ارجع إلى كتابي **«أنا تتحدث عن نفسها»** - نيوبوك للنشر والتوزيع، الطبعة السابعة 2017، ص 151 - 169.

وفي السنوات الأخيرة، تشير العصا إلى **علوم البيولوچيا** حيث يسود بامتياز **دور المعلومات،** وحيث تنزع المعلوماتية تاج المادية الذي استقر لسنوات طوال من فوق رأس العلم.

لذلك أصبحت البشرية تحيا في هذه الحقبة من تاريخ الحضارة الإنسانية في تناقض غريب؛ فبالرغم من أننا نحيا الآن في «**عصر المعلومات**»، فإننا في الوقت نفسه نعيش في «**عصر مغرق في المادية**». ويمرر الماديون هذا التناقض بأن يعتبروا أن المادة هي حقيقة الوجود الجديرة بالاهتمام، وأن **المعلومات هي إحدى خصائص المادة**، فيعتبرون أن الفيزياء هي مصدر المعلومات في العالم الفيزيائي، وأن الكيمياء هي مصدر المعلومات في العالم البيولوجي، هكذا يستميت المذهب المادي في الدفاع عن آخر قلاعه.

إلى المعلوماتية



(شكل - 11)
جون ويلر

لقد تدرج البحث عن نموذج معرفي جديد في النظر إلى المادة وإلى الوجود عبر مراحل فرضتها الثورات العلمية، وسنقف مع هذه المراحل من خلال رحلات بعض كبار الفيزيائيين الفكرية.

يحدثنا **چون ويلر**[1] (شكل - 11)، أحد أبرز علماء الفيزياء النظرية في القرن العشرين، في سيرته الذاتية (1999)، عن مواقفه خلال البحث عن **النموذج المعرفي الذي يفسر البنية الأساسية للوجود،** فيخبرنا في شرحه لمقولته الشهيرة «**في الأصل كانت المعلومة** It from Bit»، بأنه تدرج في حياته العملية في نظرته للوجود عبر ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى: الجسيمات هي كل شيء Everything Is Particles

ففي هذه المرحلة، درس ويلر (مع فينمان)[2] كيف تتكون الجسيمات الذرية (النيوترونات -

(1) John wheeler: (1911 - 2008) عالم الفيزياء النظرية الأمريكي الكبير.

(2) Richard Feynman: (1918 - 1988) عالم الفيزياء النظرية الأمريكي، صك مصطلح الثقب الأسود، وشارك آينشتين في بعض أعماله، كما شارك في مشروع مانهاتن لإنتاج القنبلة الذرية، نال درجة الدكتوراه وعمره 21 عامًا.

البروتونـات - الميزونـات) من عناصرهـا الأدق (الكـواركات ومضاداتها)، كـما درس كيف تتفاعـل هذه الجسـيمات مع بعضهـا عن بُعـد دون الاحتياج إلى رابطة أو واسـطة من مجالات كهربائية أو مغناطيسية.

المرحلة الثانية: المجالات هي كل شيء Everything Is Fields

يصف ويلر هذه المرحلة فيقول: وقعت في حب نظرية النسبية العامة والجاذبية، ابتداء من عـام 1952 وعبر سـنين طويلة لاحقة. لقد تبنيت وقتها أن العـالم يتكون من حقول ومجالات؛ كهربائية ومغناطيسية وجاذبية، بل إن الزمكان نفسه ليس إلا حقلًا ومجالًا.

المرحلة الثالثة: المعلومات هي كل شيء Everything Is Information

يصرح ويلر أنه وقع بعد ذلك في قبضة المعلومات، وأنه صار يؤمن بأن ليس ثَمَّ إلا المعلومات.

وقد حدثت هذه النقلة بعد أن افتتن ويلر بأعجوبة فيزياء الكوانتم، وبقدرة الإنسان على التواصل مع العالم الذي يحيا فيه، بل وبدور وعيه في تشكيل هذا العالم.

يخبرنا ويلر بأنه **أصبح أخيرًا أسـيرًا للمعلومات، باعتبارها حجر الأساس للفيزياء الحديثة.** وكان ويلـر قد تجـاوز وقت تدوين هـذه المذكرات الثامنة والسـتين من عمـره، ويخبرنا **بأنه ما زال يبحث.**

ويتبـنى نفس توجه چون ويلر، الرياضياتي العملاق **كيـث ديڤلن**[1]؛ فيعلن في كتابه «المنطـق والمعلومات Logic and Infomation» ما يمكن اعتبـاره **ثورة في عالم الفيزياء،** فيقـول: «ينبغـي أن نعتبر أن **المعلومات هـي أحد المكونات الأساسـية للكون، كشريك مـع الطاقة والمـادة**». كان ذلـك في نهاية ثمانينيات القـرن العشريـن، والآن أصبح ديڤلن أقل حماسًـا لطبيعة المعلومات، وأصبح أكثر حماسًـا لـ «**التفاعل بين الموجودات**» باعتباره المكون الأساسي للكون، أي أنه **انتقل من الاهتمام بطبيعة المعلومات إلى الاهتمام بسلوك ومعالجة المعلومات.**

(1) Keith Devlin: الريـاضي البريطاني الشـهير، المهتـم بالكتابات العلمية، يعيش حاليًّا في الولايـات المتحدة، ولد عام 1947.

بذلك يتبنى ديڤلن موقفًا وسطًا مع الماديين، فهو يعتبر أن المعلومات تتفاعل بطريقة متوافقة مع مادية الوجود.

ويُعتبر موقف ديڤلن استثناء بين علماء الفيزياء، الذين ما أن يصيبهم ڤيروس المعلومات حتى يزدادوا تعلقًا به يومًا بعد يوم. ومن هؤلاء، هانز كريستيان ڤون بايـر[1] في كتابه: «المعلومات، لغة العلم الجديدة Information: The New Language of Science 2004»، **فهو يعتبر أن المعلومات هي البديل عن المادة كأساس أولي للوجود.** ومثله أيضًا شارلس سيف[2] في كتابه «فك شفرة الكون Decoding the Universe 2006»، وغيرهم العشرات من كبار الفيزيائيين وعلماء الرياضيات.

لقد صار هؤلاء يعتبرون أن **«المادة هي معلومات متجسمة»**. فالإلكترون - مثلًا - ليس إلا معلومات: كتلة كذا، شحنة كذا، سرعة كذا، وقد تجسمت هذا المعلومات لتصبح الإلكترون.

لذلك أصبح على الذين يرفضون اعتبار أن المعلومات هي البديل عن المادة كأساس أولي للوجود، عليهم أن يقبلوا - بصفة مبدئية - أنها أحد المكونات الأساسية للكون كشريك مع الطاقة والمادة.

القارئ الكريم

إذا كانت **الثورات العلمية تتسم بـ «تبدل منظور الرؤية** Paradigm Shift» للكون والحياة والإنسان، فقد لا يتسنى للمرء في كثير من الحالات أن يرصد أثناء حياته أحد هذه التبدلات. لذلك فإننا محظوظون أن نعاصر في هذه المرحلة من تاريخ البشرية إحدى هذه الثورات العلمية والفلسفية، وهي **الانتقال من «عصر المادة Material age» إلى «عصر المعلومات Information age».**

لقد ثبت مع نهاية القرن العشرين ودخول القرن الحادي والعشرين أن «**المادة Matter**» لم تعد قادرة على أن تصمد أمام ما يكشفه العلم بخصوص المكون الأساسي لحقيقة الوجود، فما هو هذا المكون؟

(1) Hans Christian Von Baeyer: أستاذ الفيزياء الألماني المهتم بالمعلومات، ولد عام 1938.

(2) Charles Seife: أستاذ الرياضيات والمفكر والكاتب الأمريكي المعاصر.

بعد أن كانت «المادة والطاقة» هي الإجابة الوحيدة الممكنة عن هذا السؤال خلال القرن الماضي (العشرين)، فقد أدرك العلم أنه ليست هناك مادة دون معلومات Information، ومن باب أولى، ليست هناك حياة دون معلومات، بل إن **المعلومات أكثر أهمية من المادة**. ومن ثم فإن المعلومات (الذكية الفعالة) هي إجابة سؤالنا عن المكون الأساسي لحقيقة الوجود.

الفصل الثاني

أزمة الفيزياء الكلاسيكية

- أولًا: من الحتمية والفردانية إلى الاحتمالية الإحصائية
- أ) القانون الثاني للديناميكا الحرارية
- ب) النظرية الحركية للغازات
- جـ) العناصر المشعة
- ثانيًا: محنة قوانين الحفظ والبقاء
- - الكون ليس منظومة مغلقة
- - القارئ الكريم

إذا كانت الثورات الاجتماعية والسياسية تتفجر نتيجة لبلوغ القلق والتوتر والتمرد حدًّا حرجًا في المجتمعات، فالأمر ذاته ينطبق على الثورات العلمية. وقد واجهت المجتمع العلمي ابتداء من النصف الثاني للقرن التاسع عشر **مشكلات عديدة** عجزت الفيزياء النيوتونية الكلاسيكية عن تفسيرها، فأصابته بالقلق والتململ، وجعلت المناخ في الأوساط العلمية مهيئًا للثورة الفيزيائية والفلسفية التي نحن بصدد مناقشتها في هذا الكتاب.

ويمكن إجمال هذه المشكلات العلمية تحت عنوانين رئيسيين:

أولًا: من الحتمية والفردانية إلى الاحتمالية الإحصائية.

ثانيًا: محنة قوانين الحفظ والبقاء.

أولًا: من الحتمية والفردانية إلى الاحتمالية الإحصائية

تؤدي الفيزياء الكلاسيكية مهامها بنجاح تام في التعامل مع **الظواهر الميكانيكية المنفردة**، فهي تستطيع - مثلًا - التنبوء بدقة بمآل الكرة التي يركلها اللاعب فلان هذه المرة بالتحديد إذا توافرت لها المعطيات المطلوبة، حتى صارت **الحتمية والفردانية** هي شريعة هذه الفيزياء.

وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر، نشطت الأبحاث حول العمليات الحرارية **(علم الديناميكا الحرارية)** وحول سلوك الضوء والظواهر الكهرومغناطيسية **(علم الديناميكيا الكهربية)**، وقد عجزت الفيزياء الكلاسيكية بقوانينها الميكانيكية ومناهجها البحثية التي

(*) هذا الفصل عرض للفصل الثاني بعنوان: «ميراث تسلمه القرن العشرين» من كتاب «فلسفة العلم في القرن العشرين»، تأليف: د. يمنى طريف الخولي، أستاذة فلسفة العلوم بجامعة القاهرة.

تقوم بدراسة الحالات المنفردة (فردانية) في إطار من (الحتمية) التي تفرضها هذه القوانين والمناهج، عجزت عن ملاحقة هذين الفرعين الجديدين من علم الديناميكا، فلم تستطع تفسير سلوك ظواهرها ولا التنبؤ بها.

كيف نشأت المشكلة؟

تجيب أستاذتنا **د. يمنى الخولي** (شكل - 12) بأن أزمة شريعة «حتمية وفردانية الفيزياء الكلاسيكية» قد قامت بسبب **ثلاثة مفاهيم علمية**؛ تتعلق بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية والنظرية الحركية للغازات ثم النظائر المشعة، فما نصيب كل من هذه المفاهيم في إشعال أزمة الفيزياء الكلاسيكية؟



(شكل - 12)
د. يمنى طريف الخولي

وعندما نقول إن هذه المفاهيم الثلاثة قد أدت إلى أن حلت **«الاحتمالية الإحصائية»** محل **«الحتمية الفردانية»** في الفيزياء الكلاسيكية، فما معنى ذلك؟ وكيف حدث؟

أ) القانون الثاني للديناميكا الحرارية

من المفاهيم الأساسية التي تقوم عليها الفيزياء الكلاسيكية ما يعرف **بقوانين الحفظ والبقاء** Conservation، وأهمها قانوني بقاء المادة وبقاء الطاقة.

وبين عامي (1840 - 1850) أثبت (چول وماير)[1] أن الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة، ومن ثم أصبحت الحرارة خاضعة **لقانون بقاء الطاقة** (الطاقة لا تفنى ولا تُستحدث)، وتم تطبيق هذا المفهوم على الظواهر الحرارية ليصير هو **«القانون الأول للديناميكا الحرارية»**.

(1) صاغا ما يعرف بـ «مبدأ ماير - چول» الذي في ضوئه تتحول وحدات طاقة الحرارة (كالوري) إلى وحدات شغل/طاقة (چول). J.P. Joule: (1818 - 1889) الفيزيائي والرياضياتي البريطاني. وضع «قانون چول» الخاص بالعلاقة بين الحرارة والشغل الميكانيكي، والذي أدى إلى التوصل إلى قانون حفظ الطاقة وبالتالي إلى القانون الأول للديناميكا الحرارية.

J.R. Mayer: (1814 - 1878) الفيزيائي والطبيب الألماني، هو الذي قدم الصياغة السائدة لقانون حفظ الطاقة: (الطاقة لا تفنى ولا تُستحدث).

وإذا كان القانون الأول للديناميكا الحرارية يتسق تمامًا مع أسس الفيزياء الكلاسيكية، فإن قانونها الثاني ينقضها بوضوح. فـ**«القانون الثاني للديناميكا الحرارية»** ينص في إحدى صيغه على (عدم قابلية الحرارة للارتداد)؛ أي أن الحرارة تنتقل من الجسم الأسخن إلى الأبرد ولا يمكن أن تنتقل في الاتجاه المعاكس. حسنًا... فأين يكمن التناقض؟

لقد أثبت الفيزيائي النمساوي لودڤيچ بولتسمان[1] أن كمية الحرارة «في جسم ما» تحددها سرعة جزيئاته التي تختلف من جزيء لآخر، تبعًا لعدة عوامل منها قُرب الجزيء أو بُعده عن سطح الجسم. ولما كان يستحيل عمليًّا تحديد سرعة - ومن ثم حرارة - كل جزئ فإننا نلجأ إلى حساب **«متوسط»** سرعة الجزيء الواحد في الجسم بطريقة إحصائية، وكلما زاد هذا المتوسط ارتفعت درجة حرارة الجسم. مع ذلك، إذا التصق جسمان فلن نعرف **«يقينًا»** اتجاه ومقدار انتقال الحرارة بينهما، لأننا إذا كنا نعرف درجة حرارة كل منها ككل فإننا لا نعرف يقينًا حرارة الجزيئات السطحية ا لمتلاصقة من الجسمين، لذلك يكون حكمنا على اتجاه ومقدار انتقال الحرارة **«احتماليًّا» تبعًا للقيم الإحصائية**.

ولا ترجع هذه الاحتمالية لنقص معلوماتنا عن الجسمين، لكنها **«احتمالية موضوعية»** تفرضها الطبيعة الإحصائية للظاهرة. وبذلك يتمرد القانون الثاني للديناميكا الحرارية (عدم قابلية الحرارة للارتداد) على مفهومين أساسيين من مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية؛ هما:

أ) التصور **الحتمي** الميكانيكي، إذ استبدله القانون الثاني **بالاحتمالية**.

ب) القدرة على التحديد اليقيني لموضع وسلوك كل مُكَوِّن فرد من مكونات الظاهرة **(الفردانية)**، إذ استبدلها القانون الثاني **بالتعامل الإحصائي**.

وبذلك **حلت «الاحتمالية الإحصائية» محل «الحتمية الفردانية»** عند دراسة الظواهر الحرارية.

لذلك يُعتبر بولتسمان بحق هو المؤسس **لعلم الميكانيكا الإحصائية**، الذي يتوقع إحصائيًّا كيف تحدد خواص الذرات الخواص الفيزيائية للمادة.

(1) L. Boltzmann: (1844 - 1906): الفيزيائي والفيلسوف النمساوي.

إنتروبيا الكون والقانون الثاني للديناميكا الحرارية

ولا تقف مشكلة القانون الثاني للديناميكا الحرارية مع الفيزياء الكلاسيكية عند الظواهر الحرارية للأجسام، لكنها تنسحب على سلوك الكون ككل.

فإذا كان القانون الأول للديناميكا الحرارية يؤكد بقاء الطاقة، ومن ثم بقاء طاقة الكون إلى الأبد، فإن القانون الثاني يؤكد أن **حالة الكون تتغير بشكل متزايد** وأنه لن يبقى على حاله إلى الأبد. كيف؟!



(شكل - 13)
رودلف كلاوسيوس

في العام 1865، قدم العالم **رودلف كلاوسيوس**[1] (شكل - 13) للعلم مفهوم **«الإنتروبيا Entropy»**، الذي يعني وجود قدر من الفوضى (الاضطراب) في سلوك النظام الفيزيائي، والإنتروبيا دائمًا في تزايد وعدم ارتداد إلى الانتظام الأسبق تبعًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية الذي يحكم اتجاه الظواهر. وتتزايد إنتروبيا الكون نحو حد أقصى تصله عندما يبلغ اضطراب جزيئاته حده الأقصى[2].

وبديهي أنه لا يمكن تحديد السلوك الحتمي لكل جزيء من جزيئات الكون بشكل منفرد، ومن ثم يتم حساب الأثر النهائي وتزايد الإنتروبيا تبعًا لمبادئ الاحتمالية الإحصائية، كما بيَّنا في مثال انتقال الحرارة بين جسيمين.

هكذا تمردت الديناميكا الحرارية على الفيزياء الكلاسيكية، إذ **رفضت الحتمية والفردانية الميكانيكية، وأكدت بدلًا منها حاجة العلم إلى المناهج الاحتمالية الإحصائية التي تقوم على «المتوسطات»** وتطرح تنبؤات تقريبية لا يقينية، والحاجة إلى هذا المنهج البحثي تفرضها طبيعة الظواهر المدروسة فرضًا.

---

(1) R' Clausius: (1822 - 1888) الفيزيائي والرياضياتي الألماني، أحد المؤسسين الكبار لعلم الديناميكا الحرارية.

(2) المدهش أن ما تبع الانفجار الكوني العظيم من تزايد الفوضى (الإنتروبيا) على المستوى العام للكون، قد صحبته عمليات انتظام موضعية دقيقة، أدت إلى تكوين مجراته بنجومها وكواكبها وظهور الحياة والإنسان على كوكبنا الأرضي، وهذا لا يمكن تفسيره إلا من خلال وجود عامل خارجي منظم، وهذا من أقوى الأدلة على الإله باعتباره خالق الكون.

ب) النظرية الحركية للغازات

إذا كانت الجوامد والسوائل تمارس ضغطها على أرضية الإناء (وأيضًا جوانبه في حالة السوائل) الحاوي لها تبعًا لكتلتها، فإن **الغاز** - في أنبوبة غاز البوتاجاز مثلًا - يمارس الضغط على كل جدران وعائه، بسبب اصطدام جزيئاته بهذه الجدران عددًا كبيرًا للغاية من المرات كل ثانية، لذلك فدراسة الضغط الذي يبذله الغاز على جدران الوعاء يتطلب معرفة كتلة وموضع وسرعة كل جزيء من جزيئاته على حدة، وذلك يتطلب الدخول في معادلات يعجز العقل البشري عن القيام بها فضلًا عن تغذية الحاسوب بها ليقوم بالمهمة.

لذلك، كان الحل هو حساب «**الطاقة الكلية**» الناجمة عن اصطدامات جزيئات الغاز بالغة التعدد والتي تتحرك في سرعات هائلة غير منتظمة في جميع الاتجاهات، وقد ثبت أن الضغط على جدران الوعاء يتناسب طرديًّا مع كثافة الغاز ومع مربع سرعة الجزيئات. وبالتالي لا يتأتى حساب ضغط الغاز بالمعرفة التفصيلية عن كل جزيء من جزيئاته، وإنما بمعرفة المتوسط الإحصائي لطاقة حركة الجزيئات في وحدة حجمية معينة.

هكذا نجد أن النظرية الحركية للغازات تقوم هي الأخرى على **المناهج الإحصائية والنتائج الاحتمالية**، ومن ثم تعني هجران الحتمية والفردانية.

جـ) العناصر المشعة

مثلت دراسات النشاط الإشعاعي عبئًا كبيرًا على الفيزياء الكلاسيكية، بعد أن ثبت أن اليورانيوم - ثم بقية العناصر المشعة - يُصدر إشعاعًا متصلًا بصورة ثابتة لا تنقطع تحت أي ظرف من الظروف[1]، مما حدا الفيزيائيين لوضع ما يعرف بنظرية «**التفكك التلقائي**»[2].

فإذا كان لدينا مائة ذرة من عنصر مشع، وكانت هذه الذرات تطلق في لحظة ما عشر

(1) اكتشف ذلك الفيزيائي الفرنسي هنري بيكريل H. Bacquerel (1852 - 1909) عام 1896، حصل على جائزة نوبل في الفيزياء.

(2) وضع هذه النظرية عام 1903 الفيزيائي البريطاني أبو الفيزياء النووية البارون إرنست رزرفورد Ernest Rutherford بالاشتراك مع الفيزيائي البريطاني فريدريك سودي Frederick Soddy (1877 - 1956).

وحـدات مـن الطاقة، كما سـتتحلل خمس ذرات منها إلى عنصر غير مشـع خلال ألف سـنة - مثلًا - فليسـت لدينا وسـيلة لمعرفة أي الذرات هي التي تطلق الطاقة ولا إلى معرفة أي الذرات سـتتحلل، هنـا تتلاشى الحتمية والفردانية الكلاسـيكية **وتخضع دراسـة العمليات الإشـعاعية للمعادلات الإحصائية الاحتمالية**.

هكـذا، فإن ثلاثي القانون الثاني للديناميكا الحرارية والنظرية الحركية للغازات والعناصر المشـعة، قد مَثَّل **أزمة لشريعـة الفيزياء الكلاسـيكية**[1]**، التي هي حتميـة الظواهر وفردانية عناصرهـا، وصار الاحتمال والإحصاء ضرورة موضوعية تفرضها طبيعة هذه الظواهر**؛ إذ إنها في تغير دائم بسـبب حركة عناصرها العشـوائية غير المنتظمة (في الظاهرتـين الأولى والثانية) وبسـبب عـدم إدراكنا لطبيعة نشـاطها (العناصر المشـعة). ويمكـن اعتبار اللجـوء إلى منهج الاحتمالية والإحصاء هو بمثابة إرهاص بميلاد هذا المنهج في فيزياء الكوانتم.

ثانيًا: محنة قوانين الحفظ والبقاء

عند حديثنا عن أزمة **«حتمية وفردانية الفيزياء الكلاسـيكية»**، ذكرنا أن هذه الفيزياء تقـوم على قوانين الحفظ والبقاء، وقد آن الأوان لنعـود إلى هذه القوانين لنعرض محنتها التي مثلت المحور الثاني في أزمة الفيزياء الكلاسيكية.

لقد بدأ موقف **«قانون بقاء المادة/ الكتلة»** يتقلقل منذ طرح **جوزيف طومسون**[2] (شكل - 14) فرضيته - التي استشهد على صحتها رياضيًّا - بأن **كتلة الجسيم المشحون بالكهرباء تتغير**

(1) لقد كان اكتشاف الحركة البراونية Brownian motion هو شرارة البدء في أزمة الفيزياء الكلاسيكية، لأنها الأسبق تاريخيًّا. فقد لاحظ عالم النبات الاسـكتلندي روبرت براون (1773 - 1858) أن بعض الجسـيمات الميكروسـكوبية العالقة في السوائل (كحبوب اللقاح) تكون في حركة اهتزازية دائبة مستمرة، وهذه الحركة لا تتأثر بمؤثر ولا بعامل خارجـي، ولا تتوقف على نوع الجسـيمات، بل فقط عـلى حجمها. إن هذه الحركة خروج مبـاشر على قوانين الحركة النيوتونيـة التـي تنص على أن الجسـم لا يتحرك ما لم يؤثر فيه مؤثر خارجي، فضلًا عن أن حسـاباتها تسـتلزم مناهج الإحصاء والاحتمال مما ينقض حتمية وفردانية العلم الكلاسيكي.

(2) Sir Joseph John Thomson: (1856 - 1940) الفيزيائي البريطاني الحاصل على جائزة نوبل في الفيزياء، يُعزى إليه اكتشاف الإلكترون، كأول جسيم تحت ذري يتم اكتشافه.



(شكل - 14)
سير جوزيف طومسون

حين يتحرك، وكلما زادت سرعة الحركة (وبالتالي طاقة حركته) أصبحت كتلة الجسيم أكبر. وبعد تحطيم الذرة واختراع المسرع النووي تم إثبات هذه الفرضية **تجريبيًّا**.

ثم جاءت نظرية آينشتين النسبية لتثبت (**على المستوى الكوني** وليس التجريبي الدقيق فحسب) أن الكتلة تتغير مع السرعة مما يتعارض تمامًا مع قانون بقائها. وتأكدت محنة قانون بقاء المادة/ الكتلة نهائيًّا عندما وضع آينشتين معادلته الأشهر $E = mc^2$ التي تعني أن **المادة/ الكتلة والطاقة وجهان لكيان واحد**، وهذا يتعارض مع ما تسبغه الفيزياء الكلاسيكية على كل منهما من صفات باعتباره كيانًا مستقلًا.

الكون ليس منظومة مغلقة

لقد استنتجت الفيزياء الكلاسيكية قوانين الحفظ من النظم الفيزيائية المغلقة، أي التي تظل الكيانات (المادة/ الكتلة - الطاقة) فيها ثابتة، لذلك اعتبرت هذه الفيزياء أن **«الكون نظام مغلق»** يستحيل خروج أو دخول أي من هذه الكيانات منه وإليه.

وفي القرن العشرين، **اهتز التصور الميكانيكي المغلق للكون**[1]. فبعد أن تم دعم **نظرية الانفجار العظيم لتفسير نشأة الكون** بالعديد من الأدلة، بدأ التفكير في **مصير هذا الكون**؛ هل هو التمدد المستمر إلى ما لا نهاية، أم انسحاق سريع عظيم؟ إن بقاء الكون يتطلب التوازن بين البديلين بدرجة دقيقة للغاية. ولتأجيل وقوع أحد الاحتمالين قدر الإمكان، تم **ضبط كثافة الكون** من خلال ضبط معدل تمدده الأوليّ عقب الانفجار العظيم ضبطًا دقيقًا للغاية، ثم احتاج ذلك فيما بعد إلى آليات دقيقة للغاية أيضًا للمحافظة على هذه الكثافة في حدود «القدر الحرج» المطلوب[2].

(1) ذكرت د. يمنى الخولي أن التصور الميكانيكي المعلن للكون قد «انهار تمامًا». لكن الفيزيائيين حافظوا على انغلاق الكون بطرح مفهومي المادة المعتمة والطاقة المعتمة، كما سنرى بعد قليل.

(2) يُعرف التمدد الأولي بـ «طور التضخم» ويعرف التمدد التالي بـ «توسع هابل» وسنناقشهما بالتفصيل في الفصل الخامس من الباب الثاني.

وعند حساب مقدار المادة المطلوبة للمحافظة على تلك «**الكثافة الحرجة**»، ظهر أن **المادة المرصودة** في الكون لا تمثل إلا 4 % من المادة الكونية[1] اللازمة لهذه الكثافة، إذًا كيف تحققت بَقِّية الكثافة الحرجة؟!

لقد دفع ذلك العلماء إلى افتراض وجود نوع جديد من المادة، أطلقوا عليها اسم **المادة المظلمة/ المعتمة Dark Matter**، إذ إنها لا تتفاعل مع الموجات المحيطة ذلك التفاعل الذي يدلنا على وجود المادة المعتادة، كما أن طبيعتها لا تزال مجهولة تمامًا بالرغم من الأبحاث الدقيقة التي تسعى لمعرفتها، وما ثبت بالبحث حتى الآن هو أن المادة السوداء لا تتكون من بروتونات ونيوترونات كالتي تشكل المادة المعتادة!!!

وترتبط بالمادة المعتمة «**الثقوب السوداء**»، التي هي بقية نجم ميت استنفذ وقوده النووي فانكمش على ذاته، وأصبح له مجال جاذبية هائل بحيث لا يستطيع أن يفلت منه أي شيء ولا حتى الضوء.

وعند دراسة مقدار تأثير المادة المعتمة على الكثافة الكونية، وُجد أنها مسئولة عن 22 % فقط من هذه الكثافة، وهو مقدار غير كاف لتحقيق المقدار الحرج المطلوب للمحافظة على توازن الكون، **فنشط البحث عن آلية إضافية للوصول بالكثافة الكونية إلى المقدار الحرج.**

وخلال أبحاثهم، توصل العلماء إلى أن **سرعة تمدد الكون** - بدلًا من أن تتباطأ تدريجيًّا - بدأت في التسارع منذ سبعة بلايين سنة! لقد دفع ذلك العلماء إلى افتراض وجود طاقة تعمل كضغط سالب تسبب تمدد الكون، لذلك أسموها **طاقة فراغ Vacuum Energy**، كذلك أطلقوا عليها «**الطاقة المعتمة**». وقد قَدَّر العلماء مقدار مسئولية طاقة الفراغ عن الكثافة الكونية الحرجة بـ 74 % من الكتلة والطاقة الكلية المطلوبة، أي أنها أهم عنصر مُحَدِّد لكثافة الكون.

وحتى الآن لا نعرف مصدر هذه المادة والطاقة السوداء ولا طبيعتهما ولا توابع وجودهما، مما يعني إزاحة المادة عن صورتها التقليدية. ويزيد الأمر حرجًا أننا لسنا متيقنين من وجودهما! فهل يتم إضافة طاقة التوسع أولًا بأول من الخارج! إن ذلك يعني تهديد النظر للكون باعتباره

(1) يشتمل مفهوم المادة الكونية على أجرام الكون بالإضافة إلى طاقات الإشعاع والحركة والطاقة الكامنة لكل جسيمات الكون.

منظومة مغلقة، أي **ينسف قوانين الحفظ والبقاء**. لذلك، إذا أردنا التسليم بمبدأ الحفظ والبقاء (المادة - الكتلة - الطاقة) فسوف يتم ذلك في **إطار يختلف تمامًا عن إطار الفيزياء الكلاسيكية**، إن لم يكن هجران هذا الإطار وتقويضه.

خلاصة الأمر، أنه قبعت في استقبال القرن العشرين **أزمة علمية مضنية في صلب عالم الفيزياء الكلاسيكية**، ويجمل عالم الطبيعة النووية الروسي ڤيتالي ريدينك V. Rydnik (في كتابه ABC's of Quantum Mechanics) أمر هذه الأزمة التي عرضناها قائلًا:

«مع نهايات القرن التاسع عشر أضحت الميكانيكا النيوتونية في موقف متأزم، وشيئًا فشيئًا اتضح أن تلك الأزمة تعني سقوط الحتمية الكونية التي تسمي علميًّا **«مبدأ الحتمية الميكانيكية»**. ربما كان علينا أن ننحى باللائمة على الفيزيائيين، لأنهم وقفوا حيارى في مواجهة الموقف، بينما **كان عليهم فقط أن يتخلوا تمامًا عن فكرة الحتمية الأبدية التي ابتدعوها هم أنفسهم**. لقد ظنوا أن مثل هذه الحتمية إن هي انسحقت فإن الفوضى المطلقة ستحكم الكون ولن تعود الأشياء تطيع القوانين الدقيقة. ومضى ردح من الزمن قبل أن يجد الفيزيائيون مخرجهم من هذه الأزمة».

القارئ الكريم

لقد كانت ميكانيكا الكوانتم ونظرية النسبية اللتان أبدعهما القرن العشرين هما المخرج من أزمة الفيزياء الكلاسيكية. **وكان مخرجًا يعني انهيار كلٍّ من الحتمية الميكانيكية والفردانية**، كما يعني إعادة صياغة قوانين الحفظ والبقاء، وبالتالي انهيار تصور حقيقة الكون وطبيعة العلم اللتين ساد الظن أن نيوتن قد اكتشفهما. وبعد عهود من التسليم الدوجماطيقي (القطعي دون دليل) اتضح أن الفيزياء الكلاسيكية (بالرغم من نجاحاتها التطبيقية) ليست اكتشافًا لهذا أو ذاك، بل هي **إنجاز عبقري ونظرية ناجحة فقط في مجال محدود وسطحي من الظواهر**. وإذا كانت أزمة الفيزياء الكلاسيكية قد جسدت هذا المعنى بأسلوب واضح جلي، فإنه مفهوم ينطبق على العلم كله. لذلك **ينبغي أن تتبدل نظرتنا للعلم من اعتبار أنه يطلعنا على حقيقة الوجود إلى الإقرار بأنه محدود بقدراتنا البحثية التي تسعى إلى التعامل معه وتعجز عن إدراك حقيقته**[1].

(1) حول هذا المعني يدور كتاب رسل ستانارد الذي سنعرضه عليك في الباب الثاني من الكتاب.

الفصل الثالث

فلسفة فيزياء الكوانتم

- الكارثة فوق البنفسجية
- الكوانتم.. إبداع عبقرية ماكس بلانك
- معادلة بلانك الرائعة
- الكوانتم يحل مشكلة الذرة
- الكوانتم يحل مشكلة التأثير الكهروضوئي
- الكوانتم والفوتون يحلان مشكلة الميكانيكا الموجية
- ثورة الكوانتم الثانية؛ مبدأ الارتياب (اللاتعيين - اللايقين)
- معالم ثورة الكوانتم الأساسية
- الكوانتم والسببية
- القارئ الكريم

مع فاتحة القرن العشرين، وبالتحديد في السابع عشر من ديسمبر العام 1900، في جلسة الجمعية الفيزيائية التابعة لأكاديمية العلوم في برلين، أعلن الفيزيائي العظيم **ماكس بلانك فرض الكوانتم**[1] العبقري، وهو غير راضٍ عنه.

وإذا كانت إبداعات العقل الإنساني الثورية تبزغ كاستجابة لتحديات علمية تواجهه، إما لغموضها وإما لخطأها، فقد بيَّنا في الفصل السابق كيف مَثَّلَت «أزمة الفيزياء الكلاسيكية» تحديًا فَجَّر ثورة الفيزياء الحديثة، ولكن، هل هناك معضلة محددة - في إطار هذه الأزمة - فرضت طرح مفهوم الكوانتم لمحاولة حلها؟ نعم... لقد كانت تلك المعضلة هي:

الكارثة فوق البنفسجية

يتكون الضوء الطبيعي[2] الذي نبصره من ألوان الطيف السبعة (أحمر - برتقالي - أصفر - أخضر - أزرق - نيلي - بنفسجي)[3] التي يزدان بها قوس قزح عقب سقوط المطر، وترجع هذه الألوان إلى اختلاف أطوال موجاتها الكهرومغناطيسية، فتنكسر بدرجات متفاوته أثناء

(*) هذا الفصل والفصول الثلاثة التالية هي عرض للفصل الرابع بعنوان «ثورة الفيزياء الكبرى من منظور فلسفة العلم» من كتاب «فلسفة العلم في القرن العشرين»، تأليف أ. د. يمنى طريف الخولي.

(1) تخبرنا د. يمنى الخولي، أن مجمع اللغة العربية قد صَكَّ مصطلح «الكمومية» كترجمة لمصطلح «Quantum». ويشيع في الكتابات العربية مقابل خطأ تمامًا! هو «فيزياء الكم»، ذلك أن الكم Quantity من التكميم، أي حساب الكمية. لذلك فالمصطلح الذي ينبغي استخدامه هو «الكمومية»، لكنه مصطلح غير مألوف، لذلك سنقتصر على تعريب المصطلح الإنجليزي فنقول «الكوانتم».

(2) عائلة الإشعاع الكهرومغناطيسي رحيبة للغاية، تمتد بطول الكون وعرضه. ويمكن تصنيفها تبعًا لطول الموجة (من الموجة الأقصر إلى الأطول) إلى: الأشعة الكونية، أشعة جاما - الأشعة السينية (×) - الأشعة فوق البنفسجية - الضوء المرئي - الأشعة تحت الحمراء (المسئولة من الحرارة) - ذبذبات الراديو.

(3) هذا الترتيب يتدرج من الأطول موجة إلى الأقصر، أي أن أطولها (الأقل ترددًا) هو الأحمر وأقصرها (الأكثر ترددًا) هو البنفسجي.

مرورهـا عبر قطـرت الماء العالقة في الهواء، ونطلق على الأشـعة ذات الموجة الأقصر (والتردد الأعلى) من اللون البنفسـجي اسـم **الأشـعة فوق البنفسـجية**، كما نطلق عـلى الموجة الأطول (والتردد الأقل) من اللون الأحمر **الأشـعة تحت الحمراء**، وهي المسـئولة عن الحرارة المنبعثة من المصباح والموقد والشمس.

وقـد قام الفيزيائيان البريطانيان (رايلي وچينز)[1] بصياغة **«القانون الشـامل للإشـعاع الحراري»** كالآتي: «تتناسـب قوة الإشـعاع المنبعث من جسـم سـاخن (طرديًّـا) مع درجة حرارته المطلقة[2]، و(عكسيًّا) مع مربع طول الموجة الضوئية المنبعثة منه». إن الشق الثاني من القانون يعني أنه كلما قَصُرَ طول الموجة زادت طاقة الإشعاع (شكل - 15 -أ)، والمشكلة أن ذلك يعني أنه إذا قارب طول موجة الإشـعاع الصفر[3] تصبح طاقته قُرب لا نهائية، وهذا يتعارض تمامًا مع قانون بقاء الطاقة؛ إذ ليس هناك مصدر لهذه الطاقة الهائلة كما يسـتحيل أن تصبح الطاقة لا نهائية.

ولكن، هل صمد القانون أمام التجربة؟

عنـد التجريب، اكتشـف العلماء صحة قانون رايـلي - چينز في نطـاق الموجات الطويلة (الأحمـر ← الأخـضر)[4]، لكـن المفاجأة كانـت أن القانـون لا ينطبق تجريبيًّـا مع الموجات القصيرة ابتداء من اللون الأزرق حتى نصل إلى الموجات البنفسجية!!! فابتداء من هذه الأطوال الموجية القصيرة، بدلًا من أن تتزايد طاقة الإشـعاع كلما قـصر طول الموجة، فإن هذه الطاقة تأخذ في التناقص إلى حد كبير حتى تقارب الصفر!!! (شكل - 15 -ب).

---

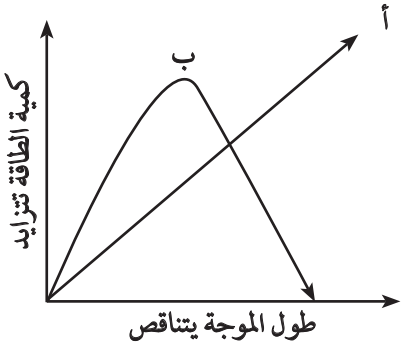
(1) Lord Rayleigh: (1842 - 1919) الفيزيـائي النظـري والتجريبـي بجامعـة كمـبردج، حصل عـلى جائزة نوبل عن اكتشافه لغاز الأرجون ودراساته على كثافة الغازات.

Sir James Jeans: (1877 - 1946) الفيزيائي والرياضياتي والفلكي البريطاني.

(2) يبدأ قياس درجة الحرارة المطلقة بـ «الصفر المطلق»، الذي هو أدنى درجة حرارة يمكن نظريًّا أن يصل إليها الجسم، حيث تنعدم عندها تمامًا حركة الجزيئات والطاقة الحرارية، وتبلغ (- 273°م).

(3) نظريًّا، يشع ما يُعرف بـ «الجسم الأسود» جميع أطوال الموجات الكهرومغناطيسية، ومنها ما يُقارب الصفر، وهو جسـم مثالي وهمي؛ يمتص الموجات (الضوء مثلًا) ويشـعها دون فقد الطاقة؛ لذلك فهو مثالي. وهذا غير ممكن واقعيًّا؛ لذلك فهو وهمي. وبما أنه يشع الطاقة فإنه ليس أسود، بل إن أشهر الأجسام السوداء هو الشمس وغيرها من النجوم!

(4) مثال ذلك؛ تخيل أنك تقوم بتسخين قطعة حديد؛ في البداية ستشعر بالحرارة التي تمثل أطوالاً موجية أطول من الأحمر، ومع زيادة الحرارة تصبح القطعة الحديدية حمراء ثم برتقالية فصفراء فخضراء، إذ يقصر طول الموجة أي يزداد ترددها.



(شكل - 15)

العلاقة بين كمية طاقة الإشعاع وطول موجته

أ) العلاقة تبعًا لـ «القانون الشامل للإشعاع الحراري»: رايلي چينز

ب) العلاقة كما تظهر تجريبيًّا

يا له من مأزق!!

أيهما الصواب؛ هل القانون الذي يتصاعد بالطاقة إلى ما لا نهاية؟! أم التجريب الذي يعود بالطاقة إلى قرابة الصفر ولا نستطيع تفسير نتائجه في ضوء القانون؟! أم هناك حل غير تقليدي يمكن أن يخرجنا من المأزق؟!

لقد أصبح المأزق الناجم عن **«نظرية الإشعاع»** معروفًا باسم **«الكارثة فوق البنفسجية»** فهو لم يكن مأزقًا لقانون واحد، بل كان أزمة بالنسبة للتصور الفيزيائي الكلاسيكي بأسره.

الكوانتم..
إبداع عبقرية ماكس بلانك

دعنا نتبين أبعاد الكارثة فوق البنفسجية، ونرى كيف تغلبت عليها عبقرية ماكس بلانك...

لقد كان **الفيزيائيون الكلاسيكيون** يُسَلِّمون بأن **«المادة»** يمكن تقطيعها إلى أجزاء صغيرة حتى نصل إلى الذرة، بينما تمثل **«الطاقة»** سيالًا/ تيارًا مستمرًّا غير متقطع، وهذا التصور الأخير (بالرغم من منطقيته) هو الذي تسبب في الكارثة فوق البنفسجية! إذ إنه يعني - تبعًا للقانون

الشامل للإشعاع الحراري - «إمكانية» أن تتزايد طاقة الإشعاع تبعًا لقصر طول الموجة إلى ما لا نهاية.

هنا بالتحديد تجلى إبداع العبقري ماكس بلانك؛ لقد اعتبر أن الأجسام تكتسب الطاقة وتعطيها ليس كسيل مستمر، بل على هيئة «**كوانتات**»[1] أي كميات محددة متكررة. وبذلك يصبح «**الكوانتم**» هو الوحدة الأولية للطاقة مثلما أن الذرة هي الوحدة الأولية للمادة. وبالفعل استخدم ماكس بلانك مهاراته الرياضية وتوصل إلى معادلته التي تستخدم مفهوم الكوانتات (بدلًا من سيال الطاقة) للتعبير عن طاقة الإشعاع، فجاءت نتائج المعادلة مطابقة تمامًا لنتائج التجريب.

وإذا عقدنا مقارنة بين «**الذرة**» باعتبارها وحدة المادة وبين «**الكوانتم**» باعتباره وحدة الطاقة وجدنا أنه مثلما يختلف حجم الذرة من عنصر كيميائي لآخر، فإن مقدار وحدة الطاقة (الكوانتم) يتوقف على طول موجة الإشعاع الذي يحمل الكوانتم؛ فكلما كان طول الموجة أقصر كان **مقدار طاقة الكوانتم** أكبر، لذلك تكون طاقة كوانتم الأشعة فوق البنفسجية أكبر من طاقة كوانتم الأشعة الحمراء مثلًا. ومثلما لا نجد في الطبيعة أجزاءً من الذرة فإننا **لا نجد أجزاءً من الكوانتم**. ومع زيادة تنشيط انبعاث موجة ذات طول ثابت يتزايد عدد الكوانتات مع بقاء طاقة كل كوانتم ثابتة، ويُشبه ذلك ما يحدث عندما تزيد كمية عنصر الذهب في سبيكة، فما يزيد هو عدد ذرات الذهب بينما تبقى كل ذرة على حجمها[2].

بعد استيعاب جوانب التشابه هذه، بين «**الذرة**» باعتبارها وحدة بناء المادة وبين «**الكوانتم**» باعتباره وحدة بناء الطاقة، فقد أصبحنا في تعاملنا مع الكوانتم - مثلما هي الحال مع الذرة - نتعامل مع كمية طاقة الكوانتم الواحد ومع عدد الكوانتات، لندرس الآن هذين المتغيرين:

بخلاف الإمكانية النظرية السابقة لأن تزيد كمية الطاقة إلى ما لا نهاية (تبعًا للقانون الشامل للإشعاع الحراري) فإن **كمية طاقة كل كوانتم تتوقف على مستوى مدار إلكترون الذرة الذي تنطلق من مدار حركته الطاقة**، فكلما قصر طول الموجة (أي كانت عالية التردد

(1) Quantum: كوانتم، كلمة لاتينية تعني كمية أو وجبة.

(2) يسجل التاريخ أن ماكس بلانك حين طرح مفهوم الكوانتم لم يكن مقتنعًا به، لكنه وجد ألا تفسير للكارثة فوق البنفسجية سواه.

وذات طاقـة أعلى) احتاج الإلكترون إلى طاقة أكبر لتنقله من مداره، أي أن الموجات الطويلة كالأحمر تحتاج لطاقة حث للإلكترون قليلة[1]، وكلما ازدادت طاقة الحث زاد عدد الكوانتات المنطلقة من انتقال الإلكترونات بين المدارات.

في ضوء هذا المفهوم، إذا ثَبَّتنا طاقة الحث السـابقة لإنتاج موجات فوق بنفسـجية بدلًا من الموجـات الحمراء (أي ذات طاقة أعلى لكل كوانتم) حصلنا على عدد أقل من الكوانتات حتى يتحقـق قانون بقـاء الطاقة. معنى ذلك أنه توجد دائمًا **حالة من التوازن**، فإذا أردنا الحصول على الموجات فوق البنفسـجية (ذات طاقة كوانتم عالية) فسـيقل عـدد الكوانتات فتنخفض طاقة الإشعاع الكلية، ومن ثم **يتلاشى مفهوم الوصول بالطاقة إلى ما لا نهاية**.

معادلة بلانك الرائعة

ذكرنـا أن إبداع ماكس بلانك قـد اكتمل عندما أثبت تصوره بأن طـرح **«معادلة بلانك»** التي تحدد **العلاقة بين طاقة الكوانتم الواحد وبين طول الموجة التي تحمله:**

$$E = hv \quad \text{ط = هـ د}$$

حيث (ط E) ترمز إلى مقدار طاقة الكوانتم الواحد

(د V) ترمز لتردد الموجة الحاملة للكوانتم

(هـ h) هو ثابت بلانك[2]

ولما كان ثابت بلانك (هـ) ثابتًا، فذلك يعني أن طاقة الكوانتم (ط) تتغير فقط بتغير التردد (د)، أي أن **طاقـة الكوانتم الواحد تزداد كلما ازداد تردد الموجة**، أي كلما أصبح طولها أقصر، أي كلما توغلنا في المنطقة فوق البنفسجية.

---

(1) سنطرح هذا المفهوم بعد قليل.

(2) ثابت بلانك، هو وحدة للطاقة (چول) مضروبة بوحدة الزمن.

وهو ضئيل للغاية، تبلغ قيمته 6.55×10^{-27} چول في الثانية

وهـو أصغر وحدة للشـغل في الكون، لا يوجد ما هو أقل منه. وقد طرح بلانـك ثابتة عندما وجد أن طاقة الكوانتم تساوي تردد الإشعاع مضروبًا في عدد ثابت لا يتغير أبدًا. وهو ثابت في جميع أنواع الطاقة المعروفة.

المدهش أن كل اكتشاف جديد وكل تجربة ناجحة تثبت صحة معادلة ماكس بلانك، كما تخرج علينا بنفس القيمة لثابت بلانك، مما أعطى هذه المعادلة وهذا الثابت الحجية الكاملة.

وهكذا فسر مفهوم «الكوانتم» التعارض بين القانون الشامل للإشعاع الحراري وبين النتائج التجريبية، بعد أن تعارض القانون مع مفهوم «سيال الطاقة المستمر» - الذي تبنته الفيزياء الكلاسيكية - وتسبب في «الكارثة فوق البنفسجية»، وبذلك تم القضاء على كارثية هذه الكارثة.

هذا هو إبداع ماكس بلانك، الذي لم يكن فرسًا للنجاة من الكارثة فوق البنفسجية فحسب، لكنه كان **محورًا لثورة الكوانتم والعلم الذري بل ومفتاحًا لفهم الكون كله** بعد أن أدركنا أن الكون هو مجموعة من الإشعاعات. حقًّا، إن شعاع الضوء هو شفرة الوجود.

لقد كان طرح **«الكوانتم»** مع طرح **«الاحتمالية الإحصائية»**[1] هما الدعامتين اللتين قامت عليهما فيزياء الكوانتم التي تتعامل مع العالم اللاحتمي للذرة وما تحتها ومع الإشعاع. وعلى هاتين الدعامتين أضيفت (بين عامي 1900 - 1930) إبداعات كوكبة من ألمع عقول القرن العشرين ساعدت في حل الكثير من مشكلات الفيزياء، ومن هذه الإبداعات:

الكوانتم يحل مشكلة الذرة

مرت ذرة ما قبل الكوانتم بمراحل متعددة. لقد كان **العالم الروسي العظيم مندليف**[2] (شكل - 16) (في أواخر القرن التاسع عشر) ينظر إلى الذرة باعتبارها مجموعة من الجسيمات الأصغر التي تتماسك بقوة تجعلها تسلك كوحدة واحدة. ثم جاء الفيزيائي البريطاني **رذرفورد**[3] (شكل - 17) ووضع أنموذجه الكوكبي الشهير للذرة؛ باعتبارها مؤلفة من نواة يدور حولها عدد

(1) ناقشناه في الفصل السابق «أزمة الفيزياء الكلاسيكية».

(2) Dmitri Mendeleev: (1834 - 1907) عالم الكيمياء والمخترع الروسي العظيم، واضع جدول تصنيف العناصر الكيميائية. وقد احتل منديلف منزلة عالية للغاية في روسيا، حتى إن قيصر روسيا كان قد أصدر أمرًا بعدم جمع الرجل بين زوجتين، فأخبره الحاقدون على منديلف بأن لديه زوجتين، فأجابهم القيصر: إن كان لمنديلف زوجتان فإن لروسيا منديلف واحدًا.

(3) Lord Ernest Rutherford: (1871 - 1937) عالم الفيزياء البريطاني وأبو الفيزياء النووية، حصل على جائزة نوبل في الكيمياء. مكتشف إشعاع ألفا وبيتا، وواضع نموذج رذرفورد للذرة ومكتشف البروتون.

مـن الإلكترونات كالكواكب التي تدور حول الشـمس، كما ربط بين السـمات الكيميائية للعناصر الطبيعية وبين جسيم الإلكترون.



(شكل - 16)
ديمتري مندليف



(شكل - 17)
لورد إرنست رذرفورد

وقد بذل العلماء جهودًا كبيرة في دراسـة **أطياف الأشعة الكهرومغناطيسية** التي تنبعث من الـذرات وتكون مميزة لكل عنصر طبيعـي. وقد **عجز النموذج الكوكبي للذرة عن تفسـير «القوانين الطيفية»** التي اسـتنتجها الفيزيائيون من دراسة أطياف الذرات المختلفة. وقد تسبب في هذا العجز أن الفيزياء الكلاسيكية تعتبر أن أية ظاهرة تكون إما ذرة أو إشعاع وترفض الجمع بينهما.



(شكل - 18)
نيلز بور

لقـد كان طوق النجاة هو **«نظرية الكوانتم»**، ألقى به **نيلز بور**[1] (شـكل - 18) عام 1913 حين طـرح **«نظريته الذرية»** التي ربطت بين نموذج الذرة الكوكبي عند رذرفورد وبين كوانتم الطاقة عند بلانك. فالإلكترونات لا يمكنها أن تدور حول نواة

(1) Niels Bohr: (1885 - 1962) عالم وفيلسوف دانماركي، سافر العام 1912 - بعد حصوله على الدكتوراه - إلى إنجلترا، حيث عمل في كمبريدج مع سـير چوزيف طومسـون، ثم اتجه إلى مانشستر حيث عمل مسـاعدًا لرذرفورد، قبل أن يعود إلى كوبنهاجن عام 1916. وهو من المؤسسـين لعدد من المفاهيم المحورية حول بنية الذرة (النموذج الكوكبي) ونظرية الكوانتم، حصل من أجلها على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1922.

الذرة إلا في **مدارات محددة**، تقع على مسافات محددة من النواة، وهذه المدارات تحددها الطاقة الميكانيكية المناسبة لكل مدار؛ إما كوانتم واحد أو اثنان أو ثلاثة، وهكذا. لقد نجح هذا التسلسل - ببساطة شديدة - في سَلْسَلة الأطياف الإشعاعية التي تنبعث من العناصر المختلفة. وصار هذا الإنجاز الأشهر لنيلزبور والمعروف باسم «**مبدأ التكامل** Complementary Principle» **يجمع بين «النظرية الذرية - جسيم» و«نظرية الإشعاع - موجة»** في تآلف دون تصادم أو تعارض.

الكوانتم يحل مشكلة التأثير الكهروضوئي

عندما تصطدم حزمة من الأشعة الضوئية (طاقة كهروضوئية) بسطح معدني تنطلق من السطح إلكترونات، وهذا ما يسمى بـ «**التأثير الكهروضوئي** Photoelectric effect»، ولا يحدث انبعاث الإلكترون إلا استجابة لأشعة ضوئية يتجاوز تردد موجاتها قدرًا معينًا[1].

وقد توقع آينشتين أن انطلاق الإلكترونات يتطلب أن **«تتكثف»** الطاقة الكهروضوئية في نقطة معينة في موجة الضوء حتى تتمكن من انتزاع الإلكترون من المعدن. واستنتج آينشتين من ذلك أن الضوء - الذي ينتقل كموجات - عندما يصل إلى سطح المعدن فإنه يتكثف في **«حبيبات للطاقة»** (مقدارها «ط» تبعًا لطول موجة الضوء) تنتزع الإلكترون من المدار حول النواة الذي تساوي طاقته (ط). وتعادل كمية الطاقة في الحبيبة الواحدة كوانتم واحد، وتمثل هذه الطاقة المتكثفة **جسيم الضوء (فوتون)**[2]، و إذا كان لكل جسيم كتلته، فإن الفوتون كتلته صفر باعتباره طاقة متكثفة. وقد صار تميز الضوء بـ **«الثنائية»**؛ أي انتقاله كموجات وممارسة فعله على الأسطح كجسيمات (فوتونات) من مسلمات الفيزياء الحديثة التي غيرت وجه الفيزياء إلى الأبد.

ومما يزيد من عظمة إنجاز آينشتين في **إثبات جسيمية الضوء** أنه جاء في مواجهة التيار العاتي للقول بموجيته، فاستحق على اكتشافه هذا - وليس على النظرية النسبية - جائزة نوبل.

(1) أي أشعة ذات طاقة إشعاع معينة تبعًا لنظرية رالي - چينز، وذات طاقة كوانتم معينة تبعًا لماكس بلانك.

(2) هكذا وضع آينشتين مفهوم الفوتون في ضوء مفهوم الكوانتم لماكس بلانك لتفسير الظاهرة الكهروضوئية.

الكوانتم والفوتون يحلان مشكلة الميكانيكا الموجية

نشأ علم **«الميكانيكا الموجية»** - كما يظهر من اسمه - حين أصبح من الضروري في حالة الضوء أن نضع في الاعتبار الحالة الجسيمية والحالة الموجية معًا. فكما رأينا؛ تحتاج **الظاهرة الكهروضوئية** إلى التفسير الجسيمي للضوء، بينما تظل **ظواهر موجية** مثل تداخل حيود الضوء موجودة بشكل كامل.



(شكل - 19)
لويس دو بروي

وقد بدا كأنه لا توجد وسيلة للتوفيق بين النظرتين المتناقضتين، حتى تقدم **لويس دو بروي**[1] (شكل - 19) برسالته للدكتوراه عام 1917، التي أعلن فيها **«ثنائية/ ازدواجية Dualism» الضوء**، بمعنى أنه مكون من **طبيعة جسيمية - موجية في آن واحد** (جسيم تصحبه موجة). ولم يكتف دو بروي بذلك، بل نقل الفكرة إلى ذرات المادة[2]؛ فتبنى أن **كل جسيم صغير** من المادة يكون مقترنًا بموجة على أساس رياضي دقيق.

ويخبرنا دو بروي أن هذا التصور بالغ الصعوبة إذا فكرنا فيه بمفهوم حتمية الفيزياء الكلاسيكية، لكنه واضح وبسيط حين ننظر إلى الظواهر الأولية بمنظور **«الاحتمالية الإحصائية واللافرادانية»**.

وبإثبات آينشتين ثم طرح دو بروي **سقط الحاجز بين المادة والطاقة**، فقد أصبح الضوء

(1) Louis de Proglie: (1891 - 1987) من أعمدة فيزياء الكوانتم ومؤسسي مفهوم الثنائية، وعممه على المادة كلها. حصل على جائزة نوبل عام 1929.

(2) بهذا الطرح لدو بروي اكتمل لدينا خمسة نماذج للذرة بتتابع تاريخي، هي:

أ) نموذج الذرة الكروية المصمتة؛ جون دالتون، 1802.

ب) نموذج چيلي الفواكه Plum Pudding model: جون طوسون 1897، وفيه تتناثر الجسيمات الموجبة والسالبة كقطع الفواكة داخل الچيلي.

ج) النموذج الكوكبي؛ إرنست رازرفورد، 1911؛ حيث تدور الإلكترونات حول النواة كدوران الكواكب حول الشمس، وفيه يكون معظم الذرة فارغًا.

د) نموذج بور؛ نيلز بور 1913. لكل مدار من مدارات الإلكترون طاقة محددة.

هـ) النموذج الموجي الميكانيكي: هو الذي طرحه هنا دو بروي، 1921.

أنقى أشكال المادة، ولم يعد الضوء والمادة إلا مظهرين مختلفين للطاقة.



(شكل - 20)
إيرفين شرودنجر

وفي العام 1925 - 1926 تبنى **إيرفين شرودنجر**[1] (شكل - 20) أراء دو بروي، ووضع معادلته التي أصبحت أساسًا رياضيًّا في نظرية الكوانتم[2]، ثبت بها الاتحاد بين صورتي الميكانيكا الجديدتين: ميكانيكا الكوانتم والميكانيكا الموجية. وتقوم **معادلة شرودنجر** بنفس دور قوانين نيوتن وحفظ الطاقة في الفيزياء الكلاسيكية، فهي تحدد السلوك المتوقع للنظم الديناميكية الكمومية.



(شكل - 21)
ماكس بورن

لقد كان دو بروي يعتقد أن ثمة جسيمات تصحبها موجات، أما شرودنجر فقد اختلف معه في هذه الجزئية، إذ تبنى أنه لا توجد إلا موجات تتجمع في بقاع صغيرة معينة فينتج عنها ما يشبه الجسيم. وبعد أن اتضح أن الرأيين لا يمكن قبولهما معًا، اقترح **ماكس بورن**[3] (شكل - 21) أن الكيانات الأولية هي جسيمات لا تتحكم فيها قوانين حتمية إنما قوانين احتمالية، ومن ثم فالموجات لا تمثل أكثر من احتمال[4].

وتوالت أبحاث العلماء، حتى ثبتت **الثنائية الموجية الجسيمية بالنسبة للإلكترون الحر**[5] عام 1927، وامتدت هذه النظرة إلى الإلكترون في كل عناصر المادة.

(1) Erwin Schrodinger: (1887 - 1961) عالم الفيزياء الألماني الحائز على جائزة نوبل لتأسيسه عدد من مفاهيم الكوانتم.
(2) ندرس معادلة شرودنجر في الباب الثاني.
(3) Max Born: (1882 - 1970) الفيزيائي الألماني الكبير الحائز على جائزة نوبل لأبحاثه في الدالة الموجية.
(4) سنرى في الباب الثاني، الفصل الحادي عشر، تفاصيل موقف الساحة العلمية من طرح دو بروي.
(5) الطريف، أن عالم الفيزياء جورج طومسون - الأب - حصل على جائزة نوبل (عام 1906) لأنه أثبت أن «الإلكترونات» عبارة عن جسيمات، وفي عام 1937 رأى طومسون الأب ابنه جورج طومسون الابن يحصل على نفس الجائزة مناصفة مع الأمريكي كلينتون دافيسون لأنه أثبت أن للإلكترونات خاصية موجية. والحقيقة أن كليهما على صواب، فقد أثبتت التجربة الطبيعة المزدوجة للجسيمات والموجات على المستوى الذري.

ثورة الكوانتم الثانية
مبدأ الارتياب (اللاتعيين ـ اللايقين)

يـتردد كثـيرًا في الفيزيـاء مصطلح «**الزَّخْـم**» أو «**كميـة التحريـك**» Momentum وهي تساوي: الكتلة × السرعة (= المسافة ÷ الزمن). وفي **الفيزياء الكلاسيكية**، يمكن أن تبلغ «كمية التحريك» أية قيمة تكون أعلى من نهاية صغرى يحددها الجهد المبذول.

أمـا في **فيزيـاء** الكوانتـم فـإن كميـة التحريـك تأخذ قيـمًا محـددة مُكَـمَّاة Quantized (باعتبارهـا طاقة). كما يهتم الفيزيائيون كثيرًا بما يُعرف بـ «**كمية التحريك الزاوي** Angular Momentum»، التـي تُعَـرَّف بدلالـة موضع الجسـيم Position مع كميـة التحريك. ولكمية التحريك الزاوي أهمية محورية في فيزياء الجسيمات، فهي:

1) تمثل حالة المنظومة في تلك اللحظة.

2) تحدد سلوك المنظومة التالي.

3) يتم من خلالها تعريف قياسات أخرى.

لذلك تكون حالة المنظومة (1) وسـلوكها (2) في **الفيزياء الكلاسيكية** محددين تمامًا في أية لحظة من خلال التحديد الدقيق لموضع وكمية التحريك لجميع جسيماتها، أما **فيزياء الكوانتم** فلها رأي آخر:



(**شكل** – 22)
فيرنر هيزنبرج

يُعتـبر «**مبدأ الارتياب/ اللايقـين/ اللاتعيين**»، الذي طرحه ڤيرنر هيزنبرج[1] (شـكل - 22) العـام 1927، بمثابة الميلاد الثاني الكوانتـم. وهـو ينص عـلى «**اسـتحالة التعيين الدقيـق لموضع الإلكترون وزخمه في آن واحد**»، أي أن دقة تحديد أحد القياسين تكون على حسـاب دقـة تحديد القياس الآخر، وذلك لأسـباب

(1) Werner Heisenberg: (1901 - 1976): الفيزيـائي الألمـاني الكبـير الحاصل على جائزة نوبل لإسـهاماته الكبيرة في فيزياء الكوانتم.

بعضها تقني وبعضهما يرجع إلى طبيعة الجسيمات ذاتها.[1] وهذا المفهوم يؤكد أهمية أن نأخذ في الاعتبار تأثير أجهزة المعمل وأدوات القياس على الظواهر المرصودة. هكذا أجهض مبدأ الارتياب فكرة القياس الدقيق لسمات الجسيمات الذي يُمَكِّننا من توقع حالته المستقبلية بدقة.

هل معنى ذلك أن السيارة المارة أمامك - مثلًا - التي تتأثر بطاقة الضوء الساقطة عليها والمسئولة عن رؤيتك لها، ينطبق عليها مبدأ الارتياب أيضًا، ومن ثم لا نستطيع تعيين سرعتها وموضعها بدقة في آن واحد؟!!. إن شعاع الضوء الساقط على السيارة يكون أضعف من أن يؤثر في سرعتها أو موضعها، بل إنه أضعف من ذلك بالنسبة لذرة واحدة. لذلك **فمبدأ الارتياب ينطبق على الجسيمات تحت الذرية فحسب**.

وبفضل اكتشافات بورن **وهيزنبرج**، تمت الخطوة الأخيرة في التخلي عن التفسير السببي الحتمي وتبني التفسير الإحصائي بالنسبة للعالم الدقيق. وأصبح من المعترف به أن **الحادث الذري المنفرد لا يتحدد بقانون سببي حتمي بل بقانون احتمالي فحسب**، واستعيض عن فكرة **«إذا كان... فإن...»** التي عرفتها الفيزياء الكلاسيكية بفكرة **«إذا كان... فإن.. بنسبة مئوية مقدارها...»**.

معالم الكوانتم الأساسية

يمكن تلخيص ملامح ثورة الكوانتم في هذه المعالم الأساسية:

1900 طَرَحَ ماكس بلانك مفهوم الكوانتم.

1905 طرح آينشتين مفهوم جسيمية الضوء (الفوتون).

1913 طرح نيلر بور نموذجه الذري في ضوء مفهوم الكوانتم.

1917 طرح لويس دو بروي مبدأ «ثنائية» الضوء.

1925 طرح شرودنجر معادلة الميكانيكا الموجية.

1927 أثبت لويس دو بروي وشرودنجر ثنائية الإلكترون

(1) نقوم في الباب الثاني - الفصل الحادي عشر بدراسة أسباب الارتياب.

1927 مبدأ الارتياب لهيزنبرج.

1928 أسس نيلز بور «مبدأ التكامل» بين النظرية الذرية ونظرية الإشعاع.

الكوانتم والسببية[1]

يتردد في العلم والفلسفة كثيرًا مصطلح «**العشوائية** Randomness». ويفهم الكثيرون هذا المصطلح كمرادف لمصطلح «**الصدفوية** Chance» الذي يعني أن بعض الأحداث تكون فوضوية تلقائية لا تتأثر بعوامل محددة.

وإذا كانت حتمية الفيزياء الكلاسيكية تتعارض تمامًا مع «الصدفوية»، باعتبار أن الأحداث تكون نتيجة صارمة لمقدماتها، فقد دعمت تلك الفيزياء بقوة مفهوم «**السببية**». وعندما قامت ثورة فيزياء الكوانتم - التي وصفت للسلوك الواحد للجسيمات تحت الذرية عدة احتمالات - توهم البعض أن هذه الفيزياء قد قضت على مفهوم السببية، ويعنون بذلك أن جميع أحداث الوجود تكون صدفوية بشكل **حقيقي**.

ما أبعد ما ذهب إليه هؤلاء عن الحقيقة؛ لقد كان فطاحل رجالات الكوانتم أمناء، فذكروا أنهم لا يعرفون سببًا لتعدد الاحتمالات، واكتفوا باعتبارها سمة ذاتية/ جِبِّلية في الجسيمات تحت الذرية، وهذا ينفي اعتبارها صدفوية حقيقية. بل إن آينشتين ذهب أبعد من ذلك عندما أرجع الاحتمالية إلى قوانين أعلى توجهها وتتصاعد حتى تصل إلى حكمة الإله، فقال مقولته المشهورة «**إن الإله لا يلعب بالنرد**»، ويعني آينشتين بذلك أن ما تطرحه فيزياء الكوانتم من احتمالية ليس سلوكًا صدفويًّا حقيقيًّا، ولكن تنتجه موجهات دقيقة لا ندركها (وهذا هو المعنى الدقيق لمصطلح العشوائية)، لذلك **تظل السببية قائمة في العالم تحت الذري**.

وتماشيًا مع المعنى الذي تطرحه مقولة آينشتين، بيَّن أستاذ الفيزياء النظرية العراقي الكبير د. محمد باسل الطائي، أن احتمالية فيزياء الكوانتم هي «**صدفوية ظاهرة**»، إذ يوجه مسارها «**عامل مرجح** Inductive Factor». وقد اتضح لنا دور هذا العامل المرجح - حتى الآن - في ثلاثة مواقف:

(1) هذا المبحث للدكتور عمرو شريف.

1) إذا كانت احتمالات مسار حدث كمومي ما هي (أ) أو (ب) أو (جـ) أو (د)، فلِمَ اقتصرت الاحتمالات على هذه الأربعة، إن القول بالصدفوية الحقيقية يتطلب أن تكون احتمالات مسار الحدث لا نهائية. لا شك أن الأمر يحتاج إلى **عامل مرجح لهذه الاحتمالات الأربعة** دون غيرها.

2) في كثير من الأحيان، احتاجت نشأة الكون وظواهره ومسارها إلى ترجيح احتمالات أدنى على حساب احتمالات أكبر كثيرًا، ولو تَرَجَّحَت دائمًا الاحتمالات الأكبر لما نشأ الكون. لا شك أن **ترجيح الاحتمالات الأدنى وإخراجها إلى النور على حساب الاحتمالات الأكبر** في بعض المواقف يحتاج إلى عامل مرجح.

3) يتحدث المتخصصون في الكوانتم عن **«انهيار الدالة الموجية»**[1]، ويعنون بذلك أن الاحتمالات المتعددة تنتهي إلى حالة واحدة في الوجود المرصود عندما يرصدها راصد. والمدهش أن هذه الاحتمالات تنتهي «دائمًا» في جميع الحالات ومع جميع الراصدين إلى ما يتماشى مع حتمية قوانين الفيزياء الكلاسيكية. **فما تفسير أن تؤدي احتمالية العالم الصغير Micro «دائمًا» إلى حتمية العالم الكبير Macro في كل المواقف ومهما اختلف الراصد؟!** لا بد من عامل مرجح.

هكذا **أثبتت فيزياء الكوانتم مفهوم السببية إثباتًا علميًّا** بعد أن كان مفهومًا فلسفيًّا، وذلك بعد أن ثبت احتياجها إلى **«العامل المرجح»** الذي هو أعلى مستويات السببية. وبذلك أيضًا تلاشى مفهوم الصدفوية الحقيقية من قاموس العالم تحت الذري.

ولاستكمال الصورة، نذكر أيضًا أن مفهوم السببية قد تأكد **في العالم الكبير**، وذلك **في ضوء «نظرية الشواش** Chaos Theory**» التي أثبتت** تأثير العوامل الدقيقة للغاية على الأحداث الكبيرة[2].

هكذا تلاشى مفهوم الصدفوية الحقيقية من العالمين الصغير والكبير، ووجب التنبه إلى

(1) سنفصل هذا المعنى في الباب التالي - الفصل الحادي عشر.

(2) يضربون مثالاً على ذلك بما يطلقون عليه «تأثير الفراشة Butterlly Effect» ويعنون به أن رفرفة جناحي فراشة في اليابان يمكن أن تتسبب في قيام إعصار في الغرب الأمريكي! باعتبار أن هذه الرفرفة تكون بمثابة القشة التي قسمت ظهر البعير، كما يقول المثل العربي.

أن **مصطلح «العشوائية» يعني عد القدرة على التنبؤ بالأحداث لدقة وتعدد أسبابها، ولا يعني بالمرة «الصدفوية الحقيقية» التي ليس لها وجود.**

القارئ الكريم...

في ضوء الكوانتم، نجد أن كلمات ومصطلحات من قبيل «ذرة» و«جوهر فرد» و«جسيمات أولية»، قد أصبحت لا تحمل المعنى المراد منها لغويًا في تاريخ الفكر العلمي والفلسفي، فقد ظهر أن الجزء الذي قيل إنه لا يتجزأ Atom يواصل قابليته للانقسام، كما أن الجسيمات التي كانت أولية Elementary لم تعد حاليًّا أولية، كذلك فإن الطاقة التي كانت كالسيال أصبحت مجزأة على هيئة كمومية...

ولم يقف إبهار الفيزياء الحديثة عند كشف تعقيد **«بنية» المادة**، بل امتد إلى طرح **مفاهيم «سلوكية»** جديدة - يصعب تصورها في بعض الأحيان - مثال ذلك؛ ثنائية جسيم - موجة، ومبدأ الارتياب، والحالة المتراكبة لقطة شرودنجر، واعتبار أن مجرد ملاحظة الشيء تؤدي إلى تغييره وكأن التجربة تعي وجود من يراقبها، وغير ذلك مما يصعب تصوره بالطرق الاعتيادية، وقد عبر ريتشارد فاينمان الحائز على جائزة نوبل العام 1965 عن هذه الحال بعبارته المشهورة: **«نظرية الكوانتم هي النظرية التي يستخدمها الجميع ولا يفهمها أحد على الإطلاق»**.

وكم يُشَرِّف البشرية؛ أن نظرية الكوانتم التي فجر ماكس بلانك ثورتها في مستهل القرن العشرين (عام 1900 تحديدًا) ثم استكملت صورتها الحديثة خلال ثلاثة عقود، كان أغلب المبدعين فيها من **العلماء الشبان**، ذلك أن ڤيرنر هيزنبرج وپول ديراك وباسكوال جوردان وفولفجانج باولي، كانوا جميعًا في العشرينيات من أعمارهم. وكان إرڤين شرودنجر أكبرهم سنًّا، فقد نشر معادلته الموجية الشهيرة وهو في التاسعة والثلاثين من عمره. أما ماكس بورن فقد استوعب وعَمَّق ما كتبه هيزنبرج وهو في الثالثة والأربعين من عمره[1].

لقد كان **جيل الشباب** هو الأقدر من الجيل الأكبر على التواؤم مع أساليب التفكير الجديدة، كما لم يستطع الأكبر استيعاب المذهب الجديد بسهولة، فتذمر رجاله وتشاجروا،

(1) سنعرض إنجازات هذه الشخصيات في الباب الثاني من الكتاب.

لكـن **التطبيقات المبكرة الناجحة للنظرية** على بعض الظواهر أقنعت المعارضين وفي مقدمتهم ألبرت آينشـتين، وظل الأمل يراود الجيل الأكبر في أن يسود الواقع الكلاسيكي (قوانين حتمية) على مسـتوى أكثر عمقًا ينكشـف فيما بعد[1]، إلا أن هذا المستوى لم يظهر للعيان حتى الآن، بل لقد أخذت مبادئ ميكانيكا الكوانتم في التعمق يومًا بعد يوم.

وتختم د. يمنى الخولي طرح فلسفة ثورة الكوانتم بقولها:

«لقد استغرق مد ثورة الكوانتم العقود الثلاثة الأولى من القرن العشرين، **ثلاثين عامًا حق اعتبارها أروع وأخصب الحقب في ملحمة العلم وفي الفكر البشري إجمالا**.

وإذا كانـت ثورة الكوانتـم في مطلع القرن العشرين قد اقتصرت على عالم الذرة، فهل ظل العالم الأكبر قابعًا في أمان تحت رعاية فيزياء نيوتن الكلاسيكية؟

الواقع أن الثورة في مطلع القرن العشرين كانت أعنف وأشـد وطأة على مسلمات الفيزياء الكلاسـيكية وأكـثر تقويضًا لعالمها الأثير، الـذي هو الكون الكبير، وهذا مـا فعلته نظرية النسـبية التي وضعها آينشـتين، أول رجل في التاريخ استطاع أن يأتي بنظرية يمكن أن تحل محل نظرية نيوتن وتؤدي مهامها بصورة أكفأ وأدق».

(1) نطرح الخلاف بين آينشتين ونيلز بور في هذه القضية المعضلة في الفصل الحادي عشر من الباب الثاني.

الفصل الرابع

فلسفة النظرية النسبية

- كارثة الأثير
- النظرية الجسيمية والنظرية الموجية
- فرض الأثير
- تجربة ميكلسون ومورلي
- النظرية النسبية
- النظرية النسبية الخاصة
- مفاهيم النسبية الخاصة
- متصل الزمكان رباعي الأبعاد
- نسبية التزامن/ التآني
- النظرية النسبية العامة
- أسس النسبية العامة
- أدلة على النسبية العامة
- العامل المرجح خارج الزمان
- القارئ الكريم

مثلـما كانـت نظرية الكوانتم إبداعًـا حقيقيًّا وطريقًا جديدًا كل الجِّـدة، كانت النظرية النسـبية كذلك. وتعتبر النسـبية مثالًا رائعًا لكيف يمكن الخروج بفروض منطقية عن طريق التحليـل الواضـح للحقائـق التجريبية والرصديـة، ثم اسـتنباط النتائج من هـذه الفروض، والتحقق من صحتها عن طريق الملاحظة والتجربة. وهذه هي **أهم سمات المنهج العلمي** الذي تميزت به فيزياء القرن العشرين.

وكـما بدأ ماكس بلانك من مشـكلة قانـون رايلي - چينز التـي أدت إلى «الكارثة فوق البنفسـجية»، فقد بدأ آينشـتين من مشـكلة تمخضت عنها تجربة (ميكلسون - مورلي)[1] عـام 1887، وأدت إلى كارثة أخرى حلت بالفيزياء الكلاسـيكية وهـي **«كارثة الأثير»**، التي تتلخص في سـقوط فرض الأثير الذي اعتمدت عليه الفيزياء الكلاسيكية في تفسيرها الموجي للضوء والإشعاع.

ومثلـما نجحت الكوانتم في تفسـير الانبعـاث الضوئي وامتصاصه فقد نجحت النسـبية في معالجة انتقال الضـوء وحركته. وهكذا **تبلورت النظريتان الدعامتـان للفيزياء الحديثة حول ظاهـرة فيزيائيـة واحدة هـي «الموجات الضوئيـة»**. وبينما بـدت «كتل المـادة» في الفيزياء الكلاسيكية كأنها تحمل سر الوجود؛ إن فهمناها فقد أحكمنا قبضة اليد على هذا الكون، فإن فيزياء الكوانتم والنسـبية في القرن العشرين انطلقتا من أن **«شعاع الضوء» هو شفرة الوجود والحامل لأسراره**.

---

(1) Albert A. Michelson: (1852 - 1931) الفيزيائي الأمريكي الكبير الحائز على جائزة نوبل.
Edward W. Morley : (1838 - 1923) الفيزيائي الأمريكي الكبير.

كارثة الأثير

يحتل الضوء مكان الأولوية والمرجعية في الطبيعة باعتباره صاحب السرعة الأعلى في الكون. وقد رأينا أنه كانت هناك نظريتان متعارضتان لتفسير طبيعة الضوء:

النظرية الجسيمية والنظرية الموجية

تبنى إسحق نيوتن أن الضوء هو سِيَال من «**الجسيمات**» يقذف بها المصدر المضيء، وتنطلق في خط مستقيم في الوسط المتجانس[1]. وقياسًا على الضوء، اعتبرت النظرة النيوتينية أن أي إشعاع هو سيال من الجسيمات، وقد عُرفت نظرية نيوتن في الضوء باسم «**النظرية الجسيمية** Corpuscular Theory of light».

وقد وصلت هذه النظرية إلى طريق مسدود بسبب عجزها عن «**تفسير**» بعض الظواهر الضوئية (كالانعكاس والانكسار والتداخل والحيود) بالرغم من التوصل إلى القوانين التي تحكم «**سلوك**» الكثير منها[2].



(شكل - 23)
الحسن بن الهيثم

ولعل أولى هذه المشكلات، أن أشعة الضوء عندما تسقط على سطح فإن جزءًا منها «**ينكسر**»، فيظهر المجداف المنغمس في ماء النيل منكسرًا، بينما «**ينعكس**» بعضٌ من أشعة الضوء فتظهر صورة القمر على سطح الماء، وقد لفت الحسن بن الهيثم[3] (شكل - 23) النظر إلى ذلك. والواقع أن نظرية نيوتن الجسيمية تفشل في تفسير ذلك، فلو كان الضوء مكونًا من جسيمات لكان تأثير الماء واحدًا فيها جميعًا، إما انكسار و إما انعكاس.

(1) تبنى النظرة الجسيمية للضوء أيضًا فيلسوف الذرة الشاعر الروماني لوكريتوس Lucretius (99 - 55 ق.م)، والحسن بن الهيثم وديكارت ولابلاس.

(2) مثل أن زاوية سقوط الضوء تساوي زاوية انعكاسه.

(3) الحسن بن الهيثم: (965 - 1040) أبو علم البصريات، يفضل مصطلح «انعطاف الضوء» ليصف هذه الظاهرة، بدلاً من مصطلح «انكسار الضوء».

كذلك واجهت النظرية الجسيمية للضوء صعوبة أخطر من ظاهرتي الانكسار والانعكاس، وهي ظاهرة «**الحيود**». فإذا كانت الأجسام الكبيرة تحجب الضوء فتُلقي ظلالًا خلفها، فإن السلك الرفيع أو الخيط أو الشعرة لا تلقى مثل هذا الظل، وقد فسر نيوتن ذلك بأن الضوء لا يسير دائمًا في خطوط مستقيمة تمامًا، لكنه ينحني (يحيد) حول الأجسام الرفيعة فلا تُلقي ظلالًا. لكن نيوتن فشل في أن يقدم تفسيرًا مفصلًا لظاهرة الحيود، لذلك لم تلق نظريته الجسيمية استحسانًا بين معاصريه، مما ساعد النظرية الموجية على أن تنتصر وتسود.

وتُشَبِّه «**النظرية الموجية**» الضوء بموجات متتالية تنتشر على سطح الماء، مثلما يحدث عندما نلقي حجرًا فيه، بحيث يكون المصدر الضوئي هو مركز الاهتزاز الذي تتولد عنه الأمواج وتنتشر من حوله في كل اتجاه. وقد نجحت هذه النظرية (نظريًّا وتجريبيًّا) في تفسير بعض الظواهر (كالتداخل والحيود) التي عجزت النظرية الجسيمية عن حلها، وبذلك توطن التفسير الموجي للضوء في الفيزياء.

فرض الأثير

مثلما أن الموجات الميكانيكية والصوتية هي اهتزاز للأوساط الجامدة والسائلة والغازية التي تنتشر فيها، فإن الضوء (في إطار الطبيعة الموجية) يحتاج إلى اهتزاز وسط ما ليحمل موجاته، لذلك افترض العلماء وجود «**الأثير Ether**» باعتباره هذا الوسط. وقد لعب الأثير دورًا جوهريًّا في الفيزياء الكلاسيكية لكي يستكمل التفسير الموجي للضوء والإشعاع.

وقد افترض العلماء أن الأثير يملأ الفضاء وكل فراغ في الكون، وافترضوا أن كثافته أقل من الهواء وأنه لا نهائي المرونة. ولم يستغل العلماء الأثير لتفسير ظواهر الضوء والإشعاع والبصريات في الإطار الموجي فحسب، بل وأيضًا لتفسير ظواهر الجاذبية، كل ذلك في الإطار الحتمي الميكانيكي. هكذا بدا عالم الفيزياء الكلاسيكية الحتمي - تلك الآلة الكونية العظمى - كأنه قائم على أكتاف الأثير.

لذلك، كان **انهيار مفهوم الأثير** لا يعني كارثة تحل به فحسب، بل تحل بالفيزياء الكلاسيكية كلها، وهذا ما قامت به بالفعل تجربة ميكلسون - مورلي.

تجربة ميكلسون - مورلي

بالرغم من نتائجها الكارثية على الفيزياء الكلاسيكية، فإن فكرة التجربة بسيطة للغاية. فإذا كانت المركب التي تسير في النهر تسبب على جانبيها تيارًا من الماء يتجه في الاتجاه العكسي، فبالمثل؛ إذا كانت الأرض في دورانها حول الشمس تمخر **عباب الأثير**، فمن الطبيعي أن ينشأ فيه تيارٌ يتجه عكس اتجاه دوران الأرض، وتكون سرعته هي نفس سرعة دورانها (حوالي 18.5 ميل في الثانية). فهل يمكن إثبات ذلك؟

من هنا جاءت تجربة ميكلسون - مورلي للتحقق من الآتي: هل **سرعة الضوء** في اتجاه أمواج الريح الأثيرية تزداد بمقدار 18.5 ميل في الثانية، وتقل بنفس المقدار إذا سار الضوء في عكس اتجاه الأثير؟

تتلخص التجربة في أن ميكلسون ومورلي أطلقا شعاعين ضوئيين متعامدين، ثم كررا التجربة بعد عكس اتجاه كل من الشعاعين، ورصدا انحراف الأشعة الذي يمكن أن يحدث في الحالتين (بسبب تَغَيرُّ اتجاه الريح الأثيرية) عند وصول كل شعاع لهدفه، فهذا الانحراف يثبت وجود الأثير.

يا لها من كارثة!!!، لم يجد الباحثان أي انحراف لأي من الشعاعين، وكررا التجربة، وكررها علماء آخرون عدة مرات في أوقات مختلفة من اليوم ومن العام، ولكن **أحدًا لم يهتد إلى وجود الأثير**، كذلك فشلت كل محاولات تفسير النتيجة السلبية في إطار وجود الأثير.

لم يعد هناك مفر من التخلي عن هذا الأثير المقدس، لم يكن الأمر بهذه البساطة، **فالتخلي عن الأثير يعني التخلي عن النظر إلى الكون «كآلة ميكانيكية»** وفقًا لما أملته علينا الفيزياء الكلاسيكية. ليس ذلك فحسب، بل علينا أن نقدم **النموذج البديل** القادر على تفسير ظواهر الكون، فمن لهذه المهمة؟

النظرية النسبية

في مواجهة كارثة الأثير، تقدم الشاب الألماني ألبرت آينشتين (الموظف في مكتب براءات الاختراع في بيرن في سويسرا حيث هاجرت أسرته) وحده لتقديم **النموذج البديل القادر على**

تفسير ظواهر الكون الخالي من الأثير. ويمكن أن نُرجع نجاح آينشتين في المهمة إلى **ثلاث سمات شخصية**؛ جرأته التي مكنته من التخلي تمامًا عن فرض الأثير وعن التصور الميكانيكي للكون، وجموح خياله الذي مكنه من إبداع ما لم يخطر على بال أحد، وعبقريته التي جعلت اسمه أيقونةً للعبقرية. لقد تمخضت هذه السمات الشخصية عن أشهر نظريات القرن العشرين.

إن نظرية النسبية هي **نظرية فيزيائية عامة للحركة لتفسير ظواهر الكون** بدلًا من نظرية نيوتن، وهي أكفأ منها وأدق. لا يعني ذلك أن نظرية نيوتن قد ثبت خطأها، ولكن يعني أن **النيوتونية قد أصحبت حالة خاصة** (تتعامل مع الأجسام ذات السرعات التقليدية) داخل إطار النظرية النسبية الأعم والأشمل.

وتنقسم النظرية النسبية إلى النسبية الخاصة التي أعلنها آينشتين في العام 1905 والنسبية العامة التي أعلن مخططها في العام 1915.

النظرية النسبية الخاصة

لقد كانت نقطة البداية لهذه النظرية هي تجربة ميكلسون - مورلي، التي انتهت إلى **سقوط فرض الأثير**، بعد أن تأكد ثبات سرعة الضوء مهما اختلف اتجاه وسرعة حركة مصدره وراصده (300.000 كيلو متر أو 186.000 ميل في الثانية)، وقد انطلق آينشتين من هذه المقدمة مع مقدمة أخرى؛ وهي أن القوانين الفيزيائية متطابقة في النظم غير المتسارعة (ساكنة أو تتحرك بسرعة ثابتة)، لقد انطلق آينشتين من هاتين المقدمتين إلى وضع عدد من القوانين بخصوص «**سلوك الزمان والمكان والكتلة والطاقة**»، وهي ما صارت تعرف بالنظرية النسبية الخاصة[1].

وإذا كان **جاليليو جاليلي**[2] **(شكل - 24)** قد طرح ما يعرف بـ «**مبدأ النسبية لجاليليو** Galileo's Rrinciple of relativity» الذي يعني أنه **لا وجود لحالة الثبات المطلق**، ومن ثم

(1) طرح آينشتين نظرية النسبية الخاصة في ورقة بحثية نشرها يوم 26 من سبتمبر العام 1905 بعنوان: حول الديناميكيات الكهربائية للأجسام المتحركة On Electrodynamics of Moving Bodies.

(2) Galileo Galilei: (1564 - 1642) عالم الفلك والفيزيائي والمهندس والرياضياتي الإيطالي. أطُلق عليه ألقاب: أبو علم الفلك الرصدي، وأبو العلم الحديث، وأبو المنهج العلمي.



(شكل - 24)
جاليليو جاليلي

ليس هناك إطار مرجعي ثابت، فقد انتقل آينشتين من طلب المرجعية في الثبات المطلق إلى الاعتماد على سرعة الضوء الثابتة كمرجعية لجميع القوانين الفيزيائية؛ سواء قوانين الميكانيكا أو الديناميكا الكهربائية. ومن هذا المنطلق بالتحديد جاءت قوانين واستنتاجات النظرية النسبية الخاصة التي تُعتبر أنموذجًا أمثل لما يمكن أن تحققه العبقرية في مجال الفيزياء من وصول إلى نتائج معقدة للغاية من خلال التطوير الرياضي - المفرط في الدقة والصرامة - لفروض قليلة وبسيطة.

مفاهيم النسبية الخاصة

من أجل أن ندرك مدى الإبداع العبقري للنظرية النسبية الخاصة، دعنا نحدد **نظرة الفيزياء الكلاسيكية** إلى عدد من المفاهيم الفيزيائية:

- ❐ طلاقة مفاهيم المكان/ الطول والكتلة والزمان والسرعة.
- ❐ الزمن كيان مطلق الاتجاه.
- ❐ كلٌّ من المادة والطاقة كيان مستقل.
- ❐ كلٌّ من الزمان والمكان كيان مستقل.

ثم جاءت نسبية آينشتين لتقلب هذه المفاهيم رأسًا على عقب:

المفهوم الأول: انكماش الأطوال:

«تنكمش أطوال الأجسام في اتجاه حركتها».

ويحدد القانون مقدار انكماش الجسم بالنسبة لسرعته، فيزداد في القصر أو الانكماش كلما ازدادت سرعته، حتى إذا اقتربت السرعة من سرعة الضوء اقترب طول الجسم من الصفر أي يتلاشى، ومن ثم يحدد القانون حدًّا من السرعة يستحيل تجاوزها. لذلك إذا سافرت بسرعة تقارب سرعة الضوء فإنك ستنضغط لكنك لن تشعر بشيء غير طبيعي، إذ إن خلايا جسمك ستنضغط أيضًا، ولن تحتاج لفراغ كبير لتشغله.

ولكن، هل يقصر طول سيارتك عندما تكون مسافرًا بها بسرعة 50 ميلًا في الساعة على الطريق السريع؟ نعم، ولكن بمقدار نواة الذرة تقريبًا، لذلك لن تلحظ انكماشها، ولذلك نقول أن قوانين نيوتن صحيحة باعتبارها حالة خاصة تنطبق في السرعات الاعتيادية.

المفهوم الثاني: تباطؤ الزمن:

«يتباطأ الزمن تبعًا للسرعة»:

وتكون استطالة الزمن بنفس المعامل الذي ينكمش به الطول.

أي أن الزمن يختلف باختلاف السرعة التي يسير بها حامل الساعة التي ترصده، وبذلك **ينهار تمامًا الزمن الموضوعي المطلق** في الفيزياء الكلاسيكية والذي يتدفق بمعدلٍ واحد بالنسبة للجميع. لذلك إذا سافرت بسرعة عالية بقدر كاف ستبدو كأنك تحيا للأبد.

المفهوم الثالث: حدود السرعة الكونية:

«مجموع السرعة النسبية لجسمين يتحركان في اتجاه معاكس ليست حاصل جمع السرعتين».

إذا كانت الفيزياء الكلاسيكية تتعامل بالعلاقات الرياضية البسيطة، فإن الأمر أعقد من ذلك كثيرًا.

فإذا كانت سرعة كلٍ من الجسمين (في المعادلة) هي سرعة الضوء فلن تكون سرعة أحدهما بالنسبة للآخر هي ضعف سرعة الضوء بل ستظل مساوية لسرعة الضوء، مما يُسْلِمُنا إلى استحالة تجاوز سرعة الضوء كما بَيَّنَّا مع المفهومين السابقين.

المفهوم الرابع: تَعادُل المادة والطاقة:

«الطاقة تساوي كتلة المادة مضروبة في مربع سرعة الضوء $E=mc^2$».

ويُعتبر هذا القانون أهم النتائج التي أدت إليها النظرية، فقد دمجت النظرية قانونا الفيزياء الكلاسيكية لبقاء المادة/ الكتلة وبقاء الطاقة في قانون واحد، وأثبت أن كلًّا من المادة والطاقة مظهر من مظاهر الآخر. كذلك فسر لنا هذا القانون الطاقة التي تنبعث من الشمس طوال هذه المليارات من السنين. كما عَلَّمنا أن كمية ضئيلة من المادة يمكن أن تُنتج كمية هائلة من الطاقة، وعلى ذلك قامت نعمة المفاعلات النووية وكارثة القنابل الذرية.

وماذا عن الكتله؟

يتبنى الطرح الشائع للنسبية الخاصة - حتى عند الكثير من الفيزيائيين - مفهوم **نسبية الكتلة**؛ بمعنى أن **«كتلة الجسم تزداد بازدياد سرعته»**، حتى إذا وصل الجسم إلى سرعة الضوء صارت كتلته لا نهائية. ويعتبر هؤلاء أن هذا دليل آخر على أن شيئًا لا يمكنه أن يتجاوز سرعة الضوء؛ فعندها تزداد الكتلة حتى تصير لا نهائية.

إذا كان مفهوم **«نسبية الكتلة»** شائعًا ومقبولًا في الأطروحات المبسطة للنظرية النسبية الخاصة، فإنه لا يعكس الحقيقة، ويظهر خطأه في الحسابات الدقيقة عند المتخصصين؛ لذلك نشطت في الفترة الأخيرة حملة علمية لتعريف المهتمين بحقيقة الأمر؛ فما هي؟

من المفاهيم الفيزيائية الشائعة أن «زخم = كمية التحريك Momentum» لجسم متحرك يخضع للمعادلة:

الزخم = كتلة الجسم × سرعته $P = m \times v$

والحقيقة أن هذه المعادلة ليست دقيقة!، والمعادلة الصحيحة هي $P = \gamma \times m \times v$

حيث «γ» **ثابت فيزيائي**، وقد تم تجاهله لأنه يقارب الـ (1) في السرعات التقليدية.

أما مع **السرعات العالية للغاية** التي تتعامل معها النظرية النسبية فإن «γ» **تتزايد مع السرعة**. فعندما تبلغ السرعة 90 % من سرعة الضوء تكون «γ» = 2.294، وعند 99 % من سرعة الضوء فإن «γ» = 7.089، وتصبح لا نهائية عند سرعة الضوء. لذلك ينبغي عدم إسقاط «γ» من معادلات الزخم في السرعات العالية مثلما يحدث مع السرعات التقليدية.

ومن ثم، فإن الذي يصبح لا نهائيًّا عند سرعة الضوء ليس كتلة الجسم، لكنه زخم الجسم وهو ما يسمونه بـ «الطاقة الاندفاعية» وأيضًا «الكتلة النسبية Relativistic mass». وقد ثبت هذا الطرح تجريبيًّا[1].

ما أمتعك أيها العلم...

(1) في أوائل عام 1952، أعلن المختبر الوطني في بروكهافن بنيويورك أنه استطاع أن يُسارع البروتون إلى 95 % من سرعة الضوء، فزادت كتلته النسبية ثلاثة أضعاف. =

مما سبق يتضح أن النسبية الخاصة قد قامت على أن القياسات المطلقة (الطول والكتلة والزمان والسرعة) التي تقوم عليها النيوتونية والتي تتطلب حالة سكون مطلق يتم منها القياس، هي **قياسات يستحيل وجودها**. فالقمر والأرض والشمس ومجرتنا وبقية المجرات والكون كله في حركة دائبة، ومن ثم فالقياسات السابقة نسبية، ولا يبقى من وجود للمطلق الفيزيائي في عصر ما بعد النسبية إلا سرعة الضوء.

إن النظرية النسبية نسبية لأنها **تُدخل الذات العارفة الراصدة (موقع الرصد وسرعته) كمتغير في معادلة الطبيعة**. ومن ثم فالذين يتأملون السماء من كواكب مختلفة يدرك كلٌ منهم سماءً مختلفة! إذ تؤثر سرعات كواكبهم في حركة عقارب ساعاتهم وفي إحساسهم بمرور الزمن، كما تؤثر في قياسهم للأحجام والأبعاد وكتل الأجسام. ومن ثم، إذا كانت قياسات كل راصد موضوعية ومتساوية بالنسبة له ولساكني كوكبه، فإنها ليست مطلقة بمفهوم الفيزياء الكلاسيكية.

متصل الزمكان رباعي الأبعاد

Spatio - temporal/ Time - Space Continuoum

لقد كان اعتبار أن الزمان والمكان هما كيانان موضوعيان مطلقان متمايزان تمامًا يمثل الخلفية التي تدور عليها بقية أحداث الوجود من المفاهيم البديهية التي تقوم عليها نظرية نيوتن. وعندما طرح آينشتين نظريته في النسبية الخاصة في إطار الطرح النيوتوني لمفهوم الزمان والمكان واجهت النظرية مشكلات رياضية كبيرة، وقد وجد آينشتين حلها في أن يطرح مفهوم «**المتصل الزمكاني**»، الذي يعتبر أن الزمان بُعد رابع للأبعاد المكانية الثلاثة. لذلك يعتبر هيزنبرج أن القول بنسبية الزمان والمكان هو بمثابة الهجوم الكاسح على الفرض الأساسي للفيزياء الكلاسيكية.

إن **الزمكان** الذي يطرحه آينشتين هو نظام من العلاقات بين الأحداث، يهدم تمامًا التصورات الكلاسيكية عن التتابع الزماني والتجاور المكاني، كما يهدم النظر إلى المادة باعتبارها مكونة من جزيئات توجد في نقطة من المكان عبر لحظات الزمان.

= وفي يونيو 1952، أعلن معهد التكنولوجيا في كاليفورنيا أنه استطاع أن يسارع الإلكترون إلى ما قبل سرعة الضوء بُعشر ميل في الثانية، فزادت كتلته النسبية 900 مرة.

وفي المتصل الزمكاني رباعي الأبعاد، **قد يصبح الزمان مكانًا والمكان زمانًا**. فلم تعد المسافة هـي البعد بين نقطتـين مكانيتين بصورة بحتة، بل هي البعد بين نقطتـين متحركتين أو حادثين بينهما فترة زمانية بالإضافة إلى الفترة المكانية. ويشرح آينشتين هذا المفهوم فيقول:

«إذا وقـع حادثـان في المـكان نفسـه في لحظتين مختلفتين مـن وجهة نظر مشـاهد، فيمكن اعتبارهمـا قد وقعـا في مكانين مختلفين إذا نظر إليهما مشـاهد في حالـة حركية أخرى. ويمكن النظر إلى الأمر نظرة معاكسة؛ فإذا وقع حادثان في اللحظة نفسها، فيمكن اعتبارهما قد وقعا في لحظتين مختلفتين إذا نظر إليهما مشاهد آخر في حالة حركية أخرى».

نسبية التزامن/التآني Relativity of Simultaniety

التزامن/ التآني هو أن يقع حادثان في آن واحد. وقد نشـأ مفهوم نسـبية التزامن من مفهوم نسـبية الزمن تبعًا لمـكان الراصد وسرعته، مما يعـني أن حادثًا بعينه قد يكون ماضيًا لمشـاهد ومسـتقبلًا لمشـاهد آخر. فمثلًا، إذا وقع حدثان أحدهما في مدينة مشرقية والآخر في واشـنطن في وقت واحد بالنسـبة لساكني المدينتين، فإن رائد سـفينة فضاء تدور حول الأرض لن يرصد الحدثين باعتبارهما متزامنين، لكن سيعتبر أن أحدهما يسبق الآخر تبعًا لاتجاه حركة السفينة!

وتطرح أسـتاذتنا د. يمنى الخولي، أن نسـبية التزامن تعني اسـتحالة الحكم بشكل مطلق بأن حادثًـا قد وقع قبـل أو بعد حادث آخر، وبذلـك يضطرب مفهوم «العلية الكونية/ السـببية» المرتبطـة بخط الزمان المطلـق، والتي تتطلب علة سـابقة للمعلول اللاحـق[1]. وبذلك أصبح الذهـن البشري - مع النسـبية - يسـتطيع «**إدراك» نظم مختلفة للترتيب الزماني**، منها أن تسـير الأحداث كالشريط السينمائي الذي نديره بشكل عكسي، أي أن يصير قرص العجة بيضًا! وأن تظهر آثار الأقدام على الرمال ثم تتبعها خطوات السائرين، ومنها أن تتذبذب الأحداث جيئة وذهابًا بين الماضي والمستقبل، ومنها...

وقناعتي **(عمرو شريف)** أن اضطراب سهم الزمن وما يتبعه من **«اضطراب مفهوم السببية»** يكون خاصًّا برصد راكب سـفينة الفضاء المنطلقة بسرعة تقارب سرعة الضوء، وأنه هو الذي

(1) نناقش هذا المفهوم في مبحث آخر الفصل بعنوان «العامل المرجح خارج الزمان».

يمكن أن يرصد النتيجة قبل السبب! لكن الواقع لا يكون كذلك. فإذا عدنا إلى المثال السابق وتصورنا أن رئيسًا أمريكيًّا متهورًا قابعًا في واشنطن قد ضغط على الزرار الأحمر المسئول عن تفجير قنبلة ذرية فوق المدينة المشرقية، وتصورنا أن رائد الفضاء قد رصد أن انفجار القنبلة قد سبق حركة ضغط الزرار، فلا يعني ذلك أن هذا ما حدث بالفعل وأن السببية قد انهارت! لكنه يعني أن هذا هو ما يرصده رائد الفضاء، أما الواقع فيظل هو أن القنبلة لن تنفجر إلا «بعد» أن يضغط الرئيس الأمريكي الزرار. ودليلنا على ذلك هو الآليات التكنولوچية الدقيقة التي يتم بها الأمر، وأيضًا أن هذه علاقة مضطردة ولا تتخلف؛ لن يحدث الانفجار ما لم يضغط المتهور الزرار. من ثم، إن من يدعي أن النسبية تُسقِط السببية فعليه أن يبحث عن تفسير آخر غير اللجوء إلى نسبية التزامن؛ فهذا أمر غير حقيقي، لكنه ما يرصده راصد للحدث يتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء؛ لذلك ينبغي أن نفرق بين «لحظة الحدوث» و«لحظة الرصد».

أخيرًا نقول، إن الوجود في ظل النسبية الخاصة لم يعد كالوجود الذي نعهده، بالمَرَّة!

النظرية النسبية العامة

لعل الفرق الأهم بين النظرية النسبية الخاصة والعامة هو أن **النسبية الخاصة** تتناول الأجسام التي تتحرك بالنسبة لبعضها بسرعة ثابتة، أي سرعة منتظمة دون تسارع/ عجلة[1]. بينما تعالج **النسبية العامة** الأجسام التي تتحرك بالنسبة لبعضها **بسرعة متزايدة أو متناقصة**، أي تتحرك بعجلة. كذلك تهمل النسبية الخاصة تأثيرات الجاذبية، بينما تشتمل النسبية العامة على **تأثيرات الجاذبية** وتوصِّفها بهندسة لا إقليدية، وبالتالي تُفسر تأثيرات الجاذبية بانحناء الزمكان، بينما يقتصر تطبيق النسبية الخاصة على زمكان مسطح. ومن ثم **تُعتبر النسبية الخاصة حالة خاصة من النسبية العامة، حيث تتعامل مع الأجسام التي تتحرك بعجلة مقدارها صفر مع إسقاط تأثير الجاذبية**، لذلك فهي أسهل في دراستها كما خرجت بصورة أكمل كثيرًا من النسبية العامة.

(1) التسارع Acceleration = العجلة؛ هو مقدار التغير في السرعة.

ومثال ذلك؛ عندما تبدأ التحرك بسيارتك، فالبداية تكون بسرعة بطيئة ثم تزيد السرعة تدريجيًّا مع مرور الثواني.

أسس النسبية العامة

تقوم النظرية النسبية العامة على عدة مبادئ، أولها وأهمها ما صار يُعرف بـ **«مبدأ التكافؤ لآينشتين** Einstein Equivalence Principle».

ويقصد آينشتين بمبدأ التكافؤ، أن تأثيرات الجاذبية على الكتلة تكون مطابقة لتأثيرات التسارع/ العجلة عليها[1]، مما يعني أنه يمكن استبدال الحركة المتسارعة بمجال الجاذبية، وبذلك تظل العلاقة التالية صحيحة: **(كيان متسارع= كيانًا منتظم السرعة + مجال الجاذبية)**. وبالتالي يمكن تطبيق مفاهيم النسبية الخاصة (التي تشترط السرعة المنتظمة) على الأجسام المتسارعة إذا أخذنا الجاذبية في الاعتبار. فمثلًا، مثلما يحدث تباطؤ في الزمن وزيادة الكتلة مع السرعات المنتظمة العالية، فإنه يحدث في حالة التسارع. وهكذا أصبح الشغل الشاغل للنسبية العامة هو **«الجاذبية»**، كما أصبحت النسبية الخاصة حالة خاصة من النسبية العامة.

ومن خلال مبدأ التكافؤ تقوم النظرية النسبية العامة بتقديم **تفسير للجاذبية** من خلال العلاقة السابقة؛ المزج بين النسبية الخاصة (كيان منتظم السرعة) + قانون الجذب العام لنيوتن (مجال الجاذبية). وتعتبر النسبية العامة أن **الجاذبية «خاصية هندسية» للزمكان** (بدلًا من تفسيرها من خلال «قوى التجاذب» بين الأجسام كما تتبنى النيوتونية)، إذ تُرجع النسبية العامة الجاذبية إلى تحدب في الزمكان حول المادة والإشعاع، وذلك بمقدار يرتبط بشكل مباشر بكتلتها وزخمها وطاقتها. وقد صاغ آينشتين هذه العلاقات جميعًا في مجموعة من المعادلات المعقدة الدقيقة.

والمبدأ الثاني الذي تقوم عليه النظرية النسبية العامة هو **«هندسة ريمان»** التي تفترض أن الكون/ السطح متحدب، والتي هي أفضل تمثيل للجاذبية التي تهتم بها النسبية العامة، وذلك في مقابل «هندسة إقليدس» التي تفترض أن السطح مستو، والتي تأخذ بها الفيزياء الكلاسيكية وأيضًا النسبية الخاصة.

(1) لتقريب المعنى، يطرح آينشتين تجربة عقلية. فهو يقارن بين مصعدين؛ أحدهما يهبط لأسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية، وآخر في الفضاء البعيد عن أية جاذبية لكنه في نفس الوقت يتسارع لأسفل بفعل دفع نفاث. إن راكبي المصعدين سيشعران بنفس الشعور ولن يستطيعا تمييز القوتين، باعتبار أن كلًّا منهما يضغط على الجسم. كذلك فإن الزمن يتباطأ بالنسبة لكلا الراكبين.

والمبدأ الثالث، هو أن «**الفضاء غير منسجم ولا متشابه ولا متناسق**»، عكس ما تتبناه في فيزياء نيوتن انطلاقًا من مفهوم الاطراد. ومن ثم فإن الكون بأبعاده الأربعة (الزمكان) يتقعر حول الكتل السابحة فيه، وكلما زادت الكتلة زاد التقعر حولها[1].

هذه هي الأسس التي أقام عليها آينشتين نسبيته العامة فهل أمكن الاستدلال عليها أم ظلت طرحًا نظريًّا بغير دليل؟

أدلة على النسبية العامة

سنطرح هنا دليلين يؤكدان المبادئ التي طرحناها كمنطلقات للنسبية العامة، أحدهما دليل رياضي والآخر دليل تجريبي:

لقد استطاع القول بـ«**تحدب الفضاء**» أن يحل عدة مشكلات عجزت الفيزياء الكلاسيكية عن حلها، فأثبتت بذلك أن هندسة أقليدس ذات السطح المستوي لا تصلح تفسيرًا لظواهر الكون جميعها، ولعل أهم هذه المشكلات ما يعرف بـ «**الحضيض الشمسي لكوكب عطارد**».

والحضيض الشمسي هو أقرب نقطة في المدارات الإهليلجية للكواكب من الشمس، ويحدث تغير طفيف للغاية لحضيض كل كوكب مع كل دورة فلا يعود إلى نفس نقطة حضيض الدورة السابقة. وقد أمكن تفسير هذه التغيرات في ضوء الحسابات النيوتونية لكل الكواكب باستثناء كوكب عطارد. فحضيض عطارد حول الشمس يتغير بمقدار 574 ثالثة كل قرن (الثالثة = $^1/_{60}$ من الثانية التي تعادل $^1/_{60}$ من الدرجة) وقد استطاعت نظرية نيوتن تفسير تغير 531 ثالثة فقط وعجزت عن تفسير الـ 43 الباقية. وعندما قدمت النسبية مفهوم تحدب الزمكان حول كتلة الشمس الكبيرة تم حل المشكلة وأمكن تفسير الـ 574 ثالثة كاملة.

لقد كان هذا النجاح شاهدًا على صحة مبادئ النسبية العامة وانتصارًا للتصور اللاميكانيكي على التصور الميكانيكي في عقر داره؛ وهو الكون الكبير بكتله الضخمة.

أما **الدليل التجريبي**، فقد قدمته عملية **رصد كسوف الشمس الذي وقع في جنوب أفريقيا**

(1) سنتبين في فصل النسبية في كتاب رسل ستانارد أن العلم قد أثبت تحدب الزمكان حول الأجسام وكذلك تحدب الكون، لكنه ليس تحدبًا كاملًا كالبالون.

يـوم 29 مايو العام 1919، وكان ذلك حدثًا جللًا هز أركان المجتمع العلمي، قام به عالم الفلك البريطاني العظيم اللورد آرثر ستانلي إدنجتون[1].

فمن خلال تفسير جاذبية الشمس بتقعر الزمكان حولها، وكما تجذب الشمس الكتل المادية فإنها تجذب الضوء كذلك. لذلك عندما يصل ضوء أحد النجوم إلى الأرض، فإن النجم يبدو مائلًا قليلًا عن موضعه الحقيقي بالنسـبة للشـمس. وهذا أمر لا يمكن ملاحظتـه في الأحوال العادية التي يحجب فيها ضوء الشـمس القوي ضوء النجم الخافت، لكن يمكن ملاحظته وتصويره إذا اختفى ضوء الشـمس مثلما يحدث أثناء كسـوفها الكلي. وقد قام اللورد إدنجتون بتصوير هذا الحـدث ومقارنة هـذه الصور بصور أخرى للنجـم أثناء الليل، وقد أثبتت الحسـابات الدقيقة انجراف ضوء النجم تجاه الشمس تمامًا مثلما تنبأ آينشتين[2].

عندئذ، أدرك الجميع أنهم إزاء أثقب نظريات القرن العشرين و واحدة من أخطر المنجزات في تاريـخ العلـم بأسره، وتوقف المعارضون عـن اعتبار النظرية مؤامـرة يهودية خبيثة لتقويض دعائـم العلم الفيزيائي والنيل من مجـده!!! وحين انتصف القرن كانت مكتبة نيويورك المركزية تضم أكثر من خمسمائة كتاب عن النظرية النسبية، وهكذا صار اسم آينشتين رمزًا للعبقرية.

العامل المرجح خارج الزمان

بعد هذه الجولة مع د. يمنى الخولي في رحاب نظرية النسبية أحب أن أقف بعض الوقفات[3]:

أولًا: بَيَّنَا في ختام الفصل الثالث كيف أن احتمالية **الأحداث الكمومية** تحتاج إلى «**عامل مُرَجِّـح**» في العديد من خطواتهـا، كذلك رأينا أن الذي انهار مع الكوانتم هو حتمية قوانين الطبيعة وليس السـببية. ومن ثم فـإن ادعاء البعض أن احتمالية الكوانتم تلغي السـببية هو ادعاء سـاقط، ذلك أن قوانين الطبيعة - التي انهـارت حتميتها مع الكوانتم - لم تكن في يوم

(1) Sir A.S. Eddington: (1882 - 1944) الفلـكي والفيزيـائي والرياضياتي والفيلسـوف البريطاني الكبير، يُنسـب إلى اسمه الحد الأعلى لإضاءة النجوم The Eddington Limit.

(2) عندما أخبر لورد إدنجتون - وكان شديد الفرح - آينشتين بذلك، أجابه بهدوء: لقد كنت متأكدًا من ذلك.

(3) هذا المبحث بقلمي، ألخص فيه قناعاتي حول بعض القضايا الفلسفية المتعلقة بالفيزياء الحديثة.

من الأيام علة أو سببًا فاعلًا، لكنها تنبؤ بمسار ونتيجة أحداث يحركها محرك، بينما يكون «العامل المرجح» الذي تحتاج إليه عمليات الترجيح في الكوانتم هو سببية حقيقية، بل **أعلى درجات السببية**.

ثانيًا: إذا كان البعض يستشهد على تلاشي السببية بنسبية التزامن التي قد تسمح بانقلاب سهم الزمن (أي أن تعود العجَّةُ لتصبح بيضًا!) فقد انهارت هذه الحجة بعد أن أدركنا أن انقلاب سهم الزمن مرتبط بالرصد (الذي ينطلق بسرعة قريبة من سرعة الضوء) وليس بالحدث ذاته، وهو ما عنيناه بالتفرقة بين «لحظة الرصد» و«لحظة الحدوث». هكذا **يفشل التحجج بالنسبية على تلاشي السببية** مثلما فشل من قبل التحجج بالكوانتم.

ثالثًا: إذا نظرنا إلى مفهوم **نسبية التزامن/ التآني** المرتبط بالزمن والمكان داخل كوننا، فإن ربي الذي هو خارج الزمن والمكان لا بد ألا يخضع لسهم الزمن، ولا يكون غريبًا أن يدرك اختياراتنا التي نقوم بها بكامل إرادتنا الحرة من قبل أن نولد. كذلك فإن **التطور البيولوجي** الذي يبدو لنا متسلسلًا ببطء شديد هو بالنسبة لربي ظاهرة «متزامنة/ متآنية» ليس فيها حدث يسبق حدثًا أو يتلو حدثًا!!!

القارئ الكريم

لعل أفضل ما أختم به الفصل هو أن أكرر قولًا ذكرته فيه:

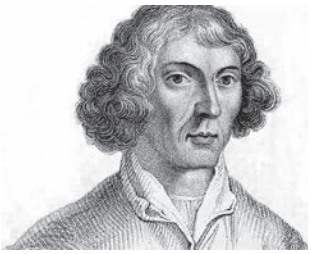
إذا كانت الأكوان المخلوقة يمكن أن تكون غير محكومة بسهم الزمن أحادي التوجه تبعًا لحالة الرصد، أيكون ربي خالق الأكوان وخالق الزمن وغير الخاضع لقوانينها محكومًا بالزمن؟!

الفصل الخامس

الرياضيات في رحاب الثورة

- مشكلة المُسَلَّمَة الخامسة
- ثورة الهندسة اللا إقليدية
- آينشتين ليس صرصورًا أعمي!
- ثورة الرياضيات التحليلية
- الرياضيات تحليلية والفيزياء تركيبية
- الوجود بين الواقع والرياضيات
- القارئ الكريم

تُعتَـبر **الرياضيـاتُ**[1] **بناءً عقليًّا بحتًا و إنشـاءً منطقيًّـا خالصًا**، لا يحتـاج إلى ذلك الوجود المُتَعِّين الخارجي الذي تهتم به العلوم التجريبية، لذلك فإن (1+1) سـتظل تسـاوي اثنين سواء كانت هناك سحابة بجوار سحابة في السماء، أو ألف من الجنيهات تضاف إليها ألف أخرى في البنك، أو لم يكن هناك شيء.



(**شكل** - 25)
كوبرنيكوس

والرياضيـات **علم مضطـرد التقدم**، يرتفع بناؤها الشـاهق دائمًا طابقًا فوق طابق. إنها **ليسـت كالعلـوم التجريبية التي** قد تخُرج بعضُ إنجازاتها البعضَ الآخر من السـاحة، مثلما أخرج نموذج مركزية الشـمس **لكوبرنيكوس**[2] (شـكل - 25) نموذج مركزية الأرض من علم الفلك، ومثلما أخرجت أبحاث لويس باسـتير المبـدأ الحيـوي Vitalism من علـم البيولوجيـا. كذلك **ليسـت الرياضيات كالفلسـفة** التي يسـتقل فيها كل فيلسوف حقيقي بكوخه المسـتقل عن بقية الأكواخ. لذلك لم يكن غريبًا أن ظل آينشـتين طوال حياته منبهرًا بنظرية فيثاغورس التي وضعها قبل خمسة وعشرين قرنًا.

إذا كانت هذه حال الرياضيات، فكيف بلغها المد الثوري؟!

لقـد **شـاركت الرياضيات في ثورة الفيزيـاء الحديثة** حين اتخذت النظرية النسـبية العامة

(1) لابـد لأي كاتب عربي يتناول تاريخ الرياضيات أن تكون له إشـارة إلى شـخصيتين تنتميـان إلى «الحضارة العربية الإسـلامية»، وكان لهما فضل كبير في تأسيس فروع الرياضيات ذات الدور الكبير في ثورة الرياضيات الحديثة، وهما:

محمد بن موسى الخوارزمي: (781 - 847) مؤسس علم الجبر.

نصير الدين الطوسي: (1201 - 1274) مؤسس علم حساب المثلثات.

(2) Nicolaus Copernicus: (1473 - 1543) الراهـب وعـالم الرياضيـات والفلـك والقانـوني والطبيب والدبلوماسي البولنـدي. يُعتبر يـوم صدور كتابه «حول دوران الأجرام السـماوية» هـو نهاية العصور الوسـطى وبداية العصر الحديث.

من هندسة ريمان (الأسطح المحدبة) هندسة تطبيقية بدلًا من هندسة إقليدس (الأسطح المستوية) التي انطلق منها نيوتن وأيضًا النسبية الخاصة، وذلك بعد أن أدرك آينشتين أن تطبيق الإقليدية على الكون مسألة قاصرة بل وتعسفية. عند ذلك لحقت ملكة العلوم «الرياضيات» بجلال قدرها بركب ثورة الفيزياء، وكأنها - بلغة النسبية - تنحدر في الزمكان المتقعر حول كتلة وطاقة الثورة وزخمها، فلنفسر الأمر:

قبل آينشتين، كانت هندسة إقليدس هي الأنموذج الأعظم لليقين[1]، ولأنها كانت الهندسة الوحيدة التي لا هندسة سواها - ولا حتى تصورًا - كانت بمنأى عن أي جدال؛ لذلك لم يكن غريبًا أن تُنتج النيوتونية كل تلك الحتمية واليقين وهي تُطَبِّق - بسلاسة وانسجام - الهندسة الأقليدية على الواقع الفيزيائي وعلى الكون.

ولكن، مثلما أثارت الفيزياء الكلاسيكية مشكلات أدت إلى الخروج من عالمها الميكانيكي إلى عالمي الكوانتم والنسبية؛ فقد آثار نسق الهندسة الأقليدية مشكلات أدت إلى الخروج منه إلى أنساق هندسية أخرى، وهي المشكلات الخاصة بالمسلمة الخامسة:

مشكلة المُسَلَّمة الخامسة

يقوم النسق الهندسي على **مقدمات أساسية**؛ هي **«تعريف» الحدود الهندسية** المستخدَمَة، ثم **«البديهيات»** و**«المسلمات»** التي يسلم بها الرياضياتي دون برهان ويكون كل منها مستقلًا عن غيره. من هذه المقدمات - وعن طريق الوسائل المنطقية وقواعد الاستدلال - يتم استنباط «النظرية الرياضية: المبرهَنَة Theorem».

ويرجع الفضل إلى المعلم الأول أرسطو (384 - 322 ق.م) في إرساء **«قوانين الفكر الأساسية»**[2]

(1) وصل تقديس الهندسة الإقليدية أن القديس توما الأكويني (1225 - 1274) عندما شغلته قضية: ما الذي يكون فوق إرادة الله؟، فإنه وضع إجابة تتضمن بضعة أشياء، منها أن الله لا يستطيع أن يجعل مجموع زوايا المثلث أقل من قائمتين. وكأن «الله قد خلق العالم بموجب الهندسة الإقليدية»؛ مثلما قالت إيڤان كرمازوف بطلة رائعة ديستوفسكي «الإخوة الأعداء».

(2) هذه القوانين هي: قانون الهوية؛ أي «أ» هي «أ».
وعدم التناقض. والثالث المرفوع؛ أي أن الشيء إما «أ» و إما لا «أ»، لاوسط بينهما، أي لا ثالث.

التي هي بمثابة المبادئ المشتركة لكل العلوم، ومايز بينها وبين **«المبادئ الخاصة لكل علم»** على حدة ومنها مبادئ الرياضيات[1]. وبهذا التحليل غير المسبوق أرسى أرسطو أسس التعاون بين الرياضيات والفلسفة، لكنه لم يستغل هذه القواعد في إقامة نسق رياضي[2].



(شكل - 26)
إقليدس السكندري

ثم جاء **إقليدس السكندري**[3] (شكل - 26)، المعاصر لأرسطو، ليقوم بتطبيق ذلك التحليل الأرسطي في إقامة نسقه الرياضي، أي أنه قام بالربط المنطقي بين القواعد التي وضعها أرسطو لاستنباط بعض المبرهنات/ النظريات الرياضية.

ففي كتابه **«الأصول»**، قام إقليدس بوضع مقدماته الرياضية الأساسية؛ فحدد «التعريفات»[4]، ثم «البديهيات»[5]، ثم خمس «مسلمات»[6]. ومن هذه المقدمات الأساسية أقام إقليدس البرهان على العديد من نظرياته التي كانت مناط الإكبار والإعجاب.

وكما ذكرنا، أتت المشكلات من **«المسلمة الخامسة»** وهي **«مسلمة الخطين المتوازيين»**؛ التي تنص على أن **«الخطين المتوازيين لا يلتقيان مهما امتدا»**. وقد شك الرياضيون في كونها

(1) المبادئ الخاصة بالرياضيات، هي: التعريفات - البديهيات - المسلمات.
والبديهيات هي قضايا واضحة بذاتها، صادقة عند كل من يفهمها، لا تحتاج لبرهان. المسلمات، قد لا تكون واضحة، لكننا نقبلها باعتبار أنها ستتضح فيما بعد، لذلك قد يقول لك محاورك؛ دعنا نسلم بهذا الأمر.

(2) النسق الرياضي هو البناء الرياضي، وهو «نسق استنباطي» متكامل الأجزاء، يتألف من مجموعة من المفاهيم ومجموعة من القضايا الرياضية مرتبطة مع بعضها تعرف بمقدمات النسق، ومجموعة من المبرهنات (النظريات الرياضية) التي يتم استنباطها من المقدمات والبرهنة عليها، لذلك عُرف بأنه «نسق استنباطي». وهو «نسق فرضي» لأنه يبدأ من فرضيات (بديهيات ومسلمات) سُلِّم بها، ويتوقف صدق النظرية على صدق الفرضيات.

(3) Euclid: رياضياتي وفيلسوف إغريقي، عاش في الإسكندرية في القرن الرابع قبل الميلاد، لذلك يعرف بإقليدس السكندري. يُعتبر كتابه «الأصول» هو الأشهر في تاريخ الرياضيات، وظل يُدرس حتى بداية القرن العشرين. وقد عرض في الكتاب مبادئ ما يعرف بالهندسة الإقليدية. إنه أبو الهندسة بحق.

(4) من هذه التعريفات: النقطة هي ما ليس له أجزاء وليس له حجم، والخط هو طول بغير عرض.

(5) من بديهيات إقليدس: الكل أكبر من جزئه، والمقداران المساويان لثالث متساويان.

(6) من المسلمات: يمكن رسم خط مستقيم بين أي نقطتين ويمكن مده إلى أي طول نشاء.

مسلمة واعتبروها مبرهنة/ نظرية ينبغي إثباتها، وقد فشلوا في ذلك باستخدام البراهين المباشرة[1].

لم يبق أمام الرياضيين لإثبات هذه المسلمة باعتبارها مبرهنة إلا **«برهان الخُلْف»**، الذي يعني إثبات صدق القضية عن طريق إثبات كذب نقيضها أو عكسها؛ معنى ذلك أن عليهم إثبات خطأ أن «الخطين المتوازيين يمكن أن يلتقيا»، فيُثبت ذلك صدق القضية بأنهما لا يلتقيان مهما امتدا.

ثورة الهندسة اللا إقليدية

لكي يثبتوا خطأ عكس المسلمة الخامسة، كان على الرياضيين أن يتحرروا من مسلمات إقليدس. ولما كانت هذه المسلمات مرتبطة بالسطح المستوي، كان عليهم طرح أنساق رياضية تنطلق من أن **السطح غير مستوٍ**، ومن هنا أدت المسلمة الخامسة إلى نشأة **الهندسات اللا إقليدية**.

ومنذ بدايات القرن الثامن عشر، قام الرياضيون بمحاولات مضنية لإثبات المسلمة الخامسة أو نفي عكسها. وفي النهاية تمخضت هذه الجهود عن تصورين لا إقليديين للعالم يزاحمان الطرح الإقليدي المستوي. ففي عام 1829 طرح الرياضياتي الروسي **لوباتشيفسكي**[2] عرضًا منهجيًّا متكاملًا يرفض مسلمة التوازي، وذلك بافتراض أن السطح ليس مستويًا بل «مقعرًا»[3]. ثم جاء الألماني ريمان[4] ليفترض أن السطح **«محدب»**[5]، ووضع نسق هندسة لا إقليدية لا توجد فيها أي خطوط متوازية على الإطلاق.

بذلك أدركنا أن الله عَزَّوَجَلَّ يمكن أن يخلق مثلثات زواياها أقل (السطح المقعر) أو أكثر

(1) من هؤلاء الرياضيين؛ الحسن بن الهيثم ونصير الدين الطوسي. وقد أسلم الفشلُ في إثبات المسلمة الخامسة بعضَ الرياضيين إلى الجنون!

(2) Nikolai Lobachevsky: (1792 - 1856). ويُطلق على هندسته مصطلح Hyperbolic Geometry.

(3) مثل قارب الصيد المقعر الذي تبدو ألواحه الخشبية متوازية لكنها تلتقي في مقدمة القارب ومؤخرته.

(4) Bernhard Riemann: (1826 - 1866) يعتبر من أكبر علماء الرياضيات في التاريخ. وقد قامت النظرية النسبية العامة على مفهوم الأسطح المحدبة التي صارت تُعرف بـ «أسطح ريمان».

(5) مثل نموذج الكرة الأرضية الذي تتلاقى خطوط طوله - التي تبدو متوازية - عند القطبين.

(السطح المحدب) من قائمتين، وأن ما افترضه إقليدس لم يكن أمرًا مفروضًا على الإله كما تصور توما الأكويني! ولكن، أي هذه الأنماط الرياضية الثلاثة (المستوي - المقعر - المحدب) يتماشى مع كوننا؟

آينشتين ليس صرصورًا أعمى!

ثم جاء آينشتين، واستخدم الهندسة الإقليدية في نسبيته الخاصة، وعندما أراد أن يُدخل فيها مفهوم الجاذبية (= النسبية العامة) ظهر له عجز هذه الهندسة عن تحقيق هذا الربط، عندئذ أدرك آينشتين أن هندسة ريمان هي الأقدر على تفسير بنية الكون وظواهره، إذ إن مفهوم الجاذبية ينعكس بسهولة في تحديب الأسطح، وبذلك وضع المسمار الأخير في نعش التصور الإقليدي الميكانيكي الكلاسيكي للكون.

وكان آينشتين يعتبر أن ذلك هو أعظم إنجازاته؛ فحين سأله ولده عن سبب شهرته الفائقة، أجابة: «أتعلم، عندما يزحف صرصور أعمى على سطح كرة فإنه لا يلاحظ أن الطريق الذي يسير فيه منحن، بينما أسعدني الحظ أن ألاحظ ذلك»!

ثورة الرياضيات التحليلية

لم تقف ثورُة الرياضيات التي شاركت بها ثورَة الفيزياء في القرن العشرين عند استبدال آينشتين الهندسة الإقليدية بهندسة ريمان. لكن كان لثورة الرياضيات - كما تخبرنا د. يمنى الخولي - مستوى آخر متعلق بطبيعة الرياضيات. إنها **«ثورة الرياضيات المنطقية»** التي تزعمها **رسل وهوايتهد**[1] في كتابهما الشهير «أصول الرياضيات».

تمثل هذه الثورة التي تَرُدُّ الرياضيات إلى المنطق، نموذجًا معرفيًّا جديدًا، يُعرف بـ **«التناول**

(1) كان المنهج السابق هو «رد المنطق إلى الرياضات»، ثم جاء الرياضيان والفيلسوفان البريطانيان الكبيران برتراند رسل (1872 - 1970) وألفريد هوايتهد (1861 - 1947) وتبنيا في كتابهما العظيم «Pricipa Mathematica» (1910 - 1913)المنهج العكسي، وهو «رد الرياضيات إلى المنطق»، وعبر رسل عن ذلك بقوله الشهير «إنهما لا يختلفان، إلا كما يختلف الصبي عن الرجل؛ فالمنطق هو صبا الرياضيات، والرياضيات هي رجولة المنطق».

التحليلي للرياضيات»، ويتبنى أن القضايا الرياضية - مثلها مثل المنطق - هي قضايا تحليلية خالية من أية إضافة. بمعنى أن الرياضيات بأسرها ليست إلا اشتقاق النتائج الضرورية التي تلزم عن مقدمات معينة، بذلك يكون المقدَّم هو ذاته التالي لكن في صورة أخرى، ولا إضافة البتة. لذلك **يستحيل أن تقبل النتائج التكذيب، بل هي صحيحة دائمًا**.

ولبيان ذلك نقول، إن الرياضيات تقوم على تقديم فرض يتم وضعه في طرف المعادلة الأيمن، فتخرج النتيجة متسقة مع ذلك الفرض. مثال ذلك؛ إذا أدخلنا مدخلاتنا في إطار الهندسة الإقليدية، تخرج معادلاتنا الرياضية بأن **مجموع زوايا المثلث** 180 درجة، أما إذا أدخلنا مدخلاتنا في إطار الهندسة اللا إقليدية فتكون زوايا المثلث أكثر (محدب) أو أقل (مقعر) من 180 درجة، وتكون المعادلات صحيحة في الحالات الثلاث.



(شكل - 27)
كورت جوديل

وإذا كنا قد قبلنا بالخاصية التحليلية للرياضيات، وأنها فارغة من المضمون الإخباري الذي يضيف إلى معارفنا، وأن يقينها هو يقين تحليلي يعرض المدخلات كنتائج في صورة أخرى، فليت الأمر وقف عند هذا الحد! فها هو **كورت جوديل**[1] (شكل - 27) يقدم **«نظرية اللااكتمال»** التي تقوم على مبرهنتيه اللتين نالتا حقًّا من اليقين الرياضي حيث أثبتتا **عدم اكتمال الأنساق/ البراهين الرياضية**. لقد برهن جوديل أن أي نسق يقوم على سلسلة الأعداد الطبيعية **لا يمكن أن يجتمع فيه الاكتمال والبرهنة**[2]؛ بمعنى؛ أنه إذا كان النسق مكتملاً فلن

(1) كورت جوديل Kurt Godel: (1906-1978) عالم الرياضيات والفيلسوف والمنطقي. تنقل بين الجنسيات التشيكية والنمساوية والألمانية وأخيرًا الأمريكية. وضع نظريتين شهيرتين في المنطق الرياضياتي تبينان الحدود التي لا تستطيع العمليات الرياضية تجاوزها، صارتا تعرفان بمبرهنات عدم الاكتمال لجوديل Godel's Incompleteness Theorems.

(2) تثبت مبرهنتا عدم الاكتمال لجوديل أننا «لا نستطيع أن نعرف كل شيء عن ظاهرة ما»، باعتبار أنه لا يمكن وصف العالم بشكل كامل عن طريق النظم التي تستخدم قواعد ذات رموز. إن ذلك يعني أن اللغات المنطوقة والمكتوبة والرياضيات والموسيقى والفيزياء والحاسوب وأي نظام رمزي آخر نستخدمه عادة لن يعطينا وصفًا مكتملًا للعالم، بل ستظل هناك تناقضات لا يمكن حلها أو تجاوزها، وستظل هناك مقولات لا يمكن إثباتها بالرغم من إدراكنا أنها صحيحة. ومن ثم فإن أي شكل من المعرفة لا يكون مكتملًا.

ويثبت جوديل ذلك بمثاله الشهير عن طريق الربط بين هاتين الجملتين: =

نستطيع البرهنة على جميع أجزائه، و إن أمكننا البرهنة على جميع أجزائه فلن يكون مكتملًا. وبصياغة أخرى؛ لا يمكن اثبات اتساق (= اكتمال + برهنة) النسق الصوري/ المنطقي/ الرياضياتي ببرهان من داخله، ولا يتم ذلك إلا بإثبات من خارجه.

الرياضيات تحليلية والفيزياء تركيبية

لقد أصبحنا الآن نعرف لماذا تم **قبول الهندسة الإقليدية** لتفسير الكون بالرغم من عجزها عن تقديم تفسير مقنع للكثير مما نرصده! ذلك أن المعادلات الرياضية التي وصفت بها الهندسة الإقليدية الكون كانت متسقة في ذاتها منطقيًّا ورياضيًّا. ولما كان **مناط الإسناد (إطار المدخلات)** في الرياضيات هو الفرض الرياضي أصبح كلًّا من الفيزياء الكلاسيكية «الحتمية» والفيزياء الحديثة «اللاحتمية» تستشهد بالرياضيات على دقتها.

ومن ثم، فإن أهم إضافة أضافها التناول التحليلي للرياضيات، هو أنه نبهنا إلى خطأ كبير نقع فيه إذا اقتصرنا على فهم وتفسير الفيزياء في إطار المعادلات الرياضية، وهو ما يعرف بـ**«ترييض الفيزياء»**[1]. فبينما تكون المعادلات الرياضية البحتة يقينية (كما ذكرنا)، تكون المعادلات الرياضية الفيزيائية احتمالية، خصوصًا في ظل عالم الكوانتم. لذلك لا ينبغي الاكتفاء في فهم الواقع الذي ننطلق منه في الفيزياء مما تثبته الرياضيات. إن التغاضي عن هذا الفرق الجوهري كثيرًا ما يوقعنا في مشكلات.

والآن بات الحل واضحًا: لقد أصبحنا ندرك أن **صدق القضايا الرياضية يعتمد على «العلاقات الداخلية»** بين حدودها وأطرافها، ومن ثم فهي دائمًا صادقة. أما صدق القضايا الفيزيائية فيعتمد على **«علاقتها بشيء خارجي»** مرتبط بالرصد والتجريب، أي أن مناط الإسناد فيها هو

= 1) الجملة التالية صحيحة 2) الجملة السابقة خطأ

إن هذا المثال ينطوي على تضاد:

فإن الجملة الأولى تلزمنا أن نقبل الجملة الثانية، والثانية تجعلنا نرفض الأولى، فإذا رفضناها سنعتبر أن الجملة الثانية خطأ، أي أن الأولى صواب!

و إذا كان جودبل قد أثبت أن هذا التضاد موجود في كل المنظومات التي تحكمها قواعد وقوانين رمزية، و إذا كان الإنسان يستخدم الرموز (اللغة) ليفكر في العالم، فإن فكرة جوديل ستنطبق أيضًا على أفكارنا.

(1) يتبنى هذا التوجه في بلادنا د. رشدي راشد الرياضياتي ومؤرخ وفيلسوف العلوم الكبير، ولد في مصر عام 1936.

«الواقع» وليس «الفرض الرياضي». وقد قدمت فيزياء الكوانتم العديد من الأمثلة على صحة هذه القاعدة. فالرياضيات (في إطار القانون الثاني للديناميكا الحرارية) تثبت استحالة انتقال الطاقة والجسيمات من التركيزات الأدنى إلى التركيزات الأعلى. لكن الرصد والتجريب أثبتا إمكانية ذلك! مما مكَّن العلماء من اكتشاف ظاهرة «التنفيق[1] Tunnelling» التي تعتمد عليها معظم تقنياتنا الإلكترونية والرقمية الحديثة، والتي لولاها لما امتلكنا حاسوباتنا ولا هواتفنا المحمولة. وبالعكس؛ طرحت الرياضيات الاحتمالية النظرية لوجود جسيم في مكانين في آن واحد، وهو ما لم يثبت رصديًّا ولا تجريبيًّا، بل ويتعارض مع البديهيات المنطقية.

إن هذا التمييز والاختلاف راجع إلى اختلاف (وربما تضاد!) موضوعات ومنهج العلمين؛ **فالرياضيات تحليلية والفيزياء تركيبية**. وموضوعات الفيزياء لا يمكن أن تتحدد ببديهيات ومسلمات، لأنها شيء من العالم الواقعي التجريبي، وليست من العالم المنطقي للرياضيات. ومهما درسنا السمات الرياضية للفيزياء، فستظل دومًا في حاجة إلى **إثبات صدق معادلاتها بالاحتكام إلى الواقع**. وهذه العلاقة تختلف بالمرة عن الاتساق الداخلي للرياضيات، لذا تظل الفيزياء رياضية بغير أن تستطيع الزعم بيقين الرياضيات؛ ولذلك تتبع الفيزياء الرياضيات التطبيقية وليس الرياضيات البحتة.

الوجود بين الواقع والرياضيات[2]

لقد أدى إدراكنا لهذا التمايز بين **المنطق الرياضي والمنطق الفيزيائي**، أي بين **الرياضيات البحتة والرياضيات التطبيقية**، إلى كشف اللبس الذي يقع فيه الكثيرون عند مناقشة بعض القضايا الوجودية في إطار الرياضيات، فالبعض يحتج باستنتاجات رياضية منطقية تطرحها المعادلات الرياضية لنفي أو إثبات مفاهيم وجودية، دون أن يدرك ما بَيَّناه الآن من احتياج الاتساق الرياضي الفيزيائي إلى الدعم الواقعي الخارجي. من هذه المواقف:

أ) فلنبدأ بمثال مباشر بسيط؛ تخبرنا الرياضيات أن **مجموع طاقات الكون تساوي صفرًا**،

(1) نناقش هذه الظاهرة بالتفصيل في الباب الثاني، الفصل الحادي عشر.

(2) هذا المبحث لعمرو شريف.

باعتبار أن قوى الكون الكهرومغناطيسية والنووية القوية والنووية الضعيفة تُمَثَّل بالموجب، بينما تُمَثَّل قوة الجاذبية بالسالب، وقد ثبت أن مجموع القوى الأربع هو بالفعل صفر. كذلك فإن **محصلة جمع الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة في الكون تساوي صفرًا**. إذًا، رياضيًّا، قوى الكون وشحناته الكهربائية تساوي صفرًا. وينطلق المثاليون من ذلك إلى القول بأن ليس للكون المادي وجود حقيقي! كما ينطلق الملاحدة من هذه النتيجة الرياضية إلى إعلان أن الكون في حقيقته عدم، ومن ثم لا يحتاج لإله خالق!!!

أي هراء هذا؟! كيف يتنكر عاقل - بناء على حسابات رياضية منقطعة عن الواقع - لوجود الكون الفيزيائي المبهر الذي نحيا فيه، والذي يموج بدلالات الدقة والإحكام؟!

وفي المقابل؛ فإنني أنطلق من الربط بين هذا الاستنتاج الرياضي وبين الوجود الفيزيائي الحقيقي المبهر إلى الإقرار باحتياج الكون إلى **خالق مطلق الذكاء والقدرة** قام بتشكيله من طاقات وشحنات كهربائية مقدارها صفر!

ب) تنبه الإمام أبو حامد الغزالي منذ قرابة الألف عام لما يمكن أن تسببه الرياضيات من لبس فيزيائي، لإثبات ذلك يطرح الإمام الغزالي هذه المحاجاة:

تصور أن معي عددًا لا نهائيًّا من الحصى، وأنني أردت أن أعطيك منه عددًا لا نهائيًّا. إن ذلك يمكن أن يتم بعدة طرق منها:

1- يمكنني أن أعطيك كل ما معي، عند ذلك لن يتبقى معي شيء.

2- يمكنني أن أعطيك الأرقام الزوجية من الحصى (2، 4، 6،...) وهو عدد لا نهائي، عند ذلك ستتبقى معي الأرقام الفردية (1، 3، 5،...) وهي عدد لا نهائي أيضًا.

3- يمكن أن أترك معي عددًا من الحصيات (ثلاث مثلًا) وأعطيك المتبقي، وهو عدد لا نهائي كذلك.

في الثلاث حالات السابقة، طرحنا عددًا لا نهائيًّا (ما أعطيته لك) من عدد لا نهائي (أصل الحصى الموجود معي) فكانت النتيجة أرقامًا مختلفة. من الناحية الرياضية، هذه المعادلات ونتائجها متسقة ولا غبار عليها. وفي نفس الوقت، يؤكد الرياضيون أنفسهم أنه إذا طرحنا عددًا ثابتًا (لا نهائيًّا في هذه الحالة) من عدد ثابت (لا نهائي) ينبغي أن تكون النتيجة واحدة في

جميع الحالات، أما عند الحصول على نتائج مختلفة لعملية رياضية واحدة، فيعتبرون أن الرقم الأصلي **رقم اعتباري، أي غير حقيقي**.

و إذا طبقنا هذا المثال على الزمن، وطرحنا سنوات لا نهائية من عمر الكون اللا نهائي (كما يفترض الملحدون) فسنحصل على إجابات متفاوتة، إن ذلك يعني أن اعتبارنا أن عمر الكون لا نهائي هو اعتبار غير حقيقي؛ لذلك ينبغي أن يكون للزمن بداية!

لقد أثبت الإمام الغزالي أن المالانهاية التي هي مفهوم رياضي هي رقم تخيلي ليس له وجود واقعي. ومن ثم، فإن ادعاء الملاحدة بأن الكون أزلي (قديم بلا بداية) بناء على حسابات رياضية تفتقر إلى إثبات الواقع هو دليل لا معنى له. وتبقى الفيزياء متمسكة بأن للكون بداية بناء على أدلة فيزيائية رصدية صلبة.

جـ) يتبنى البعض ما يُعرف **بنموذج هارتل - هوكنج لتفسير نشأة الكون**. ويعتمد هذا النموذج على مفهوم يطرحه هوكنج لأول مرة، وهو مفهوم «**الزمن التخيلي** Imaginary Time»، وهو تطبيق لمفهوم الرقم التخيلي.

فإذا بحثنا عن الجذر التربيعي لرقم مثل (-4) فلن نجد رقمًا حقيقيًّا (إذ إن 2-×2- = 4+). لذلك قام هوكنج بوضع رمز (x) ليشير إلى هذا الرقم الذي لا وجود له، ووضع x في معادلاته الخاصة بحساب الزمن، فنتج زمن تخيلي لا بداية له (أزلي)، مما يعني عدم حاجة الكون إلى موجد أول.

ويخبرنا سير هيربرت دِنجل[1] رئيس الجمعية الفلكية الملكية بإنجلترا، بأن مفهوم الأرقام التخيلية إذا كان صحيحًا من الناحية الرياضية، فلا اعتبار له من الناحية التطبيقية. وأستدل على هذا المعنى بمثال يعرفه كل التلاميذ الدارسين للرياضيات:

إذا كان عدد الرجال المطلوبين لوظيفة ما هو (X)، وكانت X في بعض المعادلات لها عدد من الاحتمالات: موجبة، سالبة، عددًا صحيحًا، كسرًا، عددًا تخيليًّا،عددًا مركبًا، صفرًا، لا نهاية، أو أي شكل آخر من الأشكال التي ولَّدتها عقول الرياضيين، فإننا بالتأكيد

(1) Sir Herbert Dingle: (1890-1978) الفيزيائي والفيلسوف الطبيعي البريطاني، رئيس الجمعية الفلكية البريطانية (1951 - 1953)، مشهور بتحفظاته على النظرية النسبية الخاصة.

سنعتبر X (عدد الموظفين المطلوبين) رقمًا صحيحًا موجبًا، ونرفض بقية الاحتمالات. إن الرياضيات لا تستطيع وحدها الاختيار بين البدائل في المثال السابق، وسنعتمد على المنطق والخبرة والرصد والتجربة.

ومن ثَمَّ، فإن **الزمن التخيلي** الذي نشأ عن وضع الأرقام التخيلية في معادلات هوكنج لا اعتبار له، وسينقلب إلى زمن حقيقي له بداية إذا استُبدل الرقم التخيلي برقم حقيقي، عندها ستظهر الحاجة إلى «المسبب الأول».

وفي مقابل الملاحدة الذين ينطلقون من حسابات رياضية بحتة لنفي الوجود الإلهي، نجد بعض المتحمسين لتقديم **الأدلة على الوجود الإلهي من خلال الصيغ الرياضية**، لعل أهمها **برهان جوديل الرياضي**. ومع تقديري لهذه المحاولات ولبرهان جوديل بصفة خاصة، ينبغي أن نتمسك بما تبنيناه في رفضنا لطرح الملاحدة، من أن اتزان المعادلات وثبوتها رياضيًّا لا يعني صحة القضايا الفيزيائية - ناهيك عن القضايا الوجودية - التي تستشهد عليها.

القارئ الكريم

ندرك مما سبق، أنه **لا ينبغي إسقاط ما تثبته الرياضيات على الواقع الذي ننطلق منه ونحتكم إليه في الفيزياء**. هكذا اهتز اليقين الرياضي مثلما اهتزت - قبله وبعده - مفاهيم كثيرة بعد ثورتي الكوانتم والنسبية.

إن محصلة هذه الفصول الخمسة السابقة هي أن نظرية المعرفة العلمية «**إبستمولوجيا العلم**» في القرن العشرين قد أصبحت مختلفة تمامًا عن نظرية المعرفة في العلم الكلاسيكي. لذلك سنختم هذا الباب بفصل نطرح فيه رؤية د. يمنى الخولي لملامح الإبستمولوجيا الجديدة التي تمثل خلفية عامة لمعدلات تقدم علمي سريعة غير مسبوقة.

الفصل السادس

نظرية المعرفة في القرن العشرين

1) من الفردانية الحتمية إلى الاحتمالية الإحصائية.
2) تقويض مبدأ الحتمية الميكانيكية.
3) العامل المرجح: إن الإله لا يلعب النرد.
4) الاحتمالية تنتج حتمية!!!
5) نحن نشكل الوجود.
6) كل شيء -عدا الله- نسبي.
7) الكوانتم ونسبية التآني لا تلغيان السببية.
8) الفيزياء ليست عمليات رياضية.
9) علم الشواش وعدم القابلية للتنبؤ.
10) انهيار وهم «الصدفوية».
11) المنهج «فرضي- استقرائي- استنباطي».
12) سيظل الوجود مطلسمًا.

القارئ الكريم

رأينا في الفصول السابقة كيف كان الثلث الأول من القرن العشرين حقبة فريدة في توهجها، وتُعَدُّ من أخصب وأروع الحقب في تاريخ العلم وفي ملحمة العقل البشري بأسرها، ذلك أن منجزات هذه الفترة لم تكن مجرد إضافات تتراكم فوق ما سبق، بل كانت تقويضًا لدعائم ارتكز عليها العلم لثلاثة قرون أو يزيد، وكانت شَقًّا لطريق منهجي جديد، فحق اعتبار ثورتي الكوانتم والنسبية من أعظم الثورات التي أنجزها الإنسان، فبعدها لم يعد العلم الحديث حديثًا، بل أصبح يُنعت بمصطلح «العلم الكلاسيكي»، وصارت الحداثة الحقيقية والفيزياء الحديثة هي فيزياء الكوانتم والنسبية ثم فيزياء الجسيمات ونواتجها التي تلت.

ولا شك أن «**نظرية المعرفة**[1]-**الإبستمولوچيا**» هي أكثر مباحث الفلسفة ارتباطًا بالعلم، كما أنها من أخصب مباحثها عطاءً في مجال الأسئلة الوجودية التي تُطرح كثيرًا في الحوارات بين المتدينين والملاحدة هذه الأيام.

وإذا أردنا أن نبلور ما صاحب ثورة الفيزياء الحديثة من ثورة إبستمولوجية - تَعَرَّضنا في الفصول السابقة للكثير من ملامحها - فإن أفضل طريقة لتحقيق ذلك هي أن **نقارن بين نظرية المعرفة في الفيزياء الكلاسيكية وبينها في الفيزياء الحديثة**. وترينا هذه المقارنة:

(1) نظرية المعرفة العلمية (إبستمولوچيا Epistemology)؛ هي فرع من فروع الفلسفة، وتعني البحث في:

أ) إمكان المعرفة: تتضمن النظر في إمكان معرفة الوجود أو العجز عن معرفته، وفيما إذا كان في وسع الإنسان -عن طريق العلوم المختلفة- أن يدرك الحقائق اليقينية وأن يطمئن إلى صدق إدراكه وصحة معلوماته أم أن قدرته على معرفة الأشياء هي مثار للشك وعدم اليقين.

ب) طبيعة المعرفة: تحاول الإجابة عن الأسئلة: ما هي المعرفة؟ كيف يمكن امتلاك المعرفة؟ ما هو مدى المعرفة بموضوع ما؟ ما مدى ارتباط المعرفة بمفاهيم الحقيقة والإيمان والتبرير؟

جـ) مصادر المعرفة: تتضمن النظر في منابع المعرفة وأدواتها ومناهج البحث فيها، ومدى مقدرة هذه المناهج على ضمان سلامة التحصيل المعرفي.

1) من الفردانية الحتمية إلى الاحتمالية الإحصائية

نتيجة للنجاحات التكنولوچية التطبيقية الهائلة، سادت الكلاسيكيين أوهام علمية متطرفة! فاعتبروا أن قوانين نيوتن (وأقرانه من فرسان الفيزياء الكلاسيكية) ذات عمومية مطلقة، وأنها تمثل اكتشافًا لحقيقة هذا الكون.

وبعد قرابة الثلاثة قرون فَتَّت من عضُد هذا التطرف أزمة الفيزياء الكلاسيكية، التي ناقشناها في الفصل الثاني من هذا الباب. وبسبب هذه الأزمة، تلقت نظرية المعرفة الكلاسيكية ضربات متتالية قاصمة؛ حررت الكثير من فروع الفيزياء من الفردانية الحتمية، واستعاضت عنها **بالاحتمالية الإحصائية** منهجًا حل الكثير من مشكلات الفيزياء الكلاسيكية ومهد الطريق ورصفه لفيزياء الكوانتم، التي صرنا نعيش في ظل عطاءاتها الجبارة ابتداءً من غزو الفضاء وقهر الأمراض الخبيثة وانتهاءً بأدوات التسلية والترفيه.

2) تقويض مبدأ الحتمية الميكانيكية

إذا كانت ميكانيكا نيوتن يمثلها **«مبدأ الحتمية الميكانيكية»**، فإن **فيزياء الكوانتم** تُسقط هذا المبدأ من حياة الجسيمات الدقيقة، وترفع بدلًا منه **«مبدأ اللاحتمية»**. أما **«النسبية»**؛ فإن كانت في حد ذاتها لا تنفي الحتمية ولا تؤكدها، فقد تكفلت بتقويض التصور الميكانيكي في عقر داره؛ الكون الشاسع.

3) العامل المرجح: إن الإله لا يلعب النرد

في العقود الأول، قوبل انهيار الحتمية الكونية بالتوجس والارتياب، وتصور البعض أن اللاحتمية هي قرينة الجهل والظلام واللاعلمية، وأن الاحتمالية تجعل الفوضى تعم عالم **العلم**، وكان آينشتين نفسه من غير المحبذين للاحتمية، فقال مقولته الشهيرة؛ **إن الإله لا يلعب النرد**. ومع ذلك ظل آينشتين (وبقية علماء فريقه) يمارسون أبحاثهم بقوانين اللاحتمية، وكان يدهشهم دقة هذه القوانين.

لقد تطلبت النتائج الدقيقة والتطبيقات الذكية للاحتمالية الإقرار يوجد **«عامل مرجح»** بين البدائل المتاحة في العمليات الكمومية. وسواء كان هذا العامل المرجح هو فيزياء غائية

أعلى تتسلسل صعودًا وصولًا إلى مصدرٍ مرجح أول، أو كان خاصية ذاتية تتمتع بها الجسيمات وتجعلنا نبحث عن مصدر لهذه الخاصية، أو كان العامل المرجح المباشر هو موجد الكون مطلق العلم والحكمة والمعرفة، سواء كان هذا أو ذلك أو ذاك، فقد أصبح على العلم الإقرار بعامل مرجح فائق العلم والذكاء والقدرة يوجه كل حدث كمومي لكل جسيم تحت ذري وكل موجة في كل لحظة في كل ركن من أركان الكون.

وأحسب أن المتدينين لا يكونون متجاوزين عندما يعتبرون أن العامل المرجح الذي يتسم بهذه السمات لا يكون إلا **الإله الخالق القيوم**[1].

4) الاحتمالية تنتج حتمية!!!

لقد علمتنا الكوانتم أن التنبؤات الناجحة لا تعني حتمية خفية، وأن الارتباط اللزومي بين حدث وآخر لا يعني أن ذلك الحدث وكل الأحداث محتومة سلفًا، لقد وضعنا هذا الرفض للحتمية في مأزق:

إذا كانت اللاحتمية هي سمة عالم الجسيمات الدقيقة، فإن اجتماع هذه الجسيمات يشكل أجسامًا كبيرة تنطبق عليها حتمية قوانين نيوتن!! كيف يسلمنا اجتماع الاحتمالات في العالم الدقيق إلى يقين العالم الكبير؟!

ومما يزيد اللغز إلغازًا، أن انطباق القوانين الفيزيائية الحتمية على الأجسام الكبيرة قد يتطلب على مستوى عالم الجسيمات أن تخرج احتمالات أدنى إلى النور على حساب احتمالات أكبر!! كيف يتم ذلك؟!

طرقت أبواب **فيزيائي الكوانتم** متأبطًا هذا اللغز، فلم أجدهم يبالون له، فهم يكتفون بتطبيق القوانين الحتمية في العالم الكبير والقوانين اللاحتمية في العالم الدقيق.

دلفت إلى أبواب **فلاسفة العلم** المهتمين بالكوانتم، فردوني بعبارات لا تروي الظمأ؛ فقالت لي أستاذتي د. يمنى الخولي -مثلًا-: «لقد أصبح التنبؤ العلمي هو أفضل الترجيحات لما سوف

(1) احتياج العمليات الكمومية إلى عامل مرجح هو من طرح أستاذ الفيزياء الكونية العراقي الكبير د. محمد باسل الطائي. وقد تبنينا هذا الطرح بعد أن أدركنا وجاهته.

يحدث، وليس كشفًا لليقين المحتوم»... إن هذه المقولة لا تفسر شيئًا لممارسي العلم الكِّبري الذين يتعاملون مع حتميته في كل لحظة!

مرة أخرى وجدت نفسي في ساحة **«العامل المرجح» الذي يرجح بعض الاحتمالات الكمومية ليخرج منها منظومة تخضع لحتميات العالم الكِّبري**. هل لديك - قارئي الكريم - تفسير آخر؟

5) نحن نشكل الوجود

في عالم النسبية، تدخل **«الذات» العارفة الراصدة** (من خلال موقعها وسرعتها عند الرصد) كمتغير في معادلة الطبيعة، بذلك انهارت «موضوعية» نيوتن المتوهمة.

وكما تقول د. يمنى الخولي؛ لقد استبانت **تفاهة الواحدية المادية** التي صدعونا بها، والتي تفرز الحتميات الميكانيكية، وتنظر إلى الوجود باعتباره كتلًا من الحجارة تصطدم بها القدم حين تتعثر في الطريق. لقد **تحولت المادة إلى كيان أكثر شفافية من أي كيان تحدث عنه الروحانيون**؛ لقد أدركنا أن المادة هي بمثابة «إشعاع» نشارك نحن -باعتبارنا راصدين- في تحديد صفاته.

6) كل شيء - عدا الله - نسبي

بخلاف عالمنا المُسَطَّح الواحد والوحيد الذي ترصده «حواسنا» وتدعمه «نظرية نيوتن»، جاءت النظرية النسبية لتوقظنا من خَدَر اليقين اللذيذ، وتُعلمنا أن «لا شيء مطلق في عالم الإنسان»؛ بل هناك إطار زماني - مكاني رباعي الأبعاد لملاحظي الأرض، وآخر لملاحظي الأفلاك السماوية، وثالث لملاحظي السُّدُم، وتختلف في هذه العوامل الكتلة والقياسات المكانية والزمانية. لقد أحدثت النسبية **تغييرًا جذريًا في أفكارنا حول المكان والزمان وأيضًا الجاذبية**، فكانت بحق ثورة في نظرية تصور الكون.

ولا شك أن تعدد الأُطُر الزمانية والمكانية رباعية الأبعاد تبعًا للراصد يغري المتدينين بالأخذ بها كتأويل مقبول لـ **«السماوات السبع والأراضين السبع»** التي يتحدث عنها القرآن الكريم، وأنا أشاركهم قبول هذا التأويل المُحتَمَل.

7) الكوانتم ونسبية التآني لا تلغيان السببية

رأينا كيف أن **فيزياء الكوانتم** تتطلب «عاملًا مرجحًا» يمثل أعلى مستويات السببية.

وفي ظل **النسبية**، ينظر الكثيرون من فلاسفة العلم إلى مفهوم «نسبية التآني/ التزامن» باعتبار أنه يعني استحالة الجزم بأن حدثًا وقع قبل أو بعد الآخر، كما يعني أن يكون سهم الزمن قابلًا للارتداد. وفي ضوء هذا الفهم، يعتبر هؤلاء أن النسبية قد أسقطت الاطراد والتسلسل الزماني المتعاقب الذي يجعل الحادث السابق سببًا واللاحق نتيجة.

إن هذا الاستنتاج يدهشنا! ولا نراه تدقيقًا فائقًا للفلاسفة كما يظن البعض، بل **نراه استنتاجًا في غير محله**. ذلك أنَّ نسبية التآني/ التزامن تتعلق برصد الراصد -الذي يتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء- للتسلسل الزمني لحدثين يقعان في مكانين مختلفين، لذلك من الخطأ القفز إلى استنتاج أن الرصد يعكس حقيقة العلاقة بين حدثين؛ أحدهما عِلَّة والآخر معلول، وقد لخصنا ذلك **بالتفرقة بين «لحظة الحدوث» و«لحظة الرصد»**. لذلك لن نقبل أن العِّجَة يمكن أن تعود بيضًا إلا إذا أثبتوا ذلك فيزيائيًّا.

ولا يقف الأمر عند ذلك فحسب، بل لقد توصل العلم إلى العديد من الآليات السببية -التي لا يمكن عكسها- للكثير من الظواهر، لذلك يصبح على منكري العلية/ السببية تفسير كيف يمكن لانطلاق صاروخ -مثلًا- أن ينشط الآليات التي تجعل إصبع الطيار المقاتل يضغط على زرار الإطلاق.

8) الفيزياء ليست عمليات رياضية

يظن الكثيرون أن استنتاج أمرٍ ما أو إثباته رياضيًّا هو أعلى مستويات الاستدلال. وعندما صاحبت **ثورةُ الرياضيات التحليلية** ثورةَ الفيزياء الحديثة، نبهتنا إلى أن الرياضيات بأسرها ليست إلا اشتقاق النتائج الضرورية التي تلزم عن مقدمات معينة، بذلك يكون المقدم هو ذاته التالي في صورة أخرى، ولا إضافة البتة، وأدركنا أن الرياضيات محض أداة عقلية وقوالب خاوية نحن الذين نملأها بالمضمون، لذلك يستحيل أن تقبل النتائج التكذيب، بل تكون صحيحة دائمًا.

بذلك أصبحنا ندرك أن **صدق القضايا الرياضية يعتمد على «العلاقات الداخلية»** بين حدودها وأطرافها، أما **صدق القضايا الفيزيائية فيعتمد على «علاقتها بشيء خارجي»** مرتبط بالرصد والتجريب، وهذا هو الفرق بين الرياضيات البحتة والرياضيات التطبيقية.

لذلك تظل نظريات فيزيائية مبهرة تم التوصل لها رياضيًّا **في انتظار الإثبات العملي**، وقد حدث ذلك مع نسبية آينشتين التي قطعت شوطًا طويلًا في طريق الإثبات، ومع نظرية الأوتار المبهرة تفسيريًا لكنها ما زالت تنتظر البرهنة!

9) علم الشواش وعدم القابلية للتنبؤ

كان لابلاس (صاحب الحتمية المطلقة[1]) يتبنى مفهوم «العقل الفائق = عفريت لابلاس» القادر على التنبؤ بحالة الكون في أية لحظة إذا ما أُعطي التفاصيل الكاملة لحالته الراهنة، وكنا نعرف **«الاستحالة العملية»** لذلك مهما توافرت لنا الحاسوبات الهائلة، وذلك لكثرة ودقة هذه التفاصيل. ثم أثبتت فيزياء الكوانتم أننا نتعامل أيضًا مع **«استحالة حقيقية»**، باعتبار أنه من المستحيل أن نعين موضع وزخم كل جسيم في فقاعة من الهواء -مثلًا- دع عنك الكون بأسره.

هكذا استقر عنصر **«عدم القابلية للتنبؤ»** في بعض النظم الفيزيائية المعقدة، وهي ما يُسمى بـ **«النسق الكايوسي**[2] Chaotic System».

وهكذا نشأ في الربع الأخير من القرن العشرين **«علم الشواش»** وأصبح مثار اهتمام شديد للفيزيائيين والرياضيين والمناطقة، وهو بحث في كيفية دراسة الآثار المتراتبة بعيدة المدى لتغير أولي يبدو بسيطًا لكنه يتراكم ويتضخم بفعل العلاقات المتبادلة بين كثرة لا تحصى من العوامل والمكونات في النظم المركبة ذات العلاقات غير الخطية. والمثال الشهير لذلك هو **«تأثير الفراشة»** التي ترفرف بجناحيها في اليابان فتؤثر على هبوب عاصفة في الغرب الأمريكي، بسبب تراكم وتضخم آثار هذه الرفرفة في نظام الطقس بمكوناته العديدة.

---

(1) عندما توصل نيوتن لقوانينه التي فرضت الحتمية الميكانيكية، احتفظ بدور للإله فيها، تمَثل في وضع القوانين وتفعيلها وأيضًا التدخل من حين لآخر لتعديل مسار الطبيعة، لذلك تُعرف هذه الحتمية بـ «حتمية نيوتن». أما لابلاس فقد ألغى تمامًا دور الإله، لذلك أصبحت «حتمية لابلاس» حتمية مطلقة.

(2) الكايوس chaos في أصله اللغوي كلمة إغريقية تعني الفوضى والعماء.

10) انهيار وهم «الصدفوية»

في ضوء مفهوم **«عدم القابلية للتنبؤ»** في العالم الكِّبري، والذي يُرجع عجزنا عن التنبؤ بالحدث إلى عدم توافر كل المعلومات عن مقدماته، لم يعد هناك مكان للقول بأن حدثًا ما قد وقع بالصدفة، بمعنى رفض أن يكون أي حدث هو فوضوي تلقائي. وبالمثل، أسقط **«العامل المرجح»** في فيزياء الكوانتم القول بالصدفوية في العالم الدقيق.

لقد نبهنا انهيار الصدفوية إلى ما يقع فيه الكثيرون حين اعتبروا أن القول بـ **«العشوائية** Randomness» يعني «الصدفوية Chance»، وصار عليهم أن ينتبهوا إلى المعنى الحقيقي للعشوائية؛ وهو **«العجز عن التنبوء» لعدم القدرة على الإحاطة بالمقدمات.**

11) المنهج « فرضي -استقرائي -استنباطي »

من أهم القضايا التي شغلت العقل الإنساني طوال قرون؛ هي المقابلة بين «العلم والفلسفة»، أو قل بين «التجريب والمنطق»، أو قل بين «الاستقراء والاستنباط»، فإذا بالفيزياء الحديثة تقوم على كلا التجريب والمنطق.

وقد نبهنا ذلك إلى أن المنهج العلمي لا يقوم على الملاحظة والتجريب «الاستقراء» وحدهما فحسب، لكنه يقوم أيضًا على عمليات عقلية صرفة، بعضها **«حدسي/ لاواعي»** مثل طرح بعض الفروض التي يتم إخضاعها للتجريب، وبعضها **«منطقي»** مثل تحليل نتائج التجربة. وبذلك لم يعد مصطلح **«الاستقراء»** يعبر بدقة عن المنهج العلمي، بل أصبح الوصف الحقيقي له، أنه منهج «فرضي- استقرائي- استنباطي»[1].

12) سيظل الوجودُ مطلسمًا

في ظل الاحتمالات العديدة التي تطرحها اللاحتمية وفي ظل نسبية ما نرصد مع غياب المطلق، وفي ظل قصور قدرات الإنسان العقلية ومحدودية إمكانياته البحثية، راجع العلم

(1) هذا هو وصفي للمنهج العلمي، أما أستاذتنا د. يمنى الخولي -باعتبارها فيلسوفة كبيرة تريد رد الاعتبار للعقل بعد أن هز الاستقراء من منزلته- فتفضل وصفه بالمنهج «الفرضي الاستنباطي» فحسب.

مهمته الرئيسية. فبعد أن كان العلم يحلم بالتوصل إلى **حقيقة الوجود**، أصبح منشغلًا بالقوانين الإحصائية، ورَكَّز همه في التوصل إلى الارتباطات والعلاقات والتأثيرات والتفسيرات، من أجل أن **يتعامل مع الوجود بشكل أفضل** يكفل له تحقيق قفزات حضارية، وبذلك غض العلم الطرف عن البحث عن الحقيقة وإدراكها.

هكذا نجد ثورة الفيزياء الحديثة -التي تعززت بتطور الرياضيات- قد أقامت العلوم الطبيعية الاختبارية على أسس ومنطلقات مختلفة، فقلبت رأسًا على عقب عناصر أساسية في نظرية المعرفة (الإبستمولوچيا) التي نفهم الوجود من خلالها، ولعل أهم تلك العناصر الآفلة: الحتمية والميكانيكية وثبوت ويقين قوانين الطبيعة، والموضوعية المطلقة وكتل المادة المتحركة في مكان مستوٍ من مطلق الماضي إلى مطلق المستقبل، وأن الرياضيات تعكس الحقيقة، ...

إن أحدًا في المجتمع العلمي لم يكن يجرؤ على رفض هذه المبادئ فضلًا من قلبها، بحيث أصبح لدينا الآن حدٌّ فاصل بين إبستمولوچيا العلم الكلاسيكي وإبستمولوچيا العلم في القرن العشرين. ولعل هذا الخط الفاصل هو أن **«اليقين قد تبخر»**، حتى شاع القول الدارج؛ «إن العلماء ليسوا على يقين من أي شيء، ويكفي أن العوام على يقين من كل شيء». ولعل هذا القول يُسعد أرسطو في قبره! إذ يتماشى مع مقولته: **«الجاهل يؤكد، والعاقل يتروى، والعالِم يشك»**.

القارئ الكريم

يمكن تلخيص ما أدت إليه ثورة الفيزياء الحديثة من **ثورة معرفية منهجية** في ملحظ نابه للدكتورة يمنى الخولي صاغته بقولها:

«حتى مشارف القرن العشرين، نجد علماء أمثال دالتون ورذرفورد ومنديليف يتصورون أن العالِم عالِم بقدر ما لا ينشغل البته بأية تساؤلات فلسفية، ثم جاءت ثورة الفيزياء الكبرى لتطيح بالأسس التي كانت ثابتة، وتطرح منظورات جديدة لا تستغني عن المعالجات الفلسفية، وتجعل الإبستمولوچيا سؤالًا مُلِّحًا. لذلك شهد القرن العشرين مجددًا فئة متميزة هي فئة **«العالِم - الفيلسوف»**، مثل ألبرت آينشتين وإرنست ماخ وهنري بوانكارية وڤيرنز هيزنبرج وآرثر إدنجتون وموريتس شليك وجيمس چينز وآرثر هولي كومبتون...».

ولا نملك في ختاب الباب إلا أن نوجه جزيل الشكر لأستاذتنا د. يمنى الخولي أستاذة فلسفة العلم على ما حصلناه من صحبتنا لها في هذا الباب من معارف فلسفة العلم الممتعة.

وأحسب أنه قد آن الأوان لأن ننتقل إلى الباب الثاني من الكتاب، لنبلل أقدامنا في بحار العلم، لندرك كيف يفكر العلماء مثلما أدركنا كيف يفكر الفلاسفة، ولننتقل من «متعة الفلسفة» إلى «متعة العلم»، أو قل: لنحصل بعضًا من استمتاع **«العالم - الفيلسوف»**.

الباب الثاني

ألف... باء... الكوانتم والنسبية وبنية الذرة

طرحنا في الباب الأول المشـكلات العلمية التي واجهت البحث في «**طبيعة شعاع الضوء**»، فأدت إلى **ميلاد فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات**، كما عرضنا الثورة الفلسفية التي فجرتها هذه الثورة العلمية، وها قد آن الأوان لأن نقف مع **الجانب العلمي لهذه الثورات الثلاث**، وهذا ما سنتناوله في هذا الباب.

□□□

لعـل الدرس الأهم الـذي خرجت به من دراسـتي الأخيرة للفيزياء الحديثـة هو تصويب القناعة السائدة بيننا؛ بأن «**مهمة العلم هي أن يطلعنا على حقيقة الوجود!**»، لقد انتبهت إلى أن إدراك حقيقة الوجود هو مقصد بعيد المنال تمامًا، لذلك فإن مهمة العلم الحقيقية هي «**أن ندرك الوجود بقدر إمكاناتنا، مما يُمَكننا من التعامل معه وتطوير حضارتنا الإنسانية فيه**».

ومـن أجـل أن أنقل هذا الفهـم إليك - قارئي الكريـم - بنيت هذا الباب **عـلى ثلاثة محاور رئيسية:**

المحور الأول؛ طرح مفاهيم نظريتي **الكوانتم والنسـبية**، بأسلوب سلس متجانس، يُمَكِّن القارئ المهتم بالقضايا العلمية والفلسفية من فهمهما.

المحور الثاني؛ الاستفادة من اكتشافات فيزياء الطاقة العالية (أبحاث مسرعات الجسيمات تحت الذرية = فيزياء الجسيمات) في بناء تصور عن **البنى الأساسية للمادة**، أي عن الشق المادي من الوجود، بقدر ما تسمح به قدراتنا العقلية وإمكاناتنا البحثية.

المحـور الثالث؛ تحديد **القضايا العلمية الملغِزة** التي تمثل ألغازًا تواجه العلم قد لا يسـتطيع الإجابة عنها[1].

(1) ستجد هذه القضايا محددة داخل مستطيلات في فصول الباب.

وفي ضوء هذه المحاور، يطرح فريق من الفيزيائيين سؤالًا حرجًا:

هل حقًّا لن يستطيع العلم الوصول إلى حقيقة الوجود، ولماذا سيصل العلم إلى حد أقصى من الاكتشافات، لن يتجاوزه؟

يجيب هؤلاء الفيزيائيون عن هذا التساؤل بأن الاكتشافات العلمية المهمة سوف تنتهي في مرحلة قادمة من مسار الحضارة الإنسانية.

ولكن، هل يرجع ذلك إلى أننا سنكون قد اكتشفنا كل شيء، أي أن نكون قد فهمنا حقيقة العالم وحقيقة أنفسنا؟ بالطبع لا...

لكن السبب هو أننا سنكون قد وصلنا إلى مرحلة عرفنا فيها كل **المتاح لنا فهمه**. إن الأمرين مختلفان، **فالمتاح لنا فهمه أقل كثيرًا من الحقيقة الكاملة**، وستظل هناك أسئلة لن نستطيع التوصل إلى أجوبتها مطلقًا. ويُرجع هذا الفريق من الفيزيائيين ذلك إلى ثلاثة أسباب:

أولًا: قيود على قدرات أمخاخنا

يتبنى هؤلاء الفيزيائيون أن أمخاخنا قد نشأت بالتطور البيولوچي عن طريق منظومة «الانتخاب الطبيعي من بين طفرات چينية»، ومن ثم يعتبرون أن أمخاخنا قد تشكلت من خلال عملية تطور تُحقِّق لأسلافنا الغايات الحياتية التي تعينهم على البقاء؛ كتدبير الطعام والسكن والجنس والتكاثر والصراع ضد الأعداء والمفترسات، وبالتالي أصبحت أمخاخ أسلافنا ثم أمخاخنا مبرمجة لتحقيق هذه **الاحتياجات الحياتية الضرورية للبقاء**، لذلك فهي عاجزة عن القيام بالمهام العقلية لأشد تعقيدًا.

ونحن نخالف هؤلاء، إذ نتبنى أن عقولنا هي منحة إلهية، جعلت الإنسان قادرًا على تحقيق الاكتشافات العلمية غير ذات الصلة المباشرة بتدبير احتياجات البقاء؛ كالتوصل إلى أن الكون بدأ بانفجار عظيم، ومعرفة أن المادة تتكون من إلكترونات وكواركات، وأننا عندما نتزوج فإننا نمرر شفراتنا الوراثية (الدنا DNA) إلى ذريتنا، وجعلتنا قادرين أيضًا على تأسيس فروع الرياضيات البحتة والتأليف الموسيقي والإبداع الشعري، وكل ما مَكَّن الإنسان من بناء حضارته[1].

(1) يُعرف تمتعنا بقدرات مخية فوق احتياجاتنا للبقاء بـ «تناقض والاس Wallace Paradox». وضرب ألفريد والاس لذلك مثالًا بأننا إذا أخذنا طفلًا لم يتطور مخه (من قبيلة من أدغال أفريقيا مثلًا) ونقلناه إلى جامعة كمبريدج،=

ومـع ذلك، إذا كنتُ ممـن يؤمنون بأن الإله قد منحنا قدرات عقليـة كبيرة للغاية، فذلك **لا يعـني أنها قدرات مطلقة**، لكنها ما زالت -وسـتظل - قاصرة عن إدراك حقيقة الوجود شـديدة التعقيد.

ثانيًا: قيود على إمكانياتنا البحثية

إذا كان السـبب الأول وراء أن هناك حـدودًا لمعارفنا العلمية هو محدودية قدراتنا العقلية، فإن السبب الثاني يرجع إلى اعتبارات عملية.

فعلى سـبيل المثال؛ تعتمد دراسـة فيزياء الجسيمات على آلات ضخمة تُعرف بـ «**مسرعات/ معجلات الجسـيمات** Particle Accelerator»، وهي عبـارة عن أنفاق دائرية، يتم فيها تسريع حركة الجسـيمات باسـتخدام **طاقة كهربائية** تدفعها للدوران في الأنفاق مرات عديدة. وحتى لا تدفـع طاقة الحركـة العالية للغاية الجسـيمات للانحـراف، يتم المحافظة عليها في مسـارها باسـتخدام مجالات مغناطيسـية. وكلما زادت طاقة الجسـيمات الحركيـة في المسرعات احتجنا إلى مجـال مغناطيـسي أقوى للمحافظة على مسـارها، ويحتـاج ذلك أن نزيد من شـدة التيار في المغناطيسات الكهربائية بالمسرع.

معـنى ذلك، أننا إذا رغبنا في الحصول على طاقات أعلى، احتاج الأمر إلى **تيار كهربائي أشـد ومغناطيسـات أقوى**، وهذا يعني بناء مسرعـات جديدة ذات محيط أنفاق أكبر. ويُعتبر مسرع سيرن CERN[1] هو أكبر المسرعات في العالم حتى الآن.

وتقوم فكرة عمل المسرعات، على **مصادمة** ذرات وجسيمات مختلفة تُطلَق داخل المسرعات بهذه الجسـيمات السريعة عالية الطاقة. وقد ثبت أننا كلما رفعنا طاقة الجسيمات (مما يعني بناء مسرعات أكبر) حققنا اكتشافات غير متوقعة.

=فـإن هـذا الطفل يكـون قادرًا على التعلم مثـل الطفل الإنجليزي تمامًـا، بالرغم من أن التطـور الداروينى لا يعطي قدرات إلا بقدر الحاجة الحالية، ولا يوفر احتياجات مستقبلية.

وهذا ما دفع ألفريد والاس، قرين دارون، إلى اعتبار أن العقل البشري هو هبة إلهية. وهذا ما نتبناه نحن أيضًا.

(1) يعرف باسـم «مسرع الهدرونات الكبير» أنشيء عام 1954، ويشـارك في العمل فيه علماء من اثنين وعشرين دولة. وهو مركز مشترك تقع أنفاقه التي يبلغ طولها 27 كيلومترًا تحت عدة دول أوروبية، ومقر إدارته في سويسرا.

إن هذا المفهوم يطرح أسئلة مهمة: ما هو حجم الآلة المطلوبة لاكتشاف ودراسة أصغر جسيمات المادة؟ إلى متى ستظل قدرتنا على إدراك الجسيمات الأصغر مرتبطة بإمكانياتنا العملية والاقتصادية؟ متى سنحسم عجزنا عن الوصول إلى النظرية النهائية عن الوجود؟

إن النظرية السائدة الآن، تعتبر أن البنية الأولية للمادة هي **«الأوتار الفائقة»** المتذبذبة الدقيقة للغاية، و يتوقع العلماء أن دراسة بنية هذه الأوتار تحتاج إلى مسرع في حجم مجرتنا، ونحن ندرك تمامًا استحالة بناء هذا المسرع. ومن ثم يعتبر هؤلاء الفيزيائيون هذا العجز قيدًا تفرضه محدودية قدراتنا على الانطلاق في الأبحاث التي تُوصلنا إلى حقيقة الوجود[1].

ثالثًا: قيود تفرضها طبيعة وحدود المشكلات العلمية

يدور هذا القيد حول: متى ندرك أننا قد وصلنا إلى الفهم الكامل لقضية ما؟

لقد سبق - كثيرًا - أن ظن العلماء أنهم قد وصلوا إلى النهاية في مجال ما، ثم ثبت خطأهم[2].

من أجل التعامل مع هذا القيد، يتبع الفيزيائيون منهج **«تحري/ سبر حدود العلم** Beating the bounds»[3]، لذلك يحرصون دائمًا على تحري آخر إنجازات العلم وأعمق المشكلات والتساؤلات التي تواجههم أولًا بأول، ومن خلال ذلك قد يتكشف لهم أننا قد وصلنا إلى حاجز علمي لا يمكن تجاوزه ويمثل حدود الاكتشاف في هذا الاتجاه. ومع ذلك، فإن تحديد **الخط الفاصل** بين ما يمكن معرفته وما لا يمكن يظل في دائرة اللا يقين.

(1) أختلف في هذه الجزئية مع هؤلاء الفيزيائيين؛ فعندما بدأ مشروع الجينوم البشري عام 1990، كان المتوقع أن يستغرق خمس عشرة عامًا، ونتيجة لتحسن إمكانيات دراسة الچينات، تم إعلان النتائج الأولية للمشروع عام 2000 والنتائج النهائية عام 2003. والآن أصبحت هذه الأبحاث تستغرق وقتًا أقصر كثيرًا.
أقصد بهذا الاستشهاد، أن إمكانيات البحث يمكن أن تتطور مما يخفف من هذا القيد ونصبح أكثر قدرة على التوصل إلى مستويات أعمق من الوجود.

(2) ضربنا على ذلك مثالاً بما أعلنه قسم الفيزياء في جامعة ستانفورد عام 1898 من اكتمال علم الفيزياء! وبعدها بعامين فقط أشرقت شمس فيزياء الكوانتم، وبعدها بخمس سنوات بزغت النظرية النسبية.

(3) يشير المصطلح إلى عادة قديمة، حيث كان الإقطاعيون في أوروبا يتحرون - بشكل دوري - الأشجار والبيوت والصخور والسياج التي تمثل حدود ضيعتهم، وكانوا يقفون عند كل من هذه العلامات ويضربونها بعصا ليؤكدوا للآخرين أن هذه هي حدود سلطتهم.

إن هذه العوامل الثلاثة وراء محدودية قدرات العلم على الاكتشاف، تجعل هذا الفريق من الفيزيائيين يتبنون أننا نحيا في **مرحلة انتقالية من التطور الحضاري الإنساني**، يمكن أن نسميها «**عصر العلم**»، وأن هذه المرحلة - في وقت ما لا نعلمه من المستقبل - سوف تصل إلى نهايتها عندما يتوقف العلماء عن تحقيق المزيد من الاكتشافات العلمية الكبيرة.

❐❐❐

وكما ذكرت في مقدمة الكتاب، فقد اتخذت قرار عرض الطرح العلمي للفيزياء الحديثة (الكوانتم - النسبية - الجسيمات = بنية الذرة) في هذا الباب بعد أن اكتملت لَديَّ مفاهيمها الأساسية من خلال دراسة عددٍ من كتبها المتخصصة، وخاصة كتاب «**نهاية الاكتشاف** The End Of Discovery» من تأليف عالم الفيزياء النظرية وفيزياء الطاقة العالية البريطاني «**رسل ستاندارد**[1] Russell Stannard» (شكل - 28). لذلك صار هذا الكتاب هو المرجع الأول لهذا الباب.



(شكل - 28)
رسل ستاندارد

وقد رأيت أن تكون فصول الباب بهذا التسلسل:

❐ لما كان العقل هو آداتنا في البحث، فقد بدأ الباب في فصله الأول «**معضلة الأنسنة**» بالتعريف بمشكلة الوعي وعلاقته بالمخ، باعتبار أنه المسئول

(1) ولد رسل ستاندارد في لندن العام 1931، وعمل أستاذًا للفيزياء بالجامعة المفتوحة Open University ورئيسًا لقسم الفيزياء وعلم الفلك فيها لمدة واحد وعشرين عامًا. وقد تخصص ستاندارد في الفيزياء النووية عالية الطاقة، وأجرى الكثير من أبحاثه في مسرع سيرن CERN وغيره من المراكز البحثية في الولايات المتحدة وأوروبا.
حصل ستاندارد على وسام فارس OBE، وهو الوسام الأعلى في الإمبراطورية البريطانية، كما مُنح ميدالية براغ من معهد الفيزياء، وأُختير زميلًا في جامعة كوليج بلندن. وفي عام 1986، حصل على جائزة مشروع تيمبلتون لمساهماته الكبيرة في مجال القيم الروحية، وبشكل خاص لإسهاماته بشكل كبير في فهم العلم والدين.
ومن أشهر مؤلفاته؛ ثلاثية كتب «العم ألبرت Uncle Albert» التي عرض فيها للأطفال من سن العاشرة مفاهيم النظرية النسبية ونظرية الكوانتم. كما كتب عام 2008 كتاب: «النسبية: مقدمة مختصرة جدًّا Relativity: A Very Short Introduction».
صدرت الطبعة الأولى من كتاب «نهاية الاكتشاف» عن «Oxford University Press» العام 2010 .

عن رصد كل ما سيأتي من مباحث، كما ناقشنا ما يستتبع الوعي من شعورنا بالإرادة الحرة.

- ثم ننتقل من العقل الراصد إلى المرصود، وهو الكون، الذي هو مسرح أحداث الكوانتم والنسبية والذي يتكون من الجسيمات تحت الذرية، فنناقش في الفصل الثاني «**إعداد المسرح**» نشأة الكون من خلال نظرية الانفجار الكوني، ونقف مع «المفردة» التي بدأت منها - ثم تسلسلت - هذه النشأة. كما يناقش الفصل بعض ما يتعلق بنشأة الكون من قضايا فلسفية، كسبب الانفجار العظيم ولماذا وُجد الكون.

- ولما كان الكون، وأيضًا فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات، يدور تبعًا لقوانين الطبيعة، كان طبيعيًّا أن نتناول هذه القوانين بالتحليل؛ فنتساءل عن مصدرها وثباتها وتكاملها وعلاقتها بالرياضيات، وكان ذلك في الفصل الثالث بعنوان «**لغة الإله الكونية**».

- ولعل من أهم القضايا المتعلقة بالكون وقوانينه وثوابته هي ملاءمة هذه الكيانات لنشأة الحياة وتطورها وصولًا إلى الإنسان، لذلك ناقش الباب هذه المفاهيم في الفصل الرابع بعنوان «**يا محاسن الصُّدَف!!!**»، حيث عرضنا مفهوم المبدأ البشري كما دحضنا فيه ما يُعرف بفرضية الأكوان المتعددة.

- وكتمهيد لمناقشة نظرية النسبية، يناقش الباب قضية **حجم الكون** في فصله الخامس بعنوان «**الفيزياء لا تعرف غير المحدود**»، كما يناقش الفصل ما يتعلق بهذه القضية من مفهوم المادة المظلمة ونظرية حالة الكون المستقرة، وإذا ما كان الكون محدودًا أم لانهائيًّا.

- وكلما تطرق الكلام إلى حجم الكون الهائل، طُرح السؤال عن **الحياة خارج الأرض**، فناقش الباب هذا الموضوع في فصله السادس بعنوان «**جيراننا؟!**»، وتناول في ضوء ذلك إمكانية وجود حياة ذكية - تنافس ذكاءنا - في كواكب أخرى.

- وفي الفصل السابع من الباب، نتناول معضلة **طبيعة الفضاء/ المكان**، فنناقش مفهوم

الزمكان، كما نناقش الجسيمات الافتراضية والطاقة المظلمة ومصير الكون و المادة المضادة. لذلك جاء الفصل بعنوان «**عدمٌ ليس بعدمٍ**».

- وفي الفصل الثامن بعنوان «**النظرية النسبية**»، نناقش **علاقة المكان بالزمان**، وهي جوهر نظريتي النسبية الخاصة والعامة. ونناقش ما يرتبط بهذه العلاقة من مفاهيم تقدمها النسبية؛ مثل تمدد الزمن وانكماش المكان، كما نُزيد مفهوم الزمكان شرحًا وتفصيلًا، ونناقش مفهوم فقدان التآني.
- ونستكمل مناقشة الزمن في الفصل التاسع بعنوان «**آه يا زمن**». فنناقش طبيعة الزمن وأنواعه وسهم الزمن و إمكانية انعكاس الزمن، ونُنهي الفصل بمبحث فلسفي، عن خالقيه الكون و المادة ذاتية التنظيم.
- ثم يأتي الفصل العاشر، وهو من أمتع فصول الكتاب، وهو بعنوان «**فيزياء الجسيمات**»، ونعرض فيه نتائج الأبحاث التي تُجرى في المسرعات النووية. وقد استفدنا كثيرًا من إبداع ستانارد في تناول هذا الموضوع وقدرته على تبسيطه نتيجة لقيامه بأبحاث دقيقة في هذا المجال على مدى سنوات عديدة في مسرع سيرن. وفي هذا الفصل، نقترب من أدق دقائق بنية المادة وأدق تفسيرات قوى الطبيعة. ولا شك أنك ستخرج من هذا الفصل وقد تبدلت نظرتك إلى الكون؛ مادته وقواه، ولا شك أن هذا الفصل عن طبيعة الجسيمات تحت الذرية وطبيعة الطاقة وقوى الطبيعة هو التمهيد الأمثل لتبسيط مفاهيم فيزياء الكوانتم.
- والآن نصل إلى أشد ألغاز الفيزياء إلغازًا، وهي «**عالم الكوانتم**» فنتناوله في الفصل العاشر بالشرح والتبسيط، وأتمنى أن ينتهي بك الفصل وقد استوعبت أمورًا كثيرًا ما أُلغِزت علينا في فيزياء الكوانتم. و إن كان فهمنا لها لا يعني قدرتنا على منطَقَتها وتفسيرها!
- ونختم فصول الباب بفصله الثاني عشر مع حلم الفيزيائيين الكبار مع «**النظرية الحلم**»، حلم **جاذبية الكوانتم ونظرية الأوتار**، التي لا يتمنون من خلالها أن يزيلوا ما بين الكوانتم والنسبية من تعارضات فحسب، بل وأيضًا يتمنون أن يربطوا بين النظريتين اللتين نتعامل بهما مع العالم الصُّغِري والعالم الكِّبري. ثم نختم الباب مع

حلـم الحلم، وهي النظرية التي تجمع كل ظواهر الطبيعة ونظرياتها، والتي تسـتحق أن نسميها - لو توصلنا إليها - بنظرية كل شيء.

□□□

وأخـيرًا أتمنى أن تستشـف من فصـول الباب **كيـف يفكر العلـماء** ومنهجيتهـم وأمانتهم ودقتهـم، هـؤلاء الذين وهبوا حيواتهم للعلـم وجعلوه غايتهم العليا، لذلـك كنت حريصًا على إهداء الكتاب لهم، وعسى أن يستوعب ذلك ضيقو العقول الذين يستهينون بالعلم ويسخرون منه إذا تعارض مع أهوائهم ومع أيديولوجياتهم.

وفي ختـام هذا التقديم للبـاب، أتمنى أن تجد في فصوله ما كنتُ أسـعى إلى تحقيقه، وهو أن أقدم لك رؤية متكاملة لفيزياء الكوانتم والنسـبية والجسـيمات، تمكننا من إدراك ما وراءها من **مفاهيم فلسـفية ودينية**. كما أتمنى أن تكون قد أدركت أن قصارى قدرة العلم هي أن يقدم لنـا فهمًا للوجود يتزايد عمقًا مع ازدياد إمكاناتنا البحثية، لكن هذا الفهم يظل **بعيدًا كثيرًا عن حقيقة الوجود**!!!

والله من وراء القصد.

الفصل الأول

معضلة الأنسنة

- معضلة الوعي
- لماذا يمثل الوعي لغزًا؟
- معضلة الإرادة الحرة والحتمية
- بدائل تفسيرية لمعضلة الحرية والحتمية

لما كان هدف الكتاب هو فهم الفيزياء الحديثة وتحديد المعضلات التي تقف سدًا أمام إمكانية الاكتشاف، كان مناسبًا أن نبدأ الكتاب بفصل عن الملكات التي تجعل الإنسان إنسانًا، وأهمها **العقل والوعي وحرية الإرادة** باعتبارها الأداة والخلفية الأساسية للعمليات العقلية اللازمة لدراسة هذه الفيزياء.

وكمدخل لدراسة الوعي وعلاقته بالمخ الإنساني، نؤكد أن الفرق الجوهري بيننا وبين الحاسوب شديد التعقيد الذي يقوم ببعض عمليات العقل الإنساني هو **أن الإنسان واع**؛ إنه **مدرك لنفسه**، لذلك تكون نشاطاتنا الفيزيائية مصحوبة بالأحاسيس والمشاعر؛ كالحب والخوف والبهجة والغضب والألم.

ومن البديهيات أن **للمخ الدور الرئيس في ممارسة الإنسان لعملياته العقلية** الواعية وغير الواعية. وكيف لا؟! أليست الأدوية والعقاقير - ابتداء من مسكنات الصداع البسيطة والأقراص المنومة إلى العقاقير المهلوِسَة - تغير من العمليات الفيزيائية التي تحدث في المخ، وفي نفس الوقت تؤثر في الخبرات العقلية التي تصاحبها؟ وأيضًا، أليست الصدمات الكهربائية التي تؤثر في العمليات الفيزيوكيميائية للمخ تُستخدم لتخفيف الاكتئاب النفسي؟

وبالفعل، قطع علماء المخ والأعصاب خطوات واسعة في التعرف على أنماط النشاطات المخية الفيزيوكيميائية التي تصاحب الخبرات العقلية المختلفة، ومن أهم هذه النشاطات ما يُعرف بـ «**التعالقات العصبية للوعي** Neural Correlates of Consciousness».

معضلة الوعي

لرسل ستانارد في كتابه «نهاية الاكتشاف» طرحًا مشوقًا لمعضلة الوعي أحب أن أطلعكم عليه: تبدأ معضلة ا لوعي في التشكل عندما ندرك أن معرفة النشاطات العصبية الفيزيوكيميائية لا تطلعنا على الخبرات العقلية المصاحبة لها، لذلك على الشخص أن يخبرنا بنفسه عما كان يفكر فيه في ذلك الوقت، وعلينا أن نأخذ ما يخبرنا به بثقة فليس لدينا طريقة للتحقق منه. و إذا كان من المنطقي أن «نستنتج» أننا إذا سجلنا نشاطًا مماثلًا في مخ شخص آخر فإنه سيكون مصحوبًا بنفس نوع الخبرات العقلية؛ فإن هذا مجرد **«استنتاج»** ليس لدينا عليه دليل.

وبديهيٌ أن يكون السؤال الأول الذي يطرح نفسه في هذا الشأن هو:

لماذا توجد هذه الخبرات العقلية الواعية؟

إن هذا السؤال هو طرح لـ **«معضلة الوعي»**، المشكلة المشهورة التي أرهقت عقول أحكم الفلاسفة عبر آلاف السنين، إنها **«مشكلة العقل - المخ»**.

وأحيانًا يدعي البعض أنهم قد حَلُّوا معضلة الوعي، ولعل أشهر هذه الادعاءات هو كتاب الفيلسوف «دانييل دينيت»[1] **«تفسير الوعي** Consciousness Explained»، الذي فسر فيه الخبرات العقلية الواعية بأنها «توهم Illusion»! وقد حدا ذلك الفيلسوف ديفيد شالمرز[2] أن يُطلق على كتاب دينيت اسم **«تجاهل الوعي** Consciousness Ignored» بدلًا من «تفسير الوعي». الخلاصة، إن كل ما قُدِّم من ادعاءات لتفسير الوعي لا يُقنع أحدًا، ولا حتى المدعين أنفسهم!

إن المشكلة لا تقف عند تفسير الوعي أو حتى تعريفه! بل نحن حتى **لا نعرف أي الأشياء تكون واعية** وأيها ليست كذلك. هنا يطرح ستانارد بضعة تساؤلات متسلسلة:

إني أعرف بخبرتي المباشرة أنني واع، وأتوقع أنك أيضًا واع لأن لك مخًا يشبه مخي وتتحدث بطريقة تُظهر خبراتك العقلية الواعية؛ لكن، هل الشمبانزي واع؟... نعم.

(1) Daniel Dennett: الفيلسوف الأمريكي الملحد، مهتم بفلسفة العقل، ولد عام 1942.

(2) David Chalmers: الفيلسوف الإسترالي المهتم بفلسفة العقل واللغة، هو الذي صك مصطلح «المشكلة الصعبة» كوصف للوعي، ولد عام 1966..

وماذا عن الديدان؟ ربما... إلى حد ما. لكن لاحظ أن البستاني إذا ضرب الأرض بفأسه فقطع الدودة إلى نصفين، فإن كل نصف منهما يتلوى في موضعه، فهل كل من النصفين يكون في ألم وكرب؟! هل صار للدودة بعد أن انقسمت عقلان بينما كان لها عقل واحد من قبل؟! أم ليس لها عقل بالمرة؟!

وماذا عن البكتيريا؟ والشمس؟ لا، بلا شك أن الشمس ليست واعية.

أين هو **الخط الفاصل** بين الشيء الواعي والشيء غير الواعي؟ وكيف يمكن أن نتعرف على هذا الخط؟

إن **جهاز التسجيل** الذي أستأجِرَه من إدارة المتحف يخبرني بالتفاصيل الدقيقة لما أرى في جولتي السياحية، إن ذلك لا يعني أن الجهاز يدرك ما أدركه في الجولة. و إذا أغلقت الجهاز لأنني قررت أن أسير في طريق غير الذي يوجهني إليه، فذلك لا يعني أنني قد جرحت مشاعره، بل لا يعني أن له مشاعر على الاطلاق.

ومما يزيد معضلة الوعي إعضالًا، أننا إذا استطعنا بناء **«سوبر حاسوب»** بنفس تعقيد المخ البشري، و إذا صرح حاسوبنا الرهيب هذا - دون برمجة - وقال «أنا واع»، فهل سنصدقه دون أن يقدم دليلًا على ذلك؟

لماذا يمثل الوعي لغزًا؟

عندما نصف الوعي بأنه «معضلة» ونصفه بأنه «المشكلة الصعبة»، فذلك يرجع إلى أن لدينا **طريقتين** لوصف ما نريد: الطريقة الأولى، هي **«اللغة الفيزيوكيميائية»** التي نستخدم فيها مصطلحات مثل المخ والذرات والتدفقات الكيميائية والتيارات الكهربائية وغيرها. والطريقة الثانية هي طرح **«مصطلحات نفسية»** مثل: العقل والانفعالات والحب والألم واتخاذ القرار وغيرها. وبالرغم من أن هناك علاقة بين الطريقتين، مما يجعلنا نعتبر أن أنماطًا محددة من النشاطات المخية تكون مصحوبة بخبرات عقلية معينة - كالشعور بالألم مثلًا - فهذا لا يحل المشكلات الناجمة عن **استخدام لغتين من عالمين مختلفين تمامًا (مادي ولا مادي) لوصف شيء واحد.**

أهم هذه المشكلات، هي أنه ليست لدينا طريقة لـ «رصد» مفاهيم مثل الحب والخوف والقلق، ولا نستطيع حساب كمياتها ولا التعبير عنها مثلما نفعل مع مفاهيم فيزيائية مثل الكتلة والشحنة الكهربائية. إن «الحل المنطقي» لهذه المشكلة هي أن نتوصل إلى **لغة واحدة شاملة متناسقة** تربط بين هذين النوعين من المعلومات.

ويتبنى ستانارد أن **هذا «الحل المنطقي» غير ممكن**، إذ إن كلًّا من اللغتين السابقتين تشتمل على معلومات وإدراكات غير موجودة في اللغة الأخرى. إن كل لغة بمفردها أفقر من أن تمدنا بـ «فهم صائب شامل» لمعنى أن نكون بشرًا. ولا شك أن هذا الفهم لا يتحقق إلا من خلال استخدام اللغتين معًا، **دعك من خداع الماديين حين يُسَلِّمون «باللغة الفيزيوكيميائية» ويتجاهلون «المصطلحات النفسية»، ولتحقيق ذلك يعتبرون أن الوعي مجرد توهم**!!! إنها حقًّا:

معضلة الوعي الصعبة

وقناعة ستانارد، أن هذه المعضلة هي الأولى التي لن يصل فيها العلم إلى حلٍّ مُرْضٍ.

وإذا كان رسل ستانارد يُرجع مشكلة الوعي إلى أننا لا نستطيع أن نتوصل إلى **لغة واحدة** تربط بين العالم الفيزيوكيميائي والعالم النفسي، فإن عالم العلوم العصبية فرانسسكو ڤاريلا[1] يتبنى أن امتلاك هذه اللغة الشاملة المتناسقة ممكن، بل يخبرنا بأن رهبان التبت قد تمكنوا من ذلك عن طريق الممارسة الطويلة لرياضة «التأمل الروحي».

لذلك فإن قناعتي أن مشكلة الوعي ليست مجرد مشكلة مصطلحات، لكنها ترجع إلى المشكلة القديمة قدم الإنسانية، **مشكلة (العقل - الجسد)**[2].

(1) Francisco Varela: (1946 - 2001) ولد في شيلي، وحصل على الدكتوراه من هارڤارد، وعمل في فرنسا وألمانيا وشيلي والولايات المتحدة. صاحب كتاب «العقل المتجسد The Emboded Mind, 1992».

(2) لمزيد من التعرف على مدى إثارة وغموض معضلة الوعي، يمكنك الرجوع إلى كتابنا «لغز الوعي». فهو ترجمة وعرض وتحليل لكتاب «حوارات حول الوعي»، الذي أجرت فيه سوزان بلاكمور حوارات حول الوعي مع واحدٍ وعشرين عالمًا وفيلسوفًا من كبار أيقونات الوعي في العصر الحديث.
الناشر: المركز القومي للترجمة مع نيوبوك للنشر والتوزيع، 2019.

معضلة الإرادة الحرة والحتمية

ترتبط معضلة الإرادة الحرة والحتمية كثيرًا بمعضلة الوعي، فإذا كان العلم قد أثبت أن أنماطًا معينة من النشاطات المخية تكون مصحوبة **بخبرات عقلية محددة**، فذلك يعني أن تكرار **النمط الفيزيوكيميائي** في المخ يجعلنا نحصل على نفس الخبرة العقلية. وإذا لم يكن لدينا - في الحقيقة - وسيلة لإثبات ذلك، فإنها تبدو فرضية مقبولة يمكن أن ننطلق منها لمناقشة العلاقة بين المعضلتين:

لما كانت **العمليات المخية الفيزيوكيميائية** تتبع قوانين طبيعية، فذلك يعني أن إدراكنا لحالة المخ الفيزيوكيميائية في وقت محدد، مع معرفة القوانين الفاعلة في هذه الحالة، يُمكِّننا من **تحديد حالة المخ الفيزيوكيميائية التالية**.

إن لذلك الاستنتاج توابع خطيرة! فهو يعني أننا إذا عرفنا تفصيليًّا «الحالات العقلية» التي تقابل «النشاطات المخية الفيزيوكيميائية» المختلفة، وإذا كانت القوانين الطبيعية تمكننا من إدراك النشاطات المخية التالية لنشاطات حالية، فمعنى ذلك أنه **يمكننا انطلاقًا من حالة عقلية معينة أن ندرك الحالة العقلية التالية**.

ومن ثم، إذا كان علماء المخ والأعصاب قادرين على التعرف بدقة على «نشاطات المخ الفيزيوكيميائية» في لحظة محددة، مثلًا: عندما أفكر أي القلمين ألتقطه من على المكتب لأكتب به الآن، فذلك يعني أن العالِم يستطيع أن يتوقع نشاط المخ التالي، وبالتالي الحالة العقلية والسلوكية المستقبلية، هذا في الوقت الذي «أظن» فيه أنني قد قمت بنفسي بالاختيار الحر بين القلمين! إن ذلك يعني أن **اعتبار أن المستقبل مفتوح لاختياراتي هو مجرد «توهم** Illusion».

هذه هي معضلة الإرادة الحرة والحتمية. إنها مشكلة تَقَلَّب فيها الفلاسفة والعلماء لقرونٍ عديدة؛ ويلخصها ستانارد (في كتابه نهاية الاكتشاف) في إطار المنظور العلمي على هيئة السؤال: **كيف نربط بين القدرة على توقع حالة المخ الفيزيوكيميائية التالية (الحتمية) وبين اعتبار أن المستقبل مفتوح لاختياراتنا العقلية التي نحددها بإرادتنا الحرة؟**

بدائل تفسيرية لمعضلة الحرية والحتمية

للإجابة عن هذا السؤال المحوري، طرح العلماء والفلاسفة عددًا من التفسيرات:

1) اعتبر بعض العلماء أنهم قادرون على حل معضلة الوعي والإرادة الحرة من خلال **فيزياء الكوانتم**[1] التي تقوم على مبدأ الارتياب/ اللا يقين، الذي يعني أن سلوك الجسيمات تحت الذرية يكتنفه لايقين حقيقي، بحيث أن معرفتنا بالحالة الفيزيوكيميائية الحالية لا تجعلنا نتنبأ بيقين بما يحدث في الخطوة التالية، كل ما نستطيع توقعه هو معرفة الاحتمالات العديدة الممكنة بأسلوب إحصائي. إن ذلك يسمح باستنتاج مثير؛ فإذا كان نشاط المخ الفيزيوكيميائي المصاحب لاتخاذ قرار عقلي معين (مثلًا: أي القلمين ألتقط) يحدث على مستوى دقيق للغاية، مثل حركة الذرات، فإنه سيكون **نشاطًا متعدد الاحتمالات وليس حتميًا، مما يسمح بممارسة الاختيار الحر.**

2) بديل آخر لتفسير معضلة الحرية والحتمية؛ هو تبني «**مذهب الثنائية/ الازدواجية** Dualism»، الذي يعني أن كلًّا من العقل والمخ هو كيان مستقل مختلف، مع اعتبار أن العقل قادر على التأثير على العمليات المخية مثلما يكون المخ قادرًا على التأثير على حالتنا العقلية. إن ذلك يعني أن المادة التي يتكون منها المخ لا تتبع قوانين الطبيعة الحتمية اتباعًا أعمى؛ **فالعقل** (مهما كانت طبيعته) **قادر على التدخل لتعديل مسار المخ الفيزيائي**، ويكون ذلك من خلال **الترجيح بين البدائل** التي يطرحها لايقين الكوانتم، أي أن اختيار العقل لن يخرق القوانين، **فالقانون هنا هو مبدأ اللا يقين.**

3) أن المقابلة بين الحرية والحتمية تعني أن نكون طوال الوقت في صراع عقلي نحارب فيه معارك خاسرة ضد حتميات مفروضة علينا، لكن الواقع أن ذلك لا يحدث، إذ نشعر عادة بأننا نفعل ما نريده.

هنا يبزغ طرح «**التوافقية** Compatibilism» الذي يربط بانسجام بين الحتمية وبين سلوكنا تبعًا لاختياراتنا الحرة، بحيث تكون **اختياراتنا العقلية الحرة متناغمة تمامًا مع أجسامنا المادية الحتمية.** إن ذلك لا يعني أننا نسلك بإرادة حرة مطلقة، لكنه يعني أن اختياراتنا تتوافق

(1) ناقشنا دور الكوانتم في الإرادة الحرة تفصيليًا في كتابي «لغز الوعي»، من خلال حوارين مع أكبر متخصصين في هذا الموضوع؛ وهما روجر بنروز وستيوارت هاميروف، وهما آخر حوارين في الكتاب.

مع محدداتنا الفيزيائية، مما يعني أننا **نسلك تبعًا لطبيعتنا الإنسانية**، فلماذا نريد الحرية في أن نسلك بشكل آخر[1]؟!

4) من المساهمات المهمة التي أضافت إلى معضلة الحرية - الحتمية، تلك التي قدمها عام 1983 عالم المخ والأعصاب **بنيامين ليبيت**[2] وفريقه البحثي. لقد أجروا تجربة كان على الشخص فيها أن يثني رسغه، ثم يسجل بدقة الوقت الذي اتخذ فيه هذا القرار. لقد وجد ليبيت أن **النشاطات الكهربائية المخية** المصاحبة لهذا القرار قد حدثت 300 - 500 مللي ثانية **قبل الوعي باتخاذ القرار**، مما يمكن تفسيره بأن مسار الأحداث قد تحدد وبدأ قبل الوعي باتخاذ القرار[2].

وقد كرر عالم الأعصاب **شن سيونج سوون**[3] في العام 2008 تجربة ليبيت بشكل مُعَدَّل، فجعل الشخص يختار أن يضغط على زر، إما بإصبعه السبابة اليمنى أو اليسرى، ويذكر سوون أنه قد ظهر أن القرار الذي تم اتخاذه كان مُشفرًا في نشاطات المخ بعشر ثوان قبل أن يسجل الشخص توقيت الوعي باتخاذ القرار.

قد يفهم البعض أن نتائج مثل هذه الأبحاث تنفي الإرادة الحرة، وأن كل ما يفعله العقل الواعي هو أن يُشعرنا بما هو مُسجل من قبل في العمليات المخية، وأن المخ الواعي لا يلعب أدنى دور في اتخاذ القرار باختيار ما.

القارئ الكريم... انتهز هذه الفرصة لأطرح عليك رؤيتي لنتائج تجربة ليبيت:

---

(1) مثال ذلك: إذا كان الطقس باردًا ممطرًا (محددات فيزيائية) فإننا «نختار» عند الخروج من البيت إلى الشارع أن نرتدي معطفًا وكوفيةً وقفازًا. إنه اختيار يتوافق مع محدداتنا الفيزيائية، وفي نفس الوقت يعبر عن طبيعتنا الإنسانية، ولسنا بحاجة لأن نختار أن نسلك بشكل آخر. حقًا إنه توافق.

(2) تجربة أجراها ونشر نتائجها عام 1985 بنيامين ليبيت Benjamin Libet (1916-2007)؛ عالم وظائف الأعضاء المهتم بالوعي الإنساني بجامعة كاليفورنيا.

تبين التجربة أن التغيرات الكهربائية المسئولة عن الفعل الحركي تحدث بشكل غير واع قبل أن يصبح الفرد واعيًا بالحركة. وقد اعتبر الحتميون أن التجربة تقدم الدليل على غياب الإرادة الحرة، بينما نفى ليبيت نفسه هذا الاستنتاج، بل واعتبرها دليلًا على وجود الإرادة الحرة، واستشهد على ذلك بقدرة الشخص على الامتناع عن القيام بالحركة بالرغم من بداية التغيرات الكهربائية في القشرة المخية الحركية.

ولدراسة تفاصيل تجربة ليبيت ونتائجها، راجع الفصل بعنوان «العلم بين الحرية والحتمية» من كتابي «الإلحاد مشكلة نفسية»، نيو بوك للنشر والتوزيع، الطبعة الرابعة، 2018.

(3) Chun Siong Soon: عالم العلوم العصبية والاضطرابات السلوكية بسنغافورة.

لا شـك أن التفسـير المنكرر للإرادة الحرة متعجلٌ للغاية. ذلك أن الذات المفكرة المسـئولة عن اتخاذ القرار الذي يعكس طبيعة وسمات الإنسان، وهي ما يسميه علماء النفس بـ «النفس Psyche»، إنمـا هـي امتـزاج من الـذات الواعية وغـير الواعيـة. وتبعًا لذلك التصـور، **تصبح النشـاطات المخية التي تسـبق الضغط الواعي على الزر - مثلًا - هي التعالقات الفيزيائية لهذا القرار الذي اتخذه بالفعل الشق غير الواعي للنفس.**

أصدقك القول؛ أنني بعد عشرات السـنين من ممارسـة الجراحة قد أصبحت على يقين بدور **العقل غير الواعي** في اتخاذ القرارات (وهو ما رجحه سـتانارد)، إذ أجدني في كثير من المواقف الجراحيـة الحرجة أُقدم على القيام بالخطوة الجراحية الصواب المطلوبة بشـكل تلقائي دون أن أقوم باتخاذ القرار بها بشكلٍ واعٍ. كذلك بعد سنين عديدة من التأليف والكتابة انتهيت إلى أنني كثيرًا ما أكتب أفكارًا وصياغاتٍ دون أن أجاهد في التفكير فيها، وكأنها تُملَى عليّ.

وللأسف، إن من ملأوا الدنيا صراخًا بأن تجربة ليبيت قد قدمت الدليل التجريبي الحاسم على غيـاب الإرادة الحرة، هؤلاء قد تجاهلوا أن ليبيت نفسـه قد أكـد أن تجاربه قد أظهرت أيضًا **قدرة الشخص الواعية على أن يمتنع عن القيام بالحركة** بعد بدء النشاط المخي الكهربائي الممهِد لها.

وبالتالي، يكون التسلسل التفسيري الأمثل لنتائج تجربة ليبيت كما أتوقعه هو:

يتخذ **«العقل اللا واعي»** للشـخص القرار بتحريك الأصبع[1] ← يتنشط التيار الكهربائي الممهد للحركة ← يستشـعر الشخص الرغبة في القيام بالحركة ← يقوم العقل الواعي بالسماح بالحركة أو إجهاضها ← تحدث الحركة أو لا تحدث.

هكـذا **تقدم تجربة ليبيت الدليل التجريبي الجـازم على حرية الاختيار، التي يبدأها العقل اللا واعي ثم يقوم العقل الواعي بدعم هذا الاختيار أو إجهاضه أو تبديله.**

ويتبنى سـتانارد أنه لم يحدث حتى الآن اتفاق على أي من الأطروحات حول الإرادة الحرة، ويـرى أنـه من الصعب أن نعرف كيف يتم عبور **الفجوة بين الحرية والحتمية** بشـكل مُرضي، ومن ثم فإنه يعتبر أن حدود الاكتشاف قد تتوقف عند:

(1) أدرك أن الكثيرين سيندهشـون كيف يتخذ العقل اللاواعي قرارًا، فهم يعتبرون أن اللاوعي ليس إلا سـلة مهملات الغرائز. لقد ثبت خطأ هذه النظرية كما ثبت أن للعقل اللاواعي دورًا كبيرًا في التفكير.

مشكلة الإرادة الحرة والحتمية

قد يعتبر البعض أننا لسنا أحرارًا بالشكل الذي نظنه أو نتمناه، بينما قد يقف آخرون في صف د. جونسون[1] حين يقول: «**كل النظريات ضد الإرادة الحرة، وكل الخبرات في صفها**»، ويضيف د. جونسون مؤكدًا: «**إن إرادتنا حرة، لكن لها حدود**». أرى أن هذا الطرح يتماشى تمامًا مع عقيدتنا بـ «**أننا مُخَيَّرون في إطار مُسَيَّر**».

سبحانك ربي...

(1) Samuel Johnson: (1709 - 1784) الشاعر الكاتب والمفكر الإنجليزي.

الفصل الثاني

إعداد المسرح

- الانفجار الكوني العظيم
- كيف نرصد الانفجار العظيم؟
- نموذج التضخم للانفجار العظيم
- معضلة المفردة
- معضلة المكان والزمان
- نظرية الحالة المستقرة
- لماذا يوجد وجود؟

إن مهمة العلم هي «**محاولة تفسير العالم**»؛ مم يتكون، كيف يعمل، وكيف وصل إلى هيئته الحالية و...؟

و إذا كان هنـاك مـن القيود ما يعوق اسـتكمال هذا التفسـير إلى أقصـاه[1]، فعلينا أن نقنع بالتوصـل إلى ما هـو متاح فهمه. ولتحقيق ذلك، علينا أن نهتم بدراسـة كلٍّ من وحداته البنائية الدقيقة و بنيته الهائلة، وسنبدأ بالثانية، وهي الكون.

الانفجار الكوني العظيم

يا تُرى؛ كيف توصل العلم إلى أوثق نظرياته عن نشأة الكون؟ - دعنا نرى:

نحن نحيا على كوكب الأرض الذي يدور حول الشـمس، التي هي نجم مثل سـائر النجوم. وتتجمع النجوم في دوامات حلزونية هائلة تُسـمى المجرات Galaxies، وتُدعى مجرتنا «طريق التَّبانـة The Milky way»، وتتجمع المجرات في عناقيد/ مجموعات Clusters تتباعد عنا وعن بعضها[2].

وعنـد مراقبة عناقيد المجرات البعيدة، نجد أنه كلما كانت العناقيد أبعد عنا كانت سرعة تباعدهـا أعـلى؛ فالعنقـود الأبعد عنا بمرتـين من عنقود أقـرب تكون سرعة تباعـده الضعف، و إذا كان أبعـد بعـشر مـرات كانت سرعـة تباعده عـشرة أضعاف، وتسـمى هـذه الظاهرة

(1) ناقشـنا هـذه القيود بالتفصيل عنـد التعريف بهذا الباب؛ وهي محدوديـة قدراتنا العقلية ومحدوديـة قدراتنا البحثية وطبيعة المشكلات العلمية.

(2) رصـد الفلـكي الأمريكي إدويـن هابل ظاهرة الإزاحـة الحمـراء Red Shift Phenomenon للضوء القـادم إلينا من المجـرات، مما يعـني أن يغلب على الضوء طيفه الأحمر، ويحدث ذلك إذا كان المصدر الضوئي يتباعد عن الراصد. لقد كان ذلك دليلًا رصديًّا لا يُدحَض على أن المجرات تتباعد عنا.

بـ «**توسع هابل** Hubble Expansion» نسبة إلى **إدوين هابل**[1] (شكل - 29) الذي اكتشف توسع الكون في العام 1929.

وقد استنتج **جورج لوميتر**[2] (شكل - 30) من معرفة سرعة تباعد المجرات ومقدار بعدها عنا، أنه في وقت سحيق في الماضي (تم تقديره بـ 13.7بليون سنة ± 200 مليون) كانت مادة الكون متجمعة في نقطة. وقتها حدث انفجار هائل أطلقنا عليه «**الانفجار العظيم** The Big Bang»، وما هذه العناقيد المجَرِّية المبعثرة إلا نواتج هذا الحدث الرهيب.



(شكل - 29)
إدوين هابل



(شكل - 30)
جورج لوميتر

لقد تم دعم هذا الاستنتاج بأدلة عديدة مستقلة. فمثلًا، كان طبيعيًّا أن يصاحب هذا الانفجار الهائل كرة هائلة من اللهب المستعر، وقد تمكن آرنو بنزياس وروبرت ويلسون[3]

(1) Edwin Hubble: (1889 - 1953) عالم الفلك الأمريكي، مؤسس علم الفلك خارج المجرات وعلم الكونيات الرصدي، يعتبر من أشهر علماء الكون قاطبة، واستحق أن يُطلق اسمه على التليسكوب الفضائي «هابل».

(2) Georges Lemaitre: (1894 - 1966)، صاحب نظرية الانفجار العظيم. أستاذ الفيزياء والرياضيات والقسيس البلجيكي.

(3) عندما كان الفيزيائيان الأمريكيان في معامل بل للتليفونات في نيوجيرسي(آرنو بنزياس، وروبرت ويلسون) يختبران أحد المجسات الدقيقة والحساسة للموجات الميكروية Microwaves، التقط المجس إشارات ضجيج أكثر مما كان الباحثان يتوقعان، وظل الضجيج هو نفسه ليلًا ونهارًا وعلى مدار السنة، على الرغم من دوران الأرض حول محورها وحول الشمس. كما وجد الباحثان أن الضجيج يأتي من كل صوب وبالشدة نفسها، سواء من داخل مجموعتنا الشمسية أو من مجرتنا أو من خارج المجرة. لقد برهن ثبات الضجيج على أن الكون متماثل في جميع الاتجاهات. =

العـام 1965 مـن رصد البقايا البـاردة لكرة اللهب هذه، وهـي ما أُطلق عليه «**إشـعاع الخلفية الكونية الميكروي** Cosmic Microwave bachground radiation».

ودليـل آخر مهـم جاء من مجـال آخر تمامًـا؛ فبإجراء الحسـابات الدقيقة في إطـار نظرية الانفجـار العظيـم، أمكـن توقع التركيـب الكيميائي للـمادة الأولى التي بزغت مـن الانفجار العظيم، إنها ينبغي أن تكون أخف عنصرين كيميائيين؛ الهدروجين والهيليوم بنسـبة 1:3، مع عنـاصر أخـرى خفيفة قليلـة للغاية. وقد ثبت أن ما تـم توقعه هو بالفعـل تركيب «**الغاز بين النجـوم** Interstellar Gas»، الذي هو المادة الخـام التي تكونت منها النجوم فيما بعد، مما يعني صحة الإطار الذي تمت فيه الحسابات، وهو الانفجار العظيم.

في وجـود هذين الدليلين (وغيرهمـا)[1] اللذين يدعم بعضهما بعضًا لا تجد إلا القليلين الذين يَشُكّون في أن نظرية الانفجار العظيم صحيحة.

كيف نرصد الانفجار العظيم؟!

من الطبيعي أن نعتبر أن هذا الحدث الهائل هو المسـئول عن بداية نشـأة الكون. ومن أجل دعم هذا الاسـتنتاج النظري، علينا أن **نتحسـس/ نسـبر Probe الكون** أقرب ما نسـتطيع من لحظة وقوع الانفجار العظيم، فذلك قد يُمَكِّننا من معرفة طبيعته وسـببه. و يصحبنا سـتانارد في كتابه نهاية الاكتشـاف في جولة علمية ممتعة ليعرفنا كيف يرصد الفلكيون هذا الحدث الهائل الذي وقع منذ زمن طويل للغاية:

أ) إحدى الطرق الفعالة لتحقيق ذلك، هي أن ننظر في الفضاء البعيد. فعندما نراقب عنقودًا مجريًّـا بعيـدًا فنحن لا نراه على حالتـه اليوم، لكننا نرى كيف كان عندمـا أصدر ضوءه الذي

= لكن، ما هو مصدر هذا الضجيج الكوني الثابت؟
كان الكون المبكر ساخنًا جدًّا وكثيفًا جدًّا ومتوهجًا إلى درجة البياض، وكان ينبغي أن يصلنا هذا التوهج (ضوء) من جميع أجزاء الكون. ولما كان الكون يتمدد، فإن الضوء اعترته إزاحة حمراء كبيرة، إلى درجة أنه وصل إلينا على هيئة أشعة ميكروية بدلًا من الضوء المرئي.
هاك دليل عملي هائل لا يُدحض على أن الكون متماثل، يتمدد، وأنه قد أعقب حدثًا شـاملًا هائلًا (الانفجار الكوني العظيم) وأنه يبرد. فاستحق عليه صاحباه جائزة نوبل عام 1978.

(1) دليل إضافي قوي ثبت رصديًّا، هو رصد موجات التثاقل، سنناقشه بعد قليل.

ينتقل بسرعة الضوء الثابتة حتى يصلنا اليوم فنراه. ومن ثم ، **فرصد الأشياء البعيدة يعادل النظر في تاريخها السحيق**، وكلما كان الجُرم بعيدًا عنا كنا نرصد تاريخه الأبعد. وذلك يعني أن صورة السماء التي نراها الآن هي **تراكبٍ** لصورٍ عديدة للغاية بعدد مجرات السماء[1].

يا ترى، إلى أي مدى نستطيع أن نرجع في عمر الكون باستخدام هذه التقنية؟

للأسف، ليس أقدم من 300.000 سنة بعد الانفجار العظيم، فقبل ذلك لا نرصد إلا **«الضباب الإشعاعي البدئي»**، ذلك أن الانفجار كان هائلًا ولم يُصدر وقتها إلا إشعاعًا وجسيمات تحت ذرية. وبمرور الوقت بَرُد الكون، مما سمح للجسيمات تحت الذرية بأن تتجمع لتشكل ذرات وسمح للإشعاع بأن يُمتص، عندئذ صار الكون شفافًا نفاذًا للضوء، وهذا لم يحدث إلا بعد 300.000 سنة من الانفجار العظيم.

ب) أمكن رصد **«الموجات الثقالية** Gravitational Waves» التي تصدر وتنتشر نتيجة لتسارع الأجسام الهائلة. ونظريًّا يمكن أن تعود بنا هذه الموجات في الزمن إلى لحظة الانفجار العظيم. وقد تَمَكَّن العلم من رصد هذه الموجات التي تنبأت نظرية النسبية العامة لآينشتين بوجودها، ويعتبر ذلك أحد الأدلة الرصدية المهمة على صحة النظرية[2].

(1) فكرة أن السماء التي نراها هي تراكب لصور سماوات عديدة بعدد ما نرصد فيها من أجرام، تتماشى مع حديث القرآن الكريم عن: ﴿سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا﴾ [الملك: 3]، حيث يفيد الوصف بـ «سبع» الكثرة.

(2) الموجات الثقالية هي تموجات عرضية في الزمكان تنشأ نتيجة للأحداث الكونية الحركية العنيفة مثل الانفجار العظيم، وتنتشر من مصدرها إلى الخارج بسرعة الضوء، وهي موجات ضعيفة للغاية مما يجعل من الصعب رصدها.
وفي 14 سبتمبر 2015، تمكن مرصد ليجو Ligo بالولايات المتحدة (باستخدام تقنية التداخل الليزري) من رصد موجات ثقالية ناشئة عن تصادم ثقبين أسودين منذ 1.3 مليار عام، لقد كانت كتلة الثقبين 29 و30 مرة كتلة الشمس، ونتيجة للتصادم تَكَوَّن ثقب أسود كتلته 62 مرة كتلة الشمس، أما الكتلة المتبقية (5 مرات كتلة الشمس) فقد تحولت إلى موجات ثقالية، أي أن هذه الموجات هي نتيجة للتباطؤ المفاجئ (عكس التسارع) في حركة الثقبين الهائلة.
وفي يوم 17 أغسطس 2017 تم رصد موجات أخرى صدرت بسبب تصادم نجمين نيوترونيين (= تباطؤ شديد) ونتج عن هذا الاصطدام إشارات ضوئية رصدتها المراصد، أما تصادم الثقبين الأسودين فلم يُصدر ضوءًا لأن الثقب الجديد امتص الضوء.
وفي عام 2017 مُنحت جائزة نوبل في الفيزياء لرايزر فايس وكيب ثورن وباري ريش لدورهم في رصد هذه الموجات. عندما أصدر ستانارد كتابه «نهاية الاكتشاف» - الذي نرجع إليه في هذا المبحث - لم يكن العلم قد توصل إلى رصد هذه الموجات، لكن رسل تنبأ بإمكانية رصدها.

جـ) هناك «إمكانية نظرية» لأن نسبر أبعد من ذلك في عمق الزمن. فنحن لا نسبر فقط الضوء وأشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي الأخرى في الكون، لكننا نسبر أيضًا جسيمات «النيوترينو Neutrino»، وهي نوع من الجسيمات الأولية التي لا تتفاعل مع أي شيء، أي خاملة تمامًا[1].

وبالرغم من خمول النيوترينوات الكامل، فقد طورنا التقنيات التي جعلتنا قادرين على رصدها، لذلك قد نصبح قادرين على رصد النيوترينوات التي تخترق ضباب الإشعاع البدئي، ومن ثم نستطيع أن نسبر بعض ما حدث في الدهور الأقدم. إن هذه التقنية تمكننا - على الأقل نظريًّا - من الرجوع في عمق الزمن إلى ثانية واحدة بعد الانفجار العظيم، وإن كانت هذه التقنية تقابلها صعوبات عملية عديدة للغاية.

د) إذا كانت الصعوبات التقنية تحد من قدرتنا على «الرصد المباشر» للحظة الانفجار العظيم، فهذه ليست نهاية القصة، فهناك **مفاتيح أخرى «غير مباشرة»** قد تُمكننا من رصد الانفجار. ففي كوننا الحالي توجد **سمات معاصرة** يعود مصدرها إلى ما حدث في الزمن القديم، ومن خلال دراسة هذه السمات يمكننا استقراء الماضي، خذ مثلًا:

يتسم الكون بـ **«التجانس واتساق الاتجاهات** Homogeneity and Isotropy»، وذلك يعني أن الكون متماثل متشابه البنية حيثما نظرت. فمثلًا؛ ثبت أن أشعة الخلفية الكونية الميكروية لها نفس الطول الموجي عندما نرصدها من أي اتجاه في الكون، وذلك يعني أن أجزاء الكون المختلفة لها نفس درجة الحرارة. لقد كان العلماء يعتبرون ذلك غريبًا؛ فنحن نتوقع أن تتساوى درجة الحرارة عندما تتلاصق الأشياء لفترة تسمح بانتقال طاقة الحرارة بينها حتى تتساوى، لكن فرصة التلاصق ومن ثم التساوي هذه لم تُتَح لنواتج الانفجار العظيم إذ تناثرت بعيدًا عن بعضها فور حدوثه، فكيف نفسر ذلك التساوي؟

قبل أن نحاول الإجابة عن هذا السؤال (الذي يُعتبر مشكلة قائمة بذاتها)، نخرج من وسائل الرصد المباشر وغير المباشر للانفجار العظيم بسؤال:

(1) إذا مر - مثلًا - أحد هذه النيوترينوات عبر الأرض، من أحد جانبيها إلى الجانب الآخر 100.000 مليون مرة، تكون فرصة أن يتفاعل مع شيء هي 50 %.

إلى أي مدى نستطيع واقعيًا أن نقترب برصدنا من لحظة الانفجار العظيم؟

و إذا عدنا إلى التساؤل حول تفسير التجانس واتساق الاتجاهات في الكون، نجد أن هذا السؤال قد أعان العلماء على تقديم نموذج من أفضل النماذج لنظرية الانفجار العظيم، وهو:

«نموذج التضخم» للانفجار العظيم



(شكل - 31)
آلان جُث

في العام 1980، طرح **آلان جُث**[1] (شكل - 31) أحد أدق النماذج لوصف الانفجار العظيم، واعتبر أنه يتكون من عدة مراحل:

1) لحظة **الانفجار الكوني**.

2) أعقب الانفجار فترة **كمون نسبي**، ظلت فيها نواتج الانفجار متلاصقة (قبل أن تتباعد) مما سمح بتبادل الحرارة حتى تساوت درجة حرارة نواتج الانفجار جميعها.

3) أعقبت الكمون مرحلة تمدد الكون، لكنه لم يكن مجرد **«توسع هابل»** الذي نرصده الآن، فهذا التوسع وحده ما كان يسمح بأن تحتل عناقيد المجرات مواقعها التي تشغلها اليوم. إن توزيع المجرات الحالي يتطلب أن يعقب فترة الكون النسبي فترة قصيرة للغاية من التمدد بسرعة هائلة متزايدة، تستحق أن نطلق عليها مصطلح **«التضخم Inflation»**. وعندما نقول إن التضخم استمر لفترة قصيرة للغاية Very brief فنحن نعني ذلك، فقد بدأ بعد 10^{-36} ثانية من لحظة الانفجار، أي أن مقام كسر الثانية يحوي 36 صفرًا! وقد استمر التضخم لفترة 10^{-32} ثانية. إن مرحلتي «الكمون» ثم التضخم «القصيرتين للغاية» اللتين افترضهما آلان جُث تفسران عددًا من الظواهر الحالية في كوننا؛ أهمها:

- ❐ اتساق اتجاهات أشعة الخلفية الكونية الميكروية.
- ❐ تجانس كثافة الطاقة في الكون، وسنناقش ذلك بالتفصيل فيما بعد.

(1) Alan Guth: أستاذ الفيزياء النظرية والفلك الأمريكي في MIT، مهتم بدراسة الجسيمات الأولية ودورها في نشأة الكون، ولد عام 1947.

4) ثم هـدأت فترة التضخم القصيرة للغاية، ليحل محلها «توسـع هابل» الأبطأ كثيرًا والذي نرصده اليوم.

5) إذا كانت أشعة الخلفية الكونية الميكروية وكثافة الطاقة في الكون متسقة ومتجانسة، مما خدم مهام كثيرة، فينبغي الانتباه إلى أنه - عند بداية توسع هابل - كانت هناك مناطق صغيرة من «عدم الاتسـاق والتجانس Inhomogenicities»، كانت كثافتها أعلى من التجانس السائد بمقـدار 10^{-5}، وبمرور الوقت، وتحت تأثـير الجاذبية تكثفت هذه المناطق، وأدت في النهاية إلى تكوين المجرات. إن دراسـة ما تبقى من هذه المناطق غير المتجانسـة من زوايا مكانية مختلفة يمكن أن يلقي الضوء على كيفية بناء المجرات.

أظنك توافقني أنه إنجاز كبير أن استطعنا أن نتحدث بثقة عما حدث عقب الانفجار العظيم مباشرة. وبالرغم من عدم الحصول على أدلة مباشرة على حدوث «التضخم»، فإن الشواهد غير المباشرة قوية بحيث أقنعت معظم العلماء المتخصصين بحدوثه.

ومنذ أن قَدَّم آلان جُث أول نظرية عن التضخم، قُدِّمت نظريات أخرى، وقد تعيننا دراسة التوزيـع الـزاوي لمناطق عدم الاتسـاق والتجانس في أشـعة الخلفية الكونيـة الميكروية على الترجيح بين هذه النظريات، وإن كان ذلك غير مؤكد.

إن نمـوذج سـيناريو التضخـم لنظرية الانفجار العظيم يشـتمل على حاجزيـن يحدان من قدرتنا على الاكتشاف، وهما:

هل يمكن إثبات حدوث طور التضخم؟

هل نستطيع أن نحدد نمط التضخم؟

ولا تقف المعضلات التي تواجه نظرية الانفجار العظيم عند هذين السؤالين، لذلك نطرح عليك المزيد منها:

معضلة المفردة

بالرغـم من دقة ما توصلنا إليه عن الانفجار الكـوني العظيم، ينبغي ملاحظة أن هناك فرقًا كبيرًا بين ما حدث في الكون «بعد جزء ضئيل للغاية بعد الانفجار» وهو ما درسـناه فيما مضى من الفصل، وبين « كيف كان الكون لحظة الانفجار».

ففـي **لحظة الانفجار**، كانت كل مادة الكون وطاقته متجمعة في «نقطة» (يُعَرِّفون النقطة بأنهـا مـكان لا حجم لـه = نصف قطرها صفرًا) ومـن ثم كانت **« كثافتهـا لا نهائية»**، ويمكن أن نطلـق عليها **«المفردة/ الفردانية** Singularity». ولا شـك أن فيزياءنا تعجز عن التعامل مع اللانهائيـات. لذلك ليس لدينا أمـل في أن نرصد ما حدث لحظة الانفجار، ومن باب أولى، نحن أعجز عن أن نعرف **ما كان قبل ذلك ولماذا حدث الانفجار**.

وتهربًا من هذه المعضلة، يطرح البعض أحد الأسئلة التي لا أدري إن كان العلم قادرًا على الإجابة عنها بشكل جازم:

هل احتاج الانفجار العظيم إلى وجود المفردة؟



(**شكل** – 32)
ستيفن هوكنج

في مواجهـة هذا السـؤال المعضل، يتبنى **سـتيفن هوكنج**[1] (شـكل - 32) أن الزمـن قد يغـير من طبيعته التـي نتصورها عندما نقترب مما نعتبره الحدث الأول، بل إن الزمن قد يتلاشى، ومـن ثـم، لا يكون هنـاك حـدث أول ولا مفـردة إذ يصبح الكـون أزليًّا بـلا بداية. يُعرف هذا الطـرح بنموذج هارتل - هوكنـج ويقوم على «الزمن التخيلي». وقـد عرضنا في الفصل

(1) ستيفن هوكنج Stephen Hawking: (1942 - 2018) عالم الفيزياء النظرية والرياضيات التطبيقية البريطاني، شغل منصب أستاذ الرياضيات الذي كان يشغله إسحق نيوتن بجامعة كمبريدج. وهو مشهور بأبحاثه في الكون وخاصة الثقوب السـوداء. اهتم بتبسـيط العلـوم للعامة، وقد صار كتابـه «تاريخ موجز للزمن» أكثر الكتـب العلمية مبيعًا في التاريخ، فقد بيع منه نسـخة لكل 500 إنسـان على سـطح الأرض، وصدر آخركتبه في سـبتمبر 2010، بعنوان The Grand Design. وقد أصيب هوكنج في بداية شـبابه بمرض Amyotrophic lateral Sclerosis أدى إلى شـلل تام شمل عضلات العنق والـرأس، وكان يتعامل مع المحـيطين من خـلال جهاز كمبيوتر يوجهه بحركات عينيه وشـفتيه!! إذ أفقده المرض القدرة على الكلام.

الخامس من الباب الأول كيف فَنَّدَ سير هيربرت دِنجل **طرح هوكنج - الجائز رياضيًّا والمرفوض فيزيائيًّا**. بل إن هذا الطرح يزيد المعضلة تعقيدًا، إذ إنه بعد أن تهرب مما يحيط معضلة الحدث الأول (انفجار المفردة) من مشكلات، فإنه يعيدنا إلى مواجهة المعضلة الأكبر، وهي:

كيف وُجد الكون؟

هل توافقني - قارئي الكريم - أن حاجز العجز عن الاكتشاف يزداد ارتفاعًا!

معضلة المكان والزمان

هناك سبب آخر - ربما أغرب من الخيال - للعجز عن فهم «لحظة وما قبل الانفجار الكوني». فعندما نتحدث عن انفجار، نتصور حدثًا يحدث في «مكان» محدد ثم ينتشر، مثلما تتصور مثلًا - أن تضع إصبعًا من الديناميت في ثقب أحدثته في قاع مدخنة من أجل تفجيرها وهدمها، في هذه الحالة، يبدأ الانفجار في منطقة محدودة ويمتد منها ليملأ المكان المحيط.

لكن الأمر كان مختلفًا مع الانفجار العظيم؛ **لم يكن هناك مكان محيط**! فلم يكن الكون وحده غير موجود، بل كان المكان ذاته غير موجود. الحقيقة المدهشة أن عناقيد المجرات لم تتباعد في مكان، بل إن **نشأة المكان** بالتمدد هو الذي باعد بين هذه العناقيد.

وكتشبيه للأمر، تصور أنك لصقت بعض العملات المعدنية الصغيرة على سطح بالون مطاطي، ثم انفخ هذا البالون، ستجد أن العملات المعدنية تتباعد. إن العملات لم تنزلق على سطح البالون إلى أماكن لم تكن موجودة فيها، بل إن البالون ذاته قد تمدد وحمل العملات المعدنية معه، هذا ما حدث مع الكون؛ **إن عناقيد المجرات تباعدت مع تمدد المكان**.

إن هذا المثال يفسر لنا لماذا لا يؤدي تمدد المكان إلى تمدد الأشياء الأخرى؛ كالذرات والنظم النجمية والمجرات ذاتها. لاحظ أنه لو صاحب تمدد المكان تمدد هذه الأشياء لما استطعنا رصد التمدد، مثال ذلك لو تمددت مسافة ما وفي نفس الوقت تمددت مسطرة القياس بنفس النسبة، عندها سنحصل على نفس القياسات.

وبالرغم من أن تمدد المكان يدفع الذرات والنظم النجمية والمجرات بعيدًا عن بعضها

- كما في مثال البالون والعملات المعدنية - فإن القوى الفيزيائية (الكهربائية والجاذبية) التي تمسك بهذه الكيانات إلى بعضها ستتغلب، لذلك تظل المجرة متماسكة. أما عندما ننظر إلى المسافات الخالية التي تفصل العناقيد المجرية نجد أن قوى الجاذبية تكون ضعيفة مما يسمح بتمدد المكان وتباعد تلك العناقيد.

ويأخذنا ستانارد إلى أعماق أكبر بخصوص تمدد المكان؛ فيمازحنا في كتابه قائلًا:

أدرك قدر حيرتك؛ أن نطلق على المكان بين عناقيد المجرات وصف **«المكان الفارغ»**! أهو اسم مرادف لـ **«لا شيء»**؟. إذا كان الأمر كذلك، فكيف لـ «لا شيء» أن يمدد الكون الهائل بحيث يدفع عناقيد المجرات الهائلة للتباعد؟!

الحقيقة أن **الفيزيائيين لا يعتبرون أن «المكان الفارغ» هو «لا شيء»**! إنه شيء يحدث فيه الكثير من الأحداث المثيرة! تذكر دائمًا أن **المكان قد بدأ كنقطة**، كيان لا حجم له، وهذا ما يجعلنا نقول إن المكان قد بزغ إلى الوجود في لحظة الانفجار العظيم.

ليس فقط المكان هو الذي نشأ مع الانفجار العظيم، بل وأيضًا **الزمان**، ذلك أن هناك اتصالًا لصيقًا جدًّا جدًّا بين المكان والزمان، بحيث لا يوجد مكان دون زمان ولا زمان دون مكان، وهذا ما دفع آينشتين لأن يطرح **مفهوم «الزمكان»**. ولذلك نعتبر أن الانفجار العظيم عندما أتى بالمكان فقد أتى أيضًا بالزمان، ومن ذلك نستنتج أن قبل الانفجار العظيم لم يكن هناك زمان[1].

نظرية الحالة المستقرة

من الطبيعي أن يخطر على بالنا تساؤل إن كانت هناك **نظريات بديلة عن الانفجار العظيم** لتفسير نشأة الكون؟

لا شك أن **نظرية الحالة المستقرة** Steady State Theory كانت في وقت من الأوقات المنافس الأول لنظرية الانفجار الكوني العظيم، وكما يشير اسمها فهي تعتبر أن **ليس للكون بداية ولا نهاية**. كيف ذلك؟

(1) سنفصل نشأة المكان في الفصل السابع ونشاة المكان في الفصل التاسع.

عندما ينظر الفلكيـون إلى منطقة معينة من الفضاء فإنهم يجدون عناقيد المجرات تغادرها نتيجة لتمدد الكون. وفي نفس الوقت تتخلق في المنطقة مادة جديدة بشكل مستمر، على هيئة عنـاصر خفيفة يتجمع بعضها ليشـكل نجومًـا ومجرات جديدة، وهذه بالتبعيـة تتحرك لتغادر المنطقـة التي يرصدونهـا. وبالتالي يظل مظهر هـذه المنطقة من الفضـاء دون تغيير. إنها **حالة مسـتقرة** نتيجـة لتعادل تام متكرر بين عملية حركة المجرات بعيـدًا عن منطقة ما وبين عملية تخليق مادة جديدة في هذه المنطقة.

لذلـك ترى هذه النظرية **ألا حاجة لانفجار كوني واحد محدد**. وفي البداية اقتنع الكثيرون مـن علـماء الفلـك تمامًـا بالنظرية، لكنها لم تسـتطع - عبر السـنين - أن تصمـد في وجه الأدلة المتراكمة القوية على حدوث الانفجار الكوني العظيم، **هكذا ماتت نظرية بدت مثيرة مدهشة.**

لماذا يوجد وجود؟

ويختم ستانارد فصله عن «خلق الكون» بهذا المبحث العميق فلسفيًّا.

إن الطرح السابق يسبب للباحثين عن سبب للانفجار العظيم مشكلة لا يمكن تذليلها:

لقد اعتدنا أن نقول إن **السبب يتبعه تأثير/ نتيجة**؛ فمثلًا:

قَذَفَ الصبي النافذة بحجر (سبب) ← تحطم زجاج النافذة (تأثير/ نتيجة).

في معضلتنـا؛ **التأثـير هو الانفجار العظيم**، ومن ثم ينبغي أن «يسـبق» سـببٌ ما الانفجارَ. لكـن في حالـة الانفجار العظيم ليس هناك معنى لمفهوم «يسـبق». وإذا كان مفهوم «المفردة» التي انفجرت يجعلنا نطرح السؤال؛ وماذا قبل ذلك؟ فقد رأينا أنه **ليس «قبل» الانفجار العظيم «قبل»**، ومن ثم يصبح العلم عاجزًا عن مجرد التفكير في سـبب الانفجار العظيم بالرغم من أن هذا التفكير يبدو منطقيًّا!

لذلك يتساءل ستانارد تساؤلًا محيرًا:

هل التساؤل عن سبب الانفجار العظيم هو قضية علمية؟

ويغوص ستانارد بنا إلى عمق أكبر، فيقول: إن عدم وجود الوجود لا يتطلب تفسيرًا، وقد نقبل تفسير ذلك بأنه ليس هناك مبرر لأن يوجد شيء. لكن بمجرد أن يوجد شيء - الكون - هنا تقفز الأسئلة: لماذا وُجد الكون؟ ومن المسئول عن ذلك؟ ولماذا هذا النمط من الكون وليس نمطًا آخر؟ و...

إن **كُتَّاب الخيال العلمي** - انطلاقًا مفهوم الاحتمالية - يصفون لنا أكوانًا مختلفة ممكنة علميًّا، لكنها تظل تخيلية لا وجود لها. فلماذا كان كوننا استثناءً من هذه الاحتمالات وبرز إلى الوجود؟.

وعندما برز كوننا، هل هناك ضمان من شركة تأمين بأن يظل قائمًا؟!

هل يكفي أن نجيب عن هذه التساؤلات بأنها قضايا **خارج نطاق العلم**؟

أم يصبح علينا أن نجيب عن كل هذه التساؤلات من خلال **منظور الإله الخالق**؟

هنا نعود إلى المعضلة الفلسفية التي أَرَّقَت العقول العبقرية طوال أربعة آلاف سنة:

لماذا يوجد شيءٌ بدلًا من لا شيء؟

أرى أن الشيء الذي نحن متيقنون منه - في نهاية هذا الفصل المضني - أن **العلم لا علاقة له بهذا الجانب من الموضوع، فالعلم يتعامل مع الكون باعتباره موجودًا فحسب، ولا يهتم إلا بمحاولة اكتشاف طبيعته وآلياته**. وبالتالي فإن أي تساؤل عن «**لماذا Why**» **يوجد وجود؟** هو تساؤل خارج قدرات العلم. وهذا التساؤل يصبح بئرًا متاحًا **للفلاسفة ورجال الدين** ليدلوا فيه بدلائهم.

الفصل الثالث

لغة الإله الكونية

- لقد كتب الإله كتاب الطبيعة بلغة الرياضيات
- طلاسم فيزيائية ورياضية
- من كتب قوانين الطبيعة؟!
- هل سنفهم العالم تمامًا؟
- هل الرياضيات اختراع أم اكتشاف؟!
- ثوابت ثابتة أم متغيرة؟

بعد ماقشــة نشــأة الكون، لعل الوقفة التالية ينبغي أن تكون مع كيف سارت هذه النشأة، وما أن ندلف إلى هذا الميدان حتى تفاجئنا حقيقة ناصعة:

إذا كان الكون يدور بهيئة فوضوية، فإن أي شيء - وكل شيء - يمكن أن يحدث، ولن نكون في حاجة إلى تفســير، لكن ليس هذا هو شــأن كوننا. وقد عبر آينشتين عن ذلك بمقولته المعبرة: **«إن أكثر الأشياء استعصاءً على الفهم في الكون، أنه مفهوم»**[1].

إن ذلك يعني أن الكون يســلك تبعًا لنُظُم نسميها **قوانين الطبيعة**، وهذا السلوك يثير العديد من الأسئلة:

- ❐ لماذا يسلك الكون تبعًا لنُظُم؟
- ❐ لماذا توجد قوانين في الطبيعة؟
- ❐ لماذا تلتزم الموجودات بالسلوك تبعًا لقوانين الطبيعة.
- ❐ ما مصدر هذه القوانين؟
- ❐ لماذا القوانين بهذه الهيئة وليست بهيئة غيرها؟
- ❐ لماذا سمحت القوانين للكون بسلوكيات معينة وليس بسلوكيات أخرى؟
- ❐ ...

(1) The most incomprehensible thing about the universe is that it is comprehensible.

هذه المقولة لآينشتين أثيرة إلى نفسي، وكثيرًا ما استشهد بها.

لقد كتب الإله كتاب الطبيعة بلغة الرياضيات

يدعـي بعض العلـماء، أننا عندما نعرف كل شيء عن قوانين الطبيعة، فسنكتشـف أن **هذه القوانـين هي وحدها الممكنـة**، ومن ثم ليس هناك غموض في الأمر. إن سـتانارد يعتبر أن هذا استنتاج لا دليل عليه، بل إنه يرفض هذا الادعاء. ويستدل على ذلك قائلًا:

كتـب جاليليو ذات مرة: «**لقد كتب الإله كتاب الطبيعة بلغة الرياضيات**». وبالفعل، لعل أهم سمات قوانين الطبيعة أنه يمكن صياغتها رياضيًّا. وتتكون البنية أو المنظومة الرياضية أولًا من مجموعة من **المدخلات** (البديهيات والمسـلمات والفرضيات)، قد تكون - مثلًا - مسـلمات الهندسة الإقليدية التي تعلمناها في المدرسة[1].

ثـم تنبني على هذه المدخلات **النظريةُ الرياضية**، وبذلـك تكون النظريات الرياضية هي النتائج أو المقولات الصحيحة التي يمكن استنتاجها في حالة قبول مجموعة معينة من البديهيات والمسـلمات والفرضيات. ولعل أشـهر مثال للنظرية المبنية على الهندسـة الإقليدية هي **نظرية فيثاغورس** الخاصة بالمثلث قائم الزاوية[2].

وإذا نظرنـا إلى «**نظريـة كل شيء** TOE» نجـد أنها لن تكـون إلا نظامًا رياضيًّا مناسـبًا، مسـلماته هي قوانين الطبيعة التي تصف سـلوك القوى الطبيعية الأربع[3]، وستشـتمل صياغة النظرية على جميع السـلوكيات المحتملة التي يمكن أن تحـدث في الكون نتيجة لتفعيل وتفاعل هذه القوانين، أو بلغة أخرى بسيطة؛ تقوم النظرية **بتوصيف كل ما يحدث في الكون بأسلوب رياضي**.

(1) في الفصل الخامس من الباب الأول، عَرَّفنا الهندسة الإقليدية، كما عرفنا البديهات والمسلمات والفرضيات.

(2) Pythagoras: (570 - 495 ق.م) الفيلسـوف والرياضيـاتي اليوناني الشـهير، وتنص نظريتـه هذه على أن «مربع وتر المثلث قائم الزاوية يساوي مجموع مربع الضلعين الآخرين».

(3) توجد في الطبيعة أربع قوى: القوة الكهرومغناطسية، وقوة الجاذبية، والقوة النووية القوية، والقوة النووية الضعيفة. ويقوم ستانارد بالتعريف بها ومناقشتها في الفصل العاشر، كما يقوم بمناقشة نظرية كل شيء في الفصل الثاني عشر.

طلاسم فيزيائية ورياضية

بعد أن استعرضنا شيئًا من العلاقة بين الفيزياء والرياضيات في إطار منظومة الكون، نقف هذه الوقفة مع بعض ما تكشفه هذه العلاقة من مشكلات تكتنف كلًّا منهما:

مَن كَتَبَ قوانين الطبيعة؟!

تتفق كل النظم الرياضية فيما بينها في شيء محدد، وهي أنك لا تستطيع أن تعرف من داخل المنظومة **لماذا تم اختيار ما يُستخدم فيها من مسلمات**، فهذا الاختيار يتم تبعًا لرغبة من يجري العملية الرياضية، أي يتم من خارج المنظومة[1]. وأحيانًا تكون هذه المنظومة جزءًا من منظومة أكبر، عندها ستكون المسلمات مشتقة مما تثبته المنظومة الأكبر، وهذا يعني أن المسلمات هي من خارج المنظومة الأصغر وليست من داخلها، وفي هذه الحالة أيضًا لن نعرف من داخل المنظومة الأكبر لماذا تم اختيار مسلماتها.

في ضوء هذا المفهوم؛ إذا نظرنا إلى «**نظرية كل شيء**» التي نطمع أن تُوَصِّف سلوك العالم، نجد **أننا جزء من داخل هذه المنظومة**، ومن ثم لا يمكننا تفسير لماذا تم تحديد مدخلاتها التي تشتمل على جميع القوانين الفيزيائية، أي أننا **يستحيل أن نعرف لماذا تم تحديد هذه القوانين لإدارة الكون**.

---

(1) مثال ذلك: إذا أردت أن تحدد مقدار زوايا المثلث:

إذا اخترت في المسلمات أن تتبع الهندسة الإقليدية، أي أن تتعامل مع سطح مستوٍ (مثلما فعل نيوتن عند دراسته للكون)، عندها ستكون نتيجة العملية الرياضية أن مقدار زوايا المثلث هو 180°.

أما إذا اخترت في المسلمات أن تتعامل مع سطح محدب (مثلما فعل آينشتين في نسبيته العامة) عندها ستكون نتيجة العملية الرياضية أن مقدار زوايا المثلث هو أكبر من 180°.

وتكون زوايا المثلث أقل من 180° إذا اخترت أن تتعامل مع سطح مقعر.

وفي جميع الأحوال، لن تعرف من داخل العملية الرياضية لماذا تم اختيار هذا السطح أو هذا أو هذا. وفي نفس الوقت أيضًا، لن تعرف من العملية الرياضية حقيقة الكون؛ هل هو مستو أم محدب أم مقعر. فمعرفة ذلك تحتاج لأدلة فيزيائية.

وإذا كان تحديد مدخلات المنظومة الرياضية ينبغي أن يتم من خارجها، فينبغي أن نتساءل عمن حدد هذه المدخلات (قوانين الطبيعة)، أي:

مَن كَتَبَ قوانين الطبيعة؟

ويعتبر ستانارد أن هذا السؤال يمثل حاجزًا لا يستطيع العلم تخطيه.

إن الإلغاز لا يقف عند ذلك الحد، فحقيقة الأمر أعقد من ذلك كثيرًا:

هل سنفهم العالم تمامًا؟

في العام 1931، وضع كورت جوديل نظريته الشهيرة المعروفة بـ «**مبرهنة عدم الاكتمال**[1] Incompleteness Theorem»، التي تدور حول مفهوم شديد الأهمية، وهو أن النظم الرياضية (مثل نظرية كل شيء) **توجد داخلها معطيات صحيحة لا نستطيع البرهنة عليها، وإذا أسقطنا ما لا نستطيع البرهنة عليه فإن المنظومة لن تكون مكتملة**. ومن ثم، فإن المنظومة الرياضية؛ إما أن تكون مكتملة وغير مبرهنة في بعض أجزائها، أو تكون جميع أجزائها مبرهنة لكنها تكون غير مكتملة. من ذلك نستنتج أنه سيظل هناك قدر - لا مفر منه - من عدم الاكتمال في فهمنا لحقيقة العالم، لذلك يطرح ستانارد سؤالًا يعتبره غير قابل للإجابة:

هل يمكن أن نثبت «رياضيًّا» أن العلم سيظل دائمًا غير مكتمل؟

قناعتي، أن مبرهنة جوديل تكاد أن تكون دليلًا قاطعًا على **استحالة اكتمال نظرتنا للعالم**، وهو ما أراد ستانارد إثباته عندما وضع هذا الكتاب.

هل الرياضيات اختراعٌ أم اكتشاف؟!

يطرح حديثنا السابق عن الرياضيات سؤالًا قد يبدو «مستفزًّا» لغير المتخصصين! وهو:

ما هي حقيقة الرياضيات ذاتها؟

هل هي لغة اخترعناها، مثل بقية اللغات؛ العربية والإنجليزية والفرنسية والألمانية؟

(1) تحدثنا عن جوديل ومبرهنته ببعض التفصيل في الفصل الخامس من الباب الأول.

أم أن ما تتسم به الرياضيات من منطقية هو سمة في بنيتها، ودورنا هو أن نكتشفها لا أن نخترعها؟

لتوضيح القضية، تأمل هذا المثال التخيلي: إذا لم يوجد عالم فيزيائي، وبالتالي لن توجد مثلثات فيزيائية، فهل سيظل المفهوم الذي تطرحه نظرية فيثاغورس صحيحًا؟

إن هذه قضية تم تداولها لأجيال، دون الاتفاق على رأي فيها، فهل سنظل عاجزين عن إجابة سؤال:

ما هي حقيقة الرياضيات؟

يتوقع ستانارد أننا سنظل نتعامل مع الرياضيات ونستشهد بحجيتها دون أن نعرف حقيقتها!

وقناعتي؛ أن الرياضيات هي لغة من **«ابتكار»** الإنسان للتعبير عن علاقات حقيقية **«نكتشفها»** عن بنية وسلوك الكون.

ثوابت ثابتة أم متغيرة؟

إن الكثير من القوانين الفيزيائية تشتمل في صياغاتها الرياضية على **«ثوابت»** فيزيائية أساسية تؤثر في نتائجها؛ مثل سرعة الضوء، وثابت قوة الجاذبية، وثابت القوة الكهربائية والمغناطيسية وغيرها.



(شكل - 33)
بول ديراك

ولعلي أرى أن نختم هذا الفصل بسؤال عن هذه الثوابت طالما حَيَّر الفيزيائيين:

هل هذه الثوابت هي ثابتة حقًا عبر الزمن؟

لقد آثار هذا السؤال في البداية **بول ديراك**[1] (شكل - 33) عام 1937. ومنذ ذلك الحين تُقابلنا من وقت لآخر تقارير عن شواهد على تغير بعض هذه الثوابت؛ مثل سرعة الضوء.

(1) Paul Dirac: (1902 - 1984) الفيزيائي الرياضياتي السويسري البريطاني الشهير، حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1933 (وهو في سن الواحدة والثلاثين) لاكتشافه البوزيترون.

ومـن هذه الثوابـت التي حازت اهتـمام العلـماء؛ **ثابت البنيـة الدقيقـة** Fine Structure Constant الـذي يحكـم تفاعـل الضوء على الجسـيمات المشـحونة كهربائيًا مثـل إلكترونات الذرة. ولدراسـة الأمر، قام العلماء بأبحاث على السـحب الغازية هائلة البعد عنا، والتي ترجع العمليـات التي نرصدها فيها الآن إلى 12 بليون سـنة مضت. لقـد درس الباحثون كيف كانت هذه السحب تمتص الضوء في هذا الزمن السحيق، وقد رجحت النتائج أن هذا الامتصاص كان مختلفًا عما يحدث الآن، وذلك يعني أن ثابت البنية الدقيقة قد تغير عبر هذا الزمن. وقد قوبلت هذه النتيجة ببعض الاعتراضات.

وسيظل السؤال - على الأقل لوقت قادم - مطروحًا:

هل تتغير الثوابت الفيزيائية عبر الزمن؟

لقد سبق أن واجه نيوتن هذا السؤال فأجاب:

«إن قوانين الطبيعة وثوابتها الفيزيائية هي إرادة الله،

ويمكن أن تتغير هذه القوانين والثوابت إذا غَيَّرَ الله إرادته،

وطالما ظلت إرادة الله ثابتة فستظل القوانين والثوابت ثابتة»...

كم تُرضيني هذه الإجابة لسير إسحق نيوتن...

الفصل الرابع

يا محاسن الصُّدَف!!!

- لا أحسبها مجرد مصادفات سعيدة!
- أولًا: مقدار قوة الانفجار الكوني
- ثانيًا: مقدار قوة الجاذبية
- ثالثًا: تكوين عناصر الحياة داخل أفران النجوم
- رابعًا: خروج عناصر الحياة من الأفران النووية
- خامسًا: لَمْ الكُناسة لتكوين الكواكب الصخرية
- سادسًا: من الفيزياء إلى الكيمياء
- سابعًا: ما مصدر معلومات الحياة؟
- ثامنًا: عملية نسخ الدنا DNA
- حقًّا... إنه كون عجيب للغاية
- التصميم المقصود أم أكوان لا نهائية؟

إذا كنا قد خصصنا الفصل الأول من الباب لبيان ما يحيط بالعقل من معضلات، باعتباره **الوسيلة لفهم موضوعات الفيزياء الحديثة** التي يطرحها في كتابه الماتع، ثم وفنا في الفصل الثاني مع نشأة الكون الذي هو **مسرح الثورات الثلاث** (الكوانتم - النسبية - الجسيمات) التي نتناولها في هذا الباب، كما خصصنا الفصل الثالث لبيان المعضلات التي تحيط **بقوانين الطبيعة** باعتبارها **آليات** هذه الفيزياء، فقد آن الأوان للحديث عن العلاقة بين هذه الكيانات الثلاثة (الإنسان - الكون - القوانين) والتي نُعَبِّر عنها بـ **«المبدأ البشري»**.

والمقصود بـ **«المبدأ البشري»** هو أن نشأة الكون وبنيته وسماته وقوانينه مناسبة تمامًا لظهور الإنسان. ويبين ستانارد في هذا الفصل أن مواءمة الكون لظهور الحياة وتطورها وصولًا إلى الإنسان الذكي قد تطلبت أن تكون نشأة الكون وبنيته وسماته **غير متماشية بتاتًا مع توقعاتنا!!!** لذلك كثيرًا ما يصف ستانارد كوننا الذي نحيا فيه بأنه **« كون عجيب للغاية»**. فما هي الجوانب التي جعلت نشأة الكون وبنيته وسماته وجريان أحداثه أمرًا عجيبًا؟ تأمل معي:

لا أحسبها مجرد مصادفات سعيدة[1]

نركز في هذا الفصل على طرح عدة توافقات تبين أن نشأة الكون وبنيته وسماته وجريان أحداثه ليكون على هذه الهيئة **يستحيل أن تكون نتاجًا لأحداث صدفوية**، وبعد أن نثبت ذلك بشكل جازم ننهي الفصل بتفسيرين لهذه المواءمة، وأترك لك الاختيار بينهما. وهذه التوافقات هي:

(1) يقوم هذا الطرح على مبحث بعنوان «المبدأ البشري» من كتابي « كيف بدأ الخلق؟» - نيوبوك للنشر والتوزيع، الطبعة السابعة، 2017.

أولًا: مقدار قوة الانفجار الكوني

كان طبيعيًّا أن تكون بدايتنا لإثبات المبدأ البشري مع الانفجار الكوني، باعتباره الحدث الأول في نشأة مسرح الأحداث؛ الكون:

تأمل عنف الانفجار الكوني؛ لقد كان عنيفًا للغاية. وكان ينبغي أن يكون كذلك إذا كان لنا - وربما لأي كائنات ذكية أخرى - أن نظهر.

ذلك أن الانفجار **لو كان أقل عنفًا من ذلك** - ولو قليلًا - لكانت الجاذبية بين عناقيد المجرات أقوى ولتوقف الكون عن الاتساع، ثم تبدأ عناقيد المجرات في الانجذاب لبعضها حتى تنسحق في نقطة واحدة كالتي بدأ بها الانفجار، وهذا ما يُطَلق عليه **سيناريو «الانسحاق العظيم** Big Crunch».

إن هذا السيناريو كان سينهي عمر الكون الحالي قبل مضي عشرة بلايين سنة، وهو الوقت المطلوب لعمليات نشأة الحياة ثم تطورها حتى وصلنا نحن. ومن ثم، فإن انفجارًا كونيًّا **أقل عنفًا** مما حدث ما كان ليسمح بنشأة الحياة.

كذلك، ما كان يمكن أيضًا أن نُوجَد لو كان الانفجار الأعظم **أكثر عنفًا مما حدث**. فانفجار أعنف كان سيمدد الكون بسرعة أكبر كثيرًا من السرعة المناسبة، بحيث **تتفرق غازات الانفجار** دون أن يتاح لها الوقت الكافي لتتجمع لتشكل نجوم المستقبل، والتي منها شمسنا التي لولاها ما كان للحياة أن تظهر.

وبالتالي، من أجل أن تنشأ الحياة كان ينبغي أن يكون عنف الانفجار منضبطًا بين الأضعف والأقوى في **مدى Range ضيق للغاية**. وبالفعل، لقد حقق كوننا عنف الانفجار المطلوب في إطار هذا المدى.

كيف حقق كوننا ذلك؟

جزء من التفسير يقدمه **سيناريو التضخم**؛ تلك الفترة القصيرة للغاية والمهمة، التي تمدد فيها الكون بسرعة هائلة فور حدوث الانفجار الكوني، وهي المرحلة التي وفرت لكوننا الظروف الملائمة ليبدأ **توسع هابل** المعتاد. وبالرغم من أن ظروف كوننا تؤدي إلى أن يتباطأ تمدد الكون

حتى يتوقف، فإن ذلك سيحدث في مستقبل بعيد للغاية، وقد حمى ذلك كوننا من انسحاق عظيم سريع محتمل.

لقد حل هذا التفسير نصف المشكلة؛ وهي أن قوة الانفجار الكوني لم تكن أضعف من أن تسمح بنشأة الحياة[1]. إن هذه القوة كان لها ثمنها، وهو إنفاق المزيد من الطاقة مما **يتعارض مع قوانين الفيزياء** التي تسعى لتوفير الطاقة. ليس ذلك فحسب، بل لقد تم تحقيق ذلك من خلال **آلية هائلة التعقيد**، وهي مرحلة التضخم هائلة القصر. إن هذه الآلية تطرح سؤالًا شديد الإلغاز: كيف تم هذا التنسيق المبهر؟ إن العلم يعجز عن إجابة هذا السؤال، و إن كان البعض يقولون - بكل راحة ضمير! - كان ذلك محض صدفة!

كيف ضبطت مرحلة التضخم سيناريو نشأة الكون ضبطًا دقيقًا للغاية لمليارات السنين التالية؟

ثانيًا: مقدار قوة الجاذبية

العامل الثاني اللازم لنشأة الحياة هو مقدار قوة الجاذبية الذي تتحكم فيه قيمة **ثابت فيزيائي** نرمز له بالحرف «ج - G»[2]. إن قوة الجاذبية مسئولة عن تجميع الغازات التي أنتجها الانفجار الكوني في تركيزات ذات كثافة عالية، و يتبع ذلك أن تنضغط الغازات معًا فترتفع درجة حرارتها.

و إذا كانت الغازات التي جَمَّعتها الجاذبية كافية، فإن درجة حرارتها قد تتجاوز المليون درجة، عندها تتزايد حركة جسيماتها تحت الذرية، حتى تتصادم نويات الهيدروچين والهيليوم (التي أنتجها الانفجار العظيم) بعنف فتندمج معًا لتكون **نويات العناصر الأثقل** مع انطلاق كميات كبيرة من **طاقة الاندماج النووي**، وهي الطاقة التي تنتجها القنابل الهيدروچينية.

إن هذه حالة من الصعب الحصول عليها في المعمل، وقد فشلت الجهود الكبيرة التي بُذلت

(1) النصف الثاني من المشكلة، هي أن يكون الانفجار الكوني أقوى من أن يسمح بنشأة الحياة.

(2) ثابت الجاذبية Gravitational Constant، هو ثابت طبيعي عام (للأجسام الصغيرة والأجرام الهائلة) يمكن قياسه عمليًّا و يتم بواسطته تقدير التجاذب بين الأجسام، وهو من مكونات نظريتي نيوتن للجاذبية وأيضًا النسبية. ولا يجب الخلط بين ثابت الجاذبية الطبيعي العام (G) وبين عجلة الجاذبية (g) التي تعبر عن مقدار جاذبية الأرض وتختلف من مكان لآخر ومن جُرم لآخر.

حتى الآن لتسخير طاقة الاندماج النووي في الأغراض السلمية، لكن **نجمنا الشمس** يفعل ذلك باستمرار وببساطة ودون جهد. إن شمسنا تحترق بمعدلها الحالي طوال خمسة بلايين عام مضت، وستستمر في ذلك طوال خمسة بلايين عامًا قادمة. لقد نجح مقدار ثابت الجاذبية المنضبط في الوصول إلى **توازن دقيق** بين المعدل الذي يتغذى به الفرن الذي يقع في قلب الشمس بالوقود وبين المعدل الذي تتم به التفاعلات النووية.

أما إذا كان **ثابت الجاذبية (ج - G) أعلى** من مقداره الحالي، لكانت كمية الغاز التي تجمعت في شمسنا أكبر ولأصبحت نجمًا هائلًا Massive Star تكون درجة حرارته أعلى، مما يُسَرِّع من الاندماجات النووية، فيقل عمر نشاط النجم إلى قرابة المليون سنة فقط مما لا يسمح بنشأة الحياة. لذلك تحتاج نشأة الحياة على كوكبنا الأرض إلى **نجم متوسط الحجم** مثل شمسنا التي استطاعت توفير دفء مستمر على سطح كوكبنا لمدة 4.5 بليون سنة التي هي عمر الأرض الآن.

ولكن، ماذا لو كانت **قيمة ثابت الجاذبية (ج - G) أقل؟**

إن ذلك لن يسمح أيضًا ببزوغ الحياة، ذلك أن الجاذبية الأضعف بين جسيمات الغاز لن تسمح بتجمع كميات كافية من غازات الانفجار العظيم، ولن يسمح ذلك بارتفاع درجات الحرارة إلى الحد الذي يُشعل فرن الاندماج النووي. و إذا غاب الاندماج النووي لن يكون هناك نجم، وبالتالي لن تكون هناك حياة.

ومن ثم، من أجل أن تكون هناك حياة، ينبغي ألا تكون قوة الجاذبية أقوى ولا أضعف من حد حرج، والمدى الذي يقع فيه هذا الحد هو مدى ضيق للغاية، وهذا يطرح سؤالًا ملغزًا:

كيف تم ضبط ثابت جاذبية كوننا في مدى الحد الحرج؟

هل نعتبر هذا سهمًا مسددًا بدقة بالغة أم نعتبره مجرد مصادفة أخرى؟

ثالثًا: تكوين عناصر الحياة داخل أفران النجوم

الآن، نلتفت إلى **المواد التي تتكون منها أجسام الكائنات الحية.**

إن كل ما أنتجه الانفجار الكوني هو غازي الهيدروجين والهيليوم الخفيفين[1]، وهذا

(1) بالإضافة إلى كميات ضئيلة للغاية من غازات أخرى خفيفة .

بالفعل ما كان مطلوبًا من أجل أن تنشأ الحياة! فالنويات الخفيفة فقط هي التي يمكن أن تصمد أمام المصادمات العنيفة بين الجسيمات التي سببها عنف الانفجار الكوني، وأي شيء أكبر كان سينسحق فور تكونه.

لكن أحدًا لا يستطيع إنتاج أشياء ذات قيمة - كجسم الإنسان - مستخدمًا الهيدروچين والهيليوم فحسب. لذلك احتاج الأمر بعد الانفجار إلى تكوين نويات بقية **العناصر الـ 92 الأثقل** الموجودة على سطح الأرض عن طريق اندماج العناصر الأخف، وهذه وظيفة أخرى للنجوم ينبغي عليها القيام بها.

لا شك أن أهم ذرة مطلوبة لنشأة الحياة هي **ذرة الكربون**، ذلك أنها مزودة بالعديد من «الخطاطيف Hooks» التي تُمكِّنها من الالتصاق بذرات أخرى. ومن ثم فهي مناسبة للغاية لتشكيل وتجميع الجزيئات الكبيرة ذات الأهمية البيولوچية. وبالرغم من الأهمية القصوى لذرة الكربون لنشأة الحياة، إلا أن تكوينها لم يكن عملية سهلة على الإطلاق.

إن نواة ذرة الكربون تتكون من التحام ثلاث نويات من الهيليوم، ويعتمد نجاح الالتحام على ظاهرة تعرف بـ **«الرنين النووي** Nuclear Resnance» التي تعني أن سلوك جسيم تحت ذري تجاه آخر مماثل يتوقف على سرعتهما عند الاقتراب من بعضهما، فعند سرعات اقتراب معينة يبدو الجسيم كبيرًا بشكل استثنائي، مما يعطي فرصة أكبر للاندماج. وما حدث في نجوم الجيل الأول، هو أن نواتي هيليوم تصادمتا والتحمتا وتلتحمان سويًا للحظة سريعة عابرة ليُكَوِّنا نواة غير مستقرة لعنصر البريليوم[1] Beryllium، عندها تبدو نواة البريليوم ضخمة (بسبب الرنين النووي) بالنسبة لنواة الهيليوم الثالثة المقتربة منها، مما يسمح باندماجهما قبل انشطار نواة البريليوم غير المستقرة. إن هذا السيناريو المعقد يطرح سؤالًا ملغزًا:

كيف تم ضبط هذه الآلية - شديدة التعقيد - لإنتاج ذرة الكربون؟

هل هي صدفة سعيدة تلك التي لعبت دورًا محوريًّا في تكوين نواة الكربون، مما جعل ظهورنا على مسرح الحياة ممكنًا؟!

(1) Be: عنصر نادر في الطبيعة، رقمه الذري 4، أي ضعف الرقم الذري للهيليوم، والرقم الذري للكربون هو 6.

تَحَصَّلنا الآن على الكربون الثمين، مما يجعل الأمر بعد ذلك أيسر؛ إن التصادم بين بعض نويات الكربون وبعض نويات الهيليوم سيُنتج الأوكسجين الحيوي للحياة، وهكذا **بقية العناصر المهمة**.

رابعًا: خروج عناصر الحياة من الأفران النووية

المشكلة التالية، أن عناصر الحياة التي تكونت **تقع في قلب نجم** تبلغ درجة حرارته عشرة ملايين درجة، ولا أحسبه مناخًا ملائمًا لنشأة الحياة! إن هذه العناصر ينبغي أن تُلفظ خارج النجم. ولكن كيف؟ للأسف، إن النجوم لا تملك صواريخ لتحمل هذه العناصر المهمة إلى الفضاء!

لقد كان الحلُّ عبقريًّا...

الحل هو أن تنفجر بعض هذه النجوم لتقذف بمحتوياتها إلى الفضاء، وهي العملية التي نطلق عليها «**انفجارات السوبرنوڤا** Supernova Explosions». ويحدث ذلك عندما تستنفذ النجوم الهائلة للغاية وقودها فتصبح غير قادرة على أن تتماسك في مواجهة جاذبيتها الداخلية، فتنهار على نفسها فجأة ثم تنفجر! إن هذا التفسير مُلغز للغاية:

كيف يؤدي الانهيار إلى الداخل (الانبجار Implosion) إلى انفجار Explosion؟!!!

لقد ظل هذا اللغز يتحدى عقول علماء فيزياء النجوم لسنوات طويلة، حتى خرجوا علينا بآلية غير متوقعة البتة. لقد تم تفجير السوبرنوڤا **باستخدام النيوترينوات** Neutrinos بالرغم مما ذكرناه قبلًا من أنها **خاملة للغاية**! لكن الواقع فعلًا إنها النيوترينوات هي التي أطلقت كل المادة التي تشكلت منها أجسادنا[1]. لا شك أن ذلك يثير سؤالاً ملغزًا للغاية:

---

(1) بعد خمسين عامًا من الأبحاث تم التوصل (في الربع الأخير من القرن العشرين) إلى هذا السيناريو لتحول السوبرنوڤا إلى نجم نيتروني ثم انفجاره بآلية النيوترينوات، وهو السيناريو الذي دعمته نماذج المحاكاة الحاسوبية:
بعد ملايين السنين من تطور السوبرنوڤا واستنفاذ وقودها، ينهار السوبرنوڤا على نفسه بسبب غلبة قوى الجاذبية داخله. ويؤدي ذلك إلى تحول السوبرنوڤا إلى جُرم قطره حوالي 30 كم (كمدينة صغيرة) وكتلته 1.3 مرة كتلة الشمس. وتؤدي عملية الانهيار إلى التحام بروتونات نويات ذرات النجم (موجبة الشحنة) بإلكتروناتها السالبة، فيتحول قلب النجم إلى كتلة متلاصقة من النيوترونات (يصبح نجمًا نيوترونيًّا) مع إطلاق قدر هائل من الطاقة على هيئة نيوترينوات، ويؤدي ذلك إلى أن تصل حرارة قلب النجم إلى 500 بليون درجة كلڤن. =

لماذا وكيف تبدل نشاط النيوترينوات بعد انتهاء مهمتها في تفجير السوبر نوڤا؟

كم نحن محظوظون أن هذه النيوترينوات لم تكن خاملة في الماضي مثلما هي الآن!!!.

خامسًا: لَمّ الكناسة لتكوين الكواكب الصخرية

بعد انفجار السوبرنوڤا (**نجوم الجيل الأول**) أصبحت العناصر الأولية المطلوبة لبناء المادة الحية متناثرة مع غازي الهيدروچين والهليوم بين النجوم. ومع الوقت تجمعت هذه الغازات في سحابات كثيفة انضغطت بشدة على بعضها لتُكَوِّن **نجوم الجيل الثاني**، وفي محيط هذه النجوم كانت هناك دوامات العناصر الأولية والغازات التي هدأت لتُكَوِّن الكواكب. هكذا تم الحصول على **الكواكب الصخرية** التي قوامها العناصر الثقيلة؛ كالأرض وعطارد والزهرة والمريخ. إن ذلك لم يكن متاحًا مع نجوم الجيل الأول لأنه لم يكن فيها وحولها إلا الهيدروچين والهيليوم.

سادسًا: من الفيزياء إلى الكيمياء

الآن، أصبحت فرصة بزوغ الحياة متاحة؛ لقد صار لدينا كوكب صخري على بعد ملائم من الشمس، مما أتاح فيه مناخًا معتدلًا، كذلك أصبحت المواد الكيميائية (غير الحية) ترقد على سطح الأرض في هيئة نطلق عليها «**الحساء البدئي** The Primordial Soup». كيف حدث ذلك؟ لا ندري.

= لقد ظهر أن هذه النيوترينوات تحمل من الطاقة ما يزيد عن احتياج السوبرنوڤا بأكثر من مائة مرة، فتتسرب بعض هذه النيوترينوات هائلة الطاقة من فرن النجم الداخلي إلى غاز النجم المحيط، فتؤدي تلك الطاقة إلى حركة هائلة في ذرات وجزيئات الغاز، مثلما يحدث عند غليان براد الشاي فوق موقد البوتاجاز. وعندما تصل حركة الغاز إلى قدر محدد فإن الطبقات الخارجية من النجم المحتضر تنفجر لتندفع إلى الفضاء الخارجي ومعها العناصر التي تم طهيها أثناء حياة النجم، وكأن غطاء براد الشاي قد انطلق من مكانه. ومن هذه العناصر التي تنبجس من النجم نظائر مشعة تؤدي طاقتها إلى أن يظل السوبر نوڤا المنفجر يبدو ساطعًا لسنوات.

سابعًا: ما مصدر معلومات الحياة؟

إن كنت **فيزيائيًّا** مثل ستانارد، سيدهشك عدد الكواكب الهائل المطلوب - وبلغة أخرى، عدد المحاولات التي تمت - من أجل إنتاج حياة ذكية، لكن لا باس، فالأمر ممكن، بدليل أنه قد حدث.

أما إن كنت **بيولوچيًّا** مثلي، ستندهش أكثر لإدراكك ضخامة عدد الحواجز (المشكلات) التي ينبغي تخطيها من أجل الوصول إلى الحياة الذكية؛ مثلًا: تكوين أول خلية معقدة، وتكوين أول كائن عديد الخلايا، ونشأة التكاثر الجنسي، و... والأهم من ذلك كله، توفير **الكم المعلوماتي الهائل** المطلوب لنشأة الحياة ولظهور كل كائن حي جديد.

وإذا علمت أن كمية المعلومات المطلوبة لبناء البروتينات في الخلية الحية - كما أثبت **مشروع الچينوم البشري** - تحتاج لتدوينها إلى 74000 صفحة من صفحات الجرائد اليومية الكبيرة، كذلك ثبت أن حتمية قوانين الطبيعة والصدفة تعجزان عن كتابة سطر واحد في هذه الصحف. فإن هذا بلا شك يطرح سؤالًا شديد الإلغاز:

ما مصدر المعلومات الهائلة اللازمة لمنظومة الحياة والأحياء؟

إنني كبيولوچي لا أعتبر هذا السؤال ملغزًا لي فحسب، بل هو معجز للعلم المادي فحسب. فالتفسير الوحيد لهذا الكم المعلوماتي الهائل هو **الإقرار بمصدر مطلق العلم والحكمة والقدرة**، أي الإقرار بعالم الغيب الذي يعاديه الماديون.

ومن الآن سيكون على البيولوچيين الماديين البحث عن **المزيد والمزيد من المصادفات البيولوچية السعيدة الهائلة** بعد المصادفات الفيزيائية التي قابلناها.

ثامنًا: عملية نسخ الدنا DNA

لا شك أن الاستشهاد بالدنا DNA على القصد والتصميم في ظاهرة الحياة يشير إلى دقة مذهلة يتطلب بيانها تفاصيل كثيرة، ومع ذلك سأطرح مثالًا بسيطًا للغاية للتوافقات السعيدة الضرورية لظاهرة الحياة، وهو **عملية النسخ** Transcription الضرورية لانتقال شفرة الدنا DNA التي تحمل المعلومات الوراثية من الآباء إلى ذرياتهم.

إن هذه العملية ينبغي أن **تتم بدقة «مناسبة»**، وإلا لن يتم الحفاظ على الشفرة من جيل لآخر. وفي نفس الوقت ينبغي ألا يتم النسخ **بدقة «كاملة»**؛ فالتطور من خلال الانتخاب الطبيعي يتطلب أن تكون هناك أخطاء (طفرات) في عملية النسخ لتعطي الفرصة لتعديلات في الشفرة الوراثية تسمح بظهور صفات جديدة يقوم الانتخاب الطبيعي باستبقاء المفيد منها على حساب الأقل فائدة أو الضار. أما إذا تم نسخ الدنا DNA بالدقة التي يحتفظ بها حاسوبك بنسخة احتياطية back up من هذا الكتاب، فلن تكون هناك طفرات يعمل عليها الانتخاب الطبيعي. وبالتالي، فإن دِقَّة عملية نسخ الدنا DNA ينبغي أن تتوسط بين أن تكون مليئة بالأخطاء (الطفرات) وبين أن تكون متناهية الدقة. وهذا التوسط يطرح أحد الأسئلة الملغزة:

كيف توافقت طفرات الشفرة الوراثية مع احتياجات تطور الكائنات؟

وهنا يتساءل ستانارد: هل هي مصادفة سعيدة أن حققت عملية النسخ التوسط الملائم تمامًا؟!

وأنا كبيولوچي يتبنى **«التطور الموجه»** أرى أن عملية التطور من كائن لآخر يستحيل أن تتم من خلال طفرات عشوائية، بل ينبغي أن تكون موجهة بدقة هائلة.

حقًّا... إنه كون عجيب للغاية

بعد هذه الرحلة الممتعة مع «الأحداث» الفيزيائية والكيميائية والبيولوچية التي وقعت أثناء نشأة الكون وتطوره وأثناء نشأة الحياة وتطورها، نقف مع ستانارد هذه الوقفة من **التأمل العلمي العميق**.

إن اجتماع هذا الكم من **المصادفات السعيدة** التي أدت إلى أن يكون كوننا ملائمًا تمامًا لاستضافة الحياة هو ما يُعرف بـ **«المبدأ البشري** The Anthropic Principle». والحقيقة أنه من الصعب أن نحدد احتمالية نشأة كون ملائم للحياة عن طريق حفنة من القوانين الفيزيائية التي اجتمعت بشكل صدفوي، خاصة إذا اعتبرنا أن **الثوابت** التي تحكم كلًّا من هذه القوانين قد جاءت مستقلة دون تنسيق مع ثوابت القوانين الأخرى.

فإذا أخذنا - مثلًا - **مقدار ثابت الجاذبية** الذي ينبغي أن يقع في حدود معينة ضيقة من أجل

أن ينشأ الكون وتبزغ الحياة، فمن المستحيل تحديد مدى تأثير هذا الثابت ما لم تكن هناك طريقة لمعرفة **علاقاته وتأثيره على ثوابت القوانين الأخرى**. و إذا اعتبرنا أن أية قيمة لثابت الجاذبية يمكن أن تقوم بالمهمة من خلال التنسيق مع الثوابت الأخرى، فإن تحديد «دور» ثابت الجاذبية في نشأة الحياة من خلال قسمته على الاحتمالات المختلفة لعلاقته بثوابت القوانين الأخرى، وهي احتمالية لا نهائية، فإن القسمة على ما لا نهاية تجعل **احتمالية نشأة الحياة في غياب ثابت «معين» للجاذبية تصبح صفرًا**.

إن كل ما سبق، يُخرج لنا كونًا جديرًا بما وصفناه به في أول الفصل من أنه **كون «عجيب للغاية»** يخالف توقعاتنا، وحق لنا أن نتساءل؛ كيف جاء كوننا هكذا مضيافًا للحياة؟

من السذاجة أن نجيب عن هذا السؤال بما يقوله البعض؛ «بديهي أن يكون الكون مضيافًا للحياة، فلو لم يكن كذلك لما كنا موجودين لنسأل هذا السؤال»، لا شك أن هذه المقولة صحيحة وتقرر واقعًا، لكنها لا تفسر «لماذا» نحن موجودون لنسأل هذا السؤال[1]. لذلك سنظل نتساءل باندهاش:

(1) عَبرَّ العلماء المؤمنون عن المبدأ البشري بصياغات دالة، فقالوا: « كيف يستطيع كون خالٍ من الغائية أن يخلق إنسانًا تحركه الغائية والأهداف». وقالوا: «يبدو أن الكون قد تم تفصيله على مقاس الإنسان Tailor - made for man». وقالوا: «يبدو أن الكون كان يعلم أننا قادمون».

وكلما ازدادت معارفنا عن نشأة الكون وبنيته، تَكَشَّف لنا بشكل أكبر مدى مواءمة هذه النشأة والبنية ومواءمة قوانين الكون الفيزيائية لبزوغ الحياة. حتى يمكننا القول بأنه إذا لم يكن الإنسان في المركز المادي للكون، فإنه بلا شك في المركز الغائي منه.

أما المعارضون لوجود الإله الخالق، فيرون أن مجرد وجودنا في الكون دليل بديهي على أن بنيته مناسبة لنشأة الحياة ونشأتنا، و إلا لَمَا نشأنا، ومن ثَمَّ لا يعتبرون ملاءمة الكون لنشأتنا دليلًا على أي أمر غيبي. لذلك يرفض هؤلاء فكرة أن الكون قد تم تفصيله على مقاس الإنسان، و يرون بدلًا من ذلك أن قوانين الطبيعة قد فَصَّلت الإنسان ليتناسب مع بنية الكون.

ويجيب على هؤلاء الفيلسوف الكندي المؤمن «جون ليسلي John Leslie» -ولد عام 1940 - بأن الإله يمكن أن يستخدم قوانين الطبيعة في تشكيل الكون على الهيئة التي يريدها. كذلك يفند ليسلي رأي المعارضين القائلين «بما أننا موجودون إذًا الكون ملائم» بمثال صار مشهورًا: تصور إنسانًا حُكِم عليه بالإعدام رميًا بالرصاص، وقد تراص عشرة جنود ماهرين أمامه في طابور لإطلاق النار، وأطلق كل منهم طلقته، لكنهم لم يصيبوه. هل يكفي أن نقول: من الطبيعي أنهم لم يصيبوه بدليل أنه لم يمت، أم لا بد أن نبحث عن أسباب فشل هؤلاء الجنود المهرة في إصابة الرجل؟. إن الإقرار بوجود ظاهرة ما لا يلغي الاحتياج إلى تفسيرها.

لماذا جاء الكون مضيافًا للحياة؟

وبالرغم من قناعتي أن هذا السؤال يمثل أحد حدود الاكتشاف العلمي، فلا باس من أن نعرض بعض ما طُرح من إجابات عن هذا السؤال:

التصميم المقصود أم أكوان لا نهائية؟



(شكل - 34)
سير فريد هويل

بعد استبعاد الصدفة - التي ليس لها وجود حقيقي - كإجابة للمعضلات السابقة، تتركز الإجابات عن سؤال: لماذا جاء الكون مضيافًا للحياة؟ حول أطروحتين رئيسيتين. الأولى، هي أن **الكون قد صُمم قصدًا لاستضافة الحياة**؛ فعالم الكونيات الكبير **سير فريد هويل**[1] (شكل - 34)، الذي كان ملحدًا ثم آمن بالإله عندما توصل إلى دور «الرنين النووي» في نشأة ذرة الكربون في قلب النجوم، أعلن: «إن التفسير المنطقي لذلك هو أن **ذكاءً فائقًا** قد تلاعب (Monkeyed) بالفيزياء».

والطرح الثاني هو محاولة للتهرب من الإقرار بالتصميم المقصود للكون من أجل أن يكون مضيافًا للحياة، مع البقاء في إطار التفسيرات المادية، لذلك افترض البعض أننا لسنا الكون الوحيد، بل ربما تكون هناك **أكوان أخرى**، بل الكثير للغاية، وربما ما لا نهاية من الأكوان، يُطلق عليها جميعًا مصطلح «**الأكوان المتعددة** Multiverse».

تقوم فكرة الأكوان المتعددة، على أن قوانين الطبيعة مختلفة من كون لآخر، وبالرغم من أن قوانين الغالبية العظمى من الأكوان لا تسمح بنشأة الحياة، فإننا - عاجلًا أو آجلًا - بالمصادفة البحتة سنلتقي بكون تسود فيه الظروف والقوانين الملائمة لاستضافة الحياة، وقد حدث أن كان كوننا المدهش هو هذا الكون. لذلك لم تعد هناك حاجة لذكاء يضبط القوانين ويختار

(1) Sir fred Hoyle: (1915 - 2001) عالم الكونيات البريطاني الشهير.

مـن بين المتاح منها من أجل أن ينشـئ و يدير بها الكون الوحيـد! أي أن **« كل الممكن حدوثه قد حدث»**.

و يُعرف هذا المفهوم بـ «التفسير الكمومي للأكوان المتعددة». و يعلق الفيلسوف الأمريكي المؤمـن الكبير ألڤن پلانتنجا[1] على هذا التفسـير قائلاً: «مـن الاحتمالات الممكن حدوثها هو كون واحد فيه إله واحد، فلماذا لا يكون هذا هو كوننا؟!».

إن فكـرة **الأكـوان المتعددة هي مجرد فرضيـة**[2]، و إذا كان من طرحوهـا يتهربون بها من ورطة! فإنها قد أوقعتهم في ورطة أخرى؛ لقد وضع هؤلاء في تعريفهم لهذه الأكوان أنها لا يؤثر بعضها في بعض، كما لا يمكن لنا التواصل معها و إلا لأصبحت جزءًا من كوننا.

إن ذلـك يعني أن ليسـت هناك طريقة لإثبات أو نفي وجود الأكـوان المتعددة. وكلنا يعلم أن عـدم القدرة على الإثبات أو التكذيب يُخرج الفرضية من إطار العلم، لذلك نواجه هنا هذا السؤال الملغز:

هل هناك أكوان أخرى غير كوننا؟

وفي طـرح بديل للتهرب من تعـدد الأكوان، افترض البعض وجود **«نطاقات** Domains» مختلفة داخل الكون الواحد (كالمدن داخل الدولة) وأن هذا الانقسام قد حدث أثناء طور التضخم المبكر للغاية بعد الانفجار العظيم. ثم يعيدنا هذا الطرح إلى فرضية الأكوان المتعددة! إذ يجعل لكل نطاق قوانينه الفيزيائية الخاصة به، والتي تَصَادف أن أحدها (وهو نحن) كان ملائمًا لنشأة الحياة!.

وللأسـف، يتبـنى هذا الطـرح أن هذه النطاقات هائلـة الحجم، و بالتالي من المسـتحيل - عمليًّا - مهما سافرنا بعيدًا أن نصل إلى حدود نطاقنا، أي لن نقطع إلا جزءًا ضئيلًا من أحد النطاقات.

---

(1) Alvin Plantinga: ولد عام 1982.

(2) يُشَـبِّه پلانتنجا القائلين بالأكوان المتعددة بتلميذ كسول سـأله مدرسه لماذا لم يقم بحل الواجب المدرسي؟، فأجابه بأنه قد حله، لكن هاجمه كلبٌ في الطريق ومزق كراسة الواجب، وعندما لم يصدقه المدرس استدرك التلميذ وقال: بـل مجموعة من الكلاب!!!، و يُعَلِّق پلانتنجا بأن المدرس لم يصـدق حكاية الكلب الواحد فألحقها التلميذ بمجموعة كلاب! وأنا أُعلق على هذا الطرح بأن الماديين قد عجزوا عن تفسـير نشـأة كون واحد، فكيف يفسرون نشـأة ما لا نهاية له من الأكوان؟!.

لعلك - قارئي الكريم - تشارك ستانارد (وتشاركني) الرأي بأنه يبدو أننا سنظل عاجزين عن إثبات أو نفي وجود أكوان أو نطاقات أخرى، وفي النهاية، نتساءل:

هل ترجع ملاءمة الكون لنشأة الحياة «المبدأ البشري» إلى الصدفة أم إلى التصميم المقصود أم إلى وجود أكوان لا نهائية؟

ويجيب ستانارد؛ يبدو أن الإجابة عن هذا السؤال ستظل مشكلة نعجز عن حسمها من خلال اكتشافات العلم.

أما قناعتنا؛ فهي أن **الصدفة** لا وجود لها. كما تعجز **فرضية الأكوان المتعددة** عن أن تجد موطء قدم - ولو صغيرة - في الساحة العلمية. وقولي بالتصميم المقصود لا ينبع من نفي الاحتماليين السابقين فحسب، بل لأن تحقيق هذه التوافقات يحتاج إلى قدرٍ هائلٍ من العلم والذكاء والقدرة، أي يحتاج إلى تصميم مقصود.

الفصل الخامس

الفيزياء لا تعرف غير المحدود

- كون محدود أم لا نهائي؟
- هل كوننا كالبالون؟
- الكثافة الحرجة والمادة المظلمة
- الطاقة المظلمة
- كوننا ليس بالونًا!
- هل الكون اللا نهائي غير المحدود مجرد أوهام؟

عنـد النظـر إلى السـماء في ليلة صافيـة، لا يملك الشـخص ألا ينبهر بحجم الكـون الهائل. فالمجرات تمتد في الفضاء بقدر ما يبلغ البصر، وهذا يطرح السؤال: **كم يبلغ حجم الكون؟**

تقـوم الإجابـة عن هذا التسـاؤل على مفهومـين مهمـين؛ أولًا؛ ينبغي **أن نفـرق بين الكون الحقيقي والكون المرصود**، فنحن نرى النجوم بسبب الضوء الذي ينبعث منها ثم يستغرق وقتًا حتـى يصل إلينا. كذلك فإن **المسـافات بين أجـرام الكون هائلة للغاية**، حتـى إن الضوء الذي ينطلـق بسرعة 300.000 كيلومتر في الثانية يسـتغرق أربع سـنوات حتى يصـل إلينا من أقرب نجـم، و يسـتغرق مائة ألف سـنة ليقطع مجرتنـا درب التبانة من جانب لآخـر. في ضوء هذين المفهومين، نحاول الإجابة عن السؤال: **كم يبلغ حجم الكون؟**

كون محدود أم لا نهائي؟

ماذا يعني إن نقول أن الكون قد بدأ منذ 13.7 بليون سنة[1]؟

إن ذلـك يعـني - في ضـوء المفهومين السـابقين - أن ما نرصـده من النجوم هو مـا يصل إلينا

(1) نـشرت مجلـة Science في عددها 13/ 9/ 2019 بحثًا يفيد أن عمر الكون «ربما» يكون في حدود 11.4 مليار سـنة فقط. ونشـر الدراسـة فريق بحثي بمعهد ماكس بلانك برئاسـة عالـم الفيزياء الفلكية إنه چـي Inh Jee، و يمكن تلخيص فكرة البحث كالآتي:

يعتمـد المتخصصون في قياس عمر الكون على معدل تمـدده، الذي يحكمه أحد أهم ثوابت الفيزياء وهو «ثابت هابل Ho». وكلما زادت قيمة هذا الثابت كان معدل تمدد الكون أسرع، أي كان عمره أقصر.

و يتم تقدير قيمة هذا الثابت بعدة طرق، قَدَّرَت قيمة هذا الثابت في حدود (70). و باستخدام طريقة جديدة تعتمد علـى مفهوم فيزيائي كوني يُعرف بـــ «Gravitational Lensing» قدر فريق ماكس بلانك أن قيمة ثابت هابل تبلغ (82.4)، مما يعني تمدد أسرع وعمر أقصر للكون.

ولا تُعتبر هذه النتيجة جازمة لأنها تعتمد على واحدة فقط من عدة طرق - لحسـاب ثابت هابل - لا تزال في صف الكون الأقدم.

ضوؤها في أقل من 13.7 بليون سنة، وهذا يمثل **حجم الكون المرصود**. ومن المحتمل أن يكون كوننا ممتدًا وراء ما نرصده لكن ضوء نجومه الأبعد لم يصل إلينا بعد، فإلى أي مدى يمكن أن يمتد ذلك؟... أإلى ما لا نهاية؟!

يجيب ستانارد في كتابه عن هذا السؤال؛ ربما نعم... **فالرأي السائد هو أن حجم كوننا لا نهائي.**

ثم يتساءل؛ لكن، ما الدليل على لا نهائية الكون؟

هل لأننا عاجزون عن تصور كيف يبدو الأمر إذا وصلنا إلى حافة الكون؟

و إذا وصلنا إلى حافته، فماذا يكون وراءها؟ لا شيء؟!

لكن، أليس هذا «اللا شيء» هو «مكان فارغ Empty space»؟ و إذا كان الأمر كذلك، لم لا نعتبر أن هذا المكان الفارغ هو جزء من الكون لكن لا شيء فيه؟

بهذا المنطق لن نصل إلى نهاية الكون.

لذلك نقول إن الكون - منطقيًّا - يمكن أن يكون لا نهائيًّا.

هل هذا الاستنتاج يطابق الحقيقة؟

هل كوننا كالبالون؟

حل آخر لمشكلة امتداد الكون، هو أن نعتبر أن **كوننا محدود وليس لا نهائي**، دون أن تكون له حافة! كيف ذلك؟

تصور **ذبابة**، تسير على سطح مطاطي، إنها تستمر في السير في نفس الاتجاه، وطوال الوقت تظن أنها تتباعد وتتباعد عن نقطة بدايتها، و يبدو لها أن السطح المطاطي يمتد و يمتد، لكنها ستفاجأ بأنهما تعود إلى مبتدأ رحلتها بالرغم من أنها لم تغير اتجاهها. كيف حدث ذلك؟

نحن الذين نراقب الذبابة نعرف الإجابة. فنحن ندرك من خلال نظرتنا البانورامية أن السطح المطاطي لم يكن مستويًا، لكنه كان **بالونًا كبيرًا**، وكل ما حدث ببساطة أن الذبابة قد دارت حول البالون وعادت إلى نقطة بدايتها.

هـل يمكـن أن ينطبق علينا ما انطبق على الذبابة؟ فلو ركبنا **سـفينة فضـاء**، وحلقت بنا من القطب الشمالي، واستمرت في التوجه بنا رأسيًّا في الفضاء، فهل نجد أنفسنا قد وصلنا إلى الأرض من الجانب المقابل، لنهبط على قطبها الجنوبي؟

إن صـح هذا التصور، يكون لكوننا حجم محدد، باعتبـار أننا أكملنا رحلتنا حوله في وقت محدد، دون أن تكون له حافة. إن هذه الاحتمالية تتطلب أن يكون فضاء كوننا - ثلاثي الأبعاد - **منحنيًـا على نفسـه كالبالـون**. وقد تمتد هذه الاسـتدارة في بعد إضافي لا نرصـده، تمامًا مثلما أن السـطح المطاطي الذي سارت عليه الذبابة - وحسـبته ثنائي الأبعاد - هو في حقيقته منحنٍ على نفسه في بعد ثالث عجزت الذبابة عن رصده.

عند هذا الحد، علينا أن نطرق باب الخبراء، إن ستانارد ينصحنا نصيحة منهجية مهمة كررها في كتابـه عدة مـرات، أرى أن نلتزم بها طـوال رحلتنا مع الفيزياء الحديثة. يقول سـتانارد: إن كنت تحاول «**تَصَوّر**» اسـتدراة الفضاء ثلاثي الأبعـاد في بعد آخر جديد، فأنصحك أن **تتوقف عـن ذلك فورًا**، فإنك لن تسـتطيع. لقد كان ذلك سـهلًا بالنسـبة لتصورنا للبعـد الثالث لرحلة الذبابـة لأننـا كائنات نحيا في عالم ثلاثي الأبعاد، أما الصعوبـة فتكمن في تصور بُعد إضافي لا نعرفه.

في مواجهـة هذا **العجز عن تصور ما ليـس لنا به خبرة**، أصبح علينا **اللجوء إلى الرياضيات** كأداة للتعامـل مع هذه المشـكلة. إن موقفنا يشـبه موقف الملاح الجوي الـذي يحاول أن يهبط بطائرته النفاثة في المطار في ليلة ضبابية، لا شك أنه يُفَضِّل أن يسترشد بأضواء ممر الهبوط، لكن ذلك غير ممكن، وبالتالي يصبح عليه أن يعتمد على أجهزته وقراءاتها لترشده في عملية الهبوط، أي يعتمـد على الرياضيـات. وهذا الموقف يواجهنا كثيرًا في الفيزياء الأساسـية، **عندما يصبح التفسير من خلال الصور العقلية غير ممكن، عندها نلجأ إلى التفسير من خلال الرياضيات**.

ويصارحنـا سـتانارد أنـه لا يرتـاح كثـيرًا لحل مشـكلة حجم الكـون من خـلال منظور «**الكون المحدود المغلق المنحني**» **كالبالون**، فبالرغم من أنه مثال للتفكير الذكي الدقيق خارج الصنـدوق، لكـن العلم بالطبع لا يقوم على مجرد الارتيـاح. إذًا، **ما أدلة العلم التي تؤيد أو تنفي فكرة الكون البالون؟**

الكثافة الحرجة والمادة المظلمة

تعال نتأمل هذه العمليات الرصدية الحسابية الثلاث:

1) يـدرك العلـماء أنه كلما زادت كثافـة مادة وطاقة الكون ازداد انحنـاؤه، وفي إطار ذلك يحـددون رياضيًّا «**الكثافة الحرجة** Critical Density» التي إذا تجاوزها الكون فإنه سـينحني على نفسه حتى يصبح الكون مغلقًا كالبالون، ثم عليهم أن يطابقوا بين حساباتهم وبين قياسات الواقـع، لذلك قـام العلماء بحصر كل محتويات الكون ليتعرفوا عـلى كثافته الحقيقية. وعندما قَـدَّر العلماء مقدار **مادة وطاقة الكون التي يرصدونهـا** (النجوم وكواكبها والغاز بين النجوم) وجدوها تعادل فقط 5 % من تلك الكثافة الحرجة.

2) عندما قام العلماء بدراسة كيف تدور النجوم في مدارات حول مراكز مجراتها، وجدوا أن سرعتها تتجاوز كثيرًا قدرة **جاذبية مادة المجرة** على الاحتفاظ بها في مداراتها. لقد جعلهم ذلك يدركون أن المادة التي يرصدونها مسـئولة فقط عـن جزء من الجاذبية الكلية داخل المجرات، فاسـتنتجوا أن هناك مادة أخرى غير مرصودة، مسـئولة عن بقية قوة الجاذبية **داخل المجرات**، وأسـموها «**المادة المظلمة/ المعتمة** Dark Matter» وهي مظلمة لأنها لا تبعث ضوءًا، وقد قَدَّر العلـماء مقدارها بناء على مقدار قوة الجاذبية المطلوبة للمحافظة على النجوم في مداراتها حول مركز المجرة.

3) لاحظ العلماء أن قرابة الثلاثين مجرة التي تشـكل العنقود الذي يضم مجرتنا (والمعروف باسـم **المجموعـة الموضعيـة** Local Group) تتحرك داخـل العنقود بسرعة عاليـة تفوق قدرة قوى الجاذبية بين المجرات على مواجهتها، سـواء الجاذبيـة الناتجة عن المادة المرصودة أو المادة المظلمة، فاستنتج العلماء أن **المادة المظلمة ليست موجودة داخل المجرات فحسب ولكن أيضًا بين المجرات**. وقد قدر العلماء أن المادة المظلمة (داخل وبين المجرات) تمثل 25 % من الكثافة الحرجـة. وبالرغم من جـزم العلماء بوجود المـادة المظلمة، فلا تزال لا نعـرف طبيعتها. وذلك يضيف إلى مشكلاتنا البحثية السؤال:

ما هي طبيعة المادة المظلمة؟

ويتوقع ستانارد أن العلماء يمكن أن يتوصلوا - في المستقبل - لطبيعة هذه المادة، لكنه ليس متأكدًا من إمكانية انكشاف هذا اللغز، وإن كنا قد توصلنا إلى أنها **لا تتكون من بروتونات ونيوترونات وإلكترونات مادتنا المعتادة!**

الطاقة المظلمة

تبعًا للحسابات السابقة، تكون مادة الكون (المرصودة والمظلمة) مسئولة عن 30 % (5+25) من «الكثافة الحرجة»، ويصبح علينا - إذا أردنا أن نثبت منظور الكون المغلق كالبالون - أن نفسر مصدر الـ 70 % المتبقية من هذه الكثافة.

لقد أرجع العلماء هذه الكثافة المتبقية المطلوبة إلى خاصية للمكان ذاته، أطلقوا عليها «**الطاقة المظلمة/ المعتمة** Dark Energy»[1].

كوننا ليس بالونًا!

ذكرنا أن مفهوم الكون البالون يتطلب **أن تعادل كثافة الكون الحقيقية تمامًا الكثافة الحرجة**. إن تَحَقَّق هذا التعادل، أتكون هذه مصادفة أخرى؟

لا، لقد أرجع العلماء هذا التوافق الدقيق (المحتمل) إلى «**طور التضخم**» (المبكر للغاية والقصير للغاية) في نشأة الكون، ذلك أن معظم مادة الكون التي نرصدها الآن ليست وليدة لحظة الانفجار، لكنها نتجت أثناء طور التضخم. وتبعًا لذلك، لو كان الكون فعلًا كالبالون، لوجب أن تكون كمية المادة التي كونها طور التضخم (الكثافة الحقيقية) تستكمل مقدار الكثافة الحرجة تمامًا. ولو ثبت هذا لكان دليلًا (بحثنا عنه طويلًا) يدعم نموذج التضخم كأحد نماذج نظرية الانفجار الكوني العظيم.

مهلًا؛ لا داعي للاسترسال في هذه الفرضيات والاستنتاجات المثيرة! فقد ثبت بالفعل أن **كثافة الكون الحقيقية أدنى من الكثافة الحرجة**، مما يعني أن كوننا لم ينحنِ على نفسه بشكل كامل، ومن ثم فإن **فرضية الكون المغلق كالبالون لم تصمد بالرغم من جاذبيتها**، هكذا ماتت هذه الفرضية المدهشة.

(1) نطرح المقصود بالمادة المظلمة بالتفصيل في الفصل التالي ثم الفصل العاشر.

هل الكون اللا نهائي غير المحدود مجرد أوهام؟!

بعد أن استبعدنا منطقيًّا. القول بأن الكون **محدود له حافة** (لا نستطيع تصورها!) كما فَنَّد (بالأدلة الرياضية والرصدية) القول بأن الكون **محدود منحنٍ كالبالون**، لم يبق كإجابة عن السؤال عن حجم الكون إلا القول بأنه «**غير محدود/ لا نهائي** Infinite» ولكن ماذا نعني حقيقة بقولنا أن الكون لا نهائي؟

للإجابة عن هذا السؤال، أرجع بك قارئي الكريم إلى ما ذكرناه في الفصل الخامس من الباب الأول. فقد بَيَّنَّا كيف أثبت الإمام **أبو حامد الغزالي** - منذ ألف عام - خديعة ووهم القول باللامحدودية، واللانهائية في وصف أي شيء في العالم الفيزيائي. وحول هذه القضية ينقل لنا **ستانارد** ريبته وشكوكه التي تحيط استخدام كلمات مثل غير محدود ولا نهائي في وصف العالم الفيزيائي، تلك الريبة والشكوك التي أثارتها حكاية **«الفنادق غير المحدودة**[1] Infinite hotels»، فما هذه الحكاية؟

كان هناك رجل ثري، بنى فندقًا وذكر في الدعاية له أنه يشتمل على عدد غير محدود من غرف النوم. ونجحت الدعاية، وأصبحت غرف الفندق كلها مشغولة دائمًا، لذلك توسع في استثماراته وبنى فندقًا آخر مجاورًا للأول، يحتوي أيضًا على عدد غير محدود من الغرف، وقد سارت أمور هذا الفندق أيضًا على ما يرام.

ثم **وقعت الكارثة**، ففي منتصف ليلة مشئومة احترق أحد الفندقين، وواجه رجال الفندق عددًا لا محدودًا من النزلاء يقفون في العراء يرتعدون من الصقيع ومهددين بالموت. ولحسن الحظ، انتابت صاحب الفندق لمحة عبقرية! فطلب من كل نزيل في الفندق السليم أن يضاعف رقم غرفته المثبت على الباب، وأن ينتقل إلى الحجرة ذات الرقم الجديد. لقد وجد جميع هؤلاء النزلاء لأنفسهم غرفًا من ذوات الأرقام الزوجية ولم يكن في ذلك مشكلة (لأن عدد الزوجي من اللا محدود هو أيضًا لا محدود). وهكذا وجد النزلاء الواقفون في العراء جميعهم

(1) تُعرف بـ «متناقضة هيلبرت Helbert Paradox»، وصفها عام 1924 الرياضياتي الألماني الشهير ديڤيد هيلبرت (1862 - 1943).

غرفًا خالية ذات أرقام فردية، ذلك بالرغم من أن غرف الفندق السليم كانت مشغولة تمامًا قبل أن يغادرها نزلاؤها إلى غرفهم الجديدة!!!

قارئي الكريم... هل تشارك الإمام الغزالي ورسل ستانارد وتشاركني أن **وصفنا للكون بأنه غير محدود ولا نهائي لا يعدو إلا أن يكون مهربًا من عجزنا** عن أن نعرف كيف نجيب عن السؤال المشكلة:

هل حجم الكون غير محدود ولا نهائي، وإن كان كذلك فما معني هذا الوصف؟

وليس غريبًا أن **شماعة «غير المحدود اللا نهائي»** لم تستخدم فقط للتهرب من السؤال عن حجم الكون، لكن يستخدمها **الملاحدة** أيضًا للتهرب من الإقرار بسبب أول يقف وراء نشأة الكون، فَيدَّعون - عكس ما أثبتناه في الفصل الثاني - أن عمر الكون غير محدود ولا نهائي، ومن ثم لا يحتاج لموجد.

الفصل السادس

جيرانُنا؟!

- كيف نرصد الحياة الخارجية؟
- حياة غير الحياة؟!
- من الأذكى؟
  1) نتطور أم نتدهور؟
  2) الهندسة الوراثية
  3) الخطر النووي
- التواصل

عندما تتأمل الكون الشاسع، لن تملك نفسك ألا تتساءل إن كانت توجد حياة في أية بقعة من أصقاعه خارج كوكبنا[1]. قد تقبل احتمالية أن توجد بعض **أشكال الحياة البدائية للغاية** في كواكب مجموعتنا الشمسية، وقد نصبح قادرين على التأكد من ذلك في القريب العاجل بعد أن هبطت سفننا الفضائية على بعض هذه الكواكب.

لكن ماذا عن **الحياة الذكية**؟ قد تجيب فورًا: لا... ليس في كواكب شمسنا! وقد تقبل احتمالية أن توجد في مدارات نجم آخر، وأنا بدوري لا أجد مبررًا لرفض هذا الاحتمال.

كيف نرصد الحياة الخارجية؟

لعل أسرع فروع الفلك الحديث تقدمًا اليوم هو علم التعرف على كواكب النجوم المختلفة واحتمالية أن تكون مأهولة بالحياة، لذلك من الطبيعي أن تكون خطوة العلماء الأولى في هذا المجال هي التعرف على **الكواكب غير المرصودة**، سواء توجد بها حياة أو لا توجد.

يتوقع العلماء وجود كوكب غير مرصود في موضع ما حول نجم معين من خلال مراقبة **ارتعاش Wobble ضوء النجم** بهيئة معينة، فقد يعني ذلك تأثر الضوء بدوران كوكب غير مرصود حول النجم. والطريقة الثانية، هي دراسة **خفوت الضوء** القادم من النجم عندما يمر الكوكب (المحتمل) بين النجم وبيننا، فيحجبه جزئيًّا.

الطريقة الثالثة الحديثة، لا تكتشف الكواكب غير المرصودة فحسب ولكن تبين احتمالية أن يكون فيها حياة. وفي هذه الطريقة، يقوم العلماء بحجب ضوء النجم تمامًا مما يُمكِّنهم من **رصد الضوء الخافت الذي يعكسه الكوكب**، مثلما يظهر لنا القمر عند احتجاب ضوء الشمس

(1) يصف المهتمون بهذا الأمر هذه الحياة بمصطلح Extraterrestrial Life: وهو مصطلح أصله لاتيني. ويعني وجود الشيء خارج (Extra) كوكبنا الأرضي (Terrestris).

ليلًا. وتمكننا هذه الطريقة من معرفة الكثير عن الكوكب مما كان يحجبه عنا ضوء نجمه المبهر. فمثلًا يمكن **رصد التغيرات الفصلية في لون الكوكب** مما قد يشير إلى وجود نباتات من نوع ما. كما يمكن من خلال **التحليل الطيفي للضوء** معرفة التركيب الكيميائي لغلاف الكوكب الجوي، وما يعنينا هو البحث عن العناصر والمركبات الضرورية للحياة كالأوكسجين والأوزون وثاني أكسيد الكربون والماء.

قد تم رصد الكثير من الكواكب التي لم يسبق رصدها خارج مجرتنا، والقائمة تتزايد أسبوعيًّا. وقد ثبت أن معظم هذه الكواكب، والمعروفة باسم «الكواكب الخارجية Exoplanets» غير مناسبة لوجود الحياة حال معظم كواكب مجموعتنا الشمسية.

حياة غير الحياة؟!

قارئي الكريم؛ يشغلني كثيرًا - كمتخصص في البيولوجيا - أن أتأمل إن كان نمط الحياة الذي نعرفه هو النمط الوحيد الممكن، أم أنه **يمكن أن توجد حيوات بهيئات أخرى**.

لاحظت أن الجهود المبذولة للبحث عن حياة خارج كوكبنا كانت - في البداية - تنطلق من اعتبار أن الحياة ينبغي أن **تطابق حياة كوكبنا**، لذلك اهتم العلماء بالبحث عن وجود الماء وثاني أكسيد الكربون والأوكسجين وغيرها من لوازم حياتنا في مختلف الكواكب.

ثم انتبه العلماء إلى أن الحياة قد لا تكون كالحياة في كوكب الأرض! بل يمكن أن توجد **منظومات حياتية تختلف عنا تمامًا**. ولأُقَرِّب الفكرة؛ تعال نرجع للوراء مع **تطور معرفتنا بالحياة في كوكبنا:**

1) افترض أن كوكبنا كان مأهولًا فقط **بنباتات عاقلة**. إذا بَحَثَت هذه النباتات عن حياة خارج كوكبنا، فإنها ستبحث في الكواكب الأخرى عن علامات تبين إمكانية بناء المواد الغذائية من الماء وثاني أكسيد الكربون باستعمال الموجات الكهرومغناطيسية (التمثل الضوئي)، ولن يخطر ببالها وجود كائنات حية تحصل على غذائها جاهزًا مثل **مملكتنا الحيوانية**.

2) قبل اكتشاف البكتيريا اللا هوائية، كان البيولوچيون يعتبرون أن **احتياج البكتيريا للأوكسجين** هو أمر بديهي، وبالتالي ما كانوا يتصورون وجود حياة على كوكب خال من الأوكسجين.

3) قبل اكتشاف **الڤيروسات**، كان من البديهيات عند البيولوچيين أن الكائنات الحية تتكاثر (جنسيًّا أو لا جنسيًّا) عن طريق استنساخ شفرتها الوراثية، ولم يخطر ببالهم نمط تكاثر الڤيروسات التي تبرمج الخلايا التي تغزوها للقيام بالمهمة بدلًا منها!

4) إذا كانت كل الكائنات الحية (والڤيروسات) في كوكبنا تتشارك في وجود الحمض النووي (الدنا DNA أو الرنا RNA) الحامل للصفات الوراثية، فإن كوكبنا يشتمل على كيانات تمارس بعض الوظائف الحيوية بالرغم من **عدم اشتمالها على الأحماض النووية**!! إنها **البريونات** Prions! التي هي جزيئات بروتينية مُحَوّره، وتسبب للثدييات أمراضًا عصبية تحللية خطيرة مثل جنون البقر الذي يصيب الإنسان. إن هذه البريونات تنتقل بين الأفراد كالميكروبات كما تقوم بتحويل البروتينات الطبيعية في الخلايا إلى بروتينات متحورة تشبهها.

إن هذه الأمثلة - من كوكبنا الأرض - تثبت تنوع أشكال الحياة، مما يعني أننا نقع في خطأ كبير عندما نُقصر الحياة على ما نعرفه - بل بعض ما نعرفه - في كوكبنا. في هذه الحالة تواجهنا مشكلة لا أحسب أن لها حلًّا؛ وهي **كيف سنتعرف على الأنماط الحياتية الأخرى التي لا نعرف سماتها؟!**

وبالفعل، أولى المهتمون بالحياة خارج كوكبنا هذه المعضلة اهتمامهم، فأصبحنا نرى **أبحاثًا معملية وعمليات محاكاة حاسوبية**، تحاول أن تطرح أنماطًا أخرى من الحياة غير ما أعتدناه في كوكبنا، ويشجع هؤلاء على هذه المحاولات أن كوكبنا يحتوي على العديد من التحويرات لنمط الحياة! ومن ثم لا مبرر لأن نفترض أن للحياة نمطًا واحدًا في كوكبنا أو في الكواكب الأخرى.

لإعطاء الأمثلة على **أنماط الحياة الأخرى المحتملة**، نلخص أولًا السمات المشتركة في أنماط الحياة التي نعهدها في كوكبنا: تعتمد بنية الكائنات الحية أساسًا على عناصر **الكربون والأوكسجين والنيتروجين**. وبالإضافة إلى هذه العناصر، تعتمد بنية الشفرة الوراثية وجزيئات

تخزين و إنفاق الطاقة على عنصر **الفوسفور**. ويعتمد تنفس معظم الكائنات الحية على غازي **الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون**. وتحتاج جميع أشكال الحياة على وجود **الماء السائل** كبيئة لا غنى عنها لانتقال جزيئات جميع العمليات الحيوية. وأخيرًا، تعتمد منظومة الحياة على كوكب الأرض على **القوة الكهرومغناطيسية**.

السؤال الآن: **كيف يمكن أن تكون أشكال الحياة الأخرى كما يفترضها المتخصصون؟**

من أشهر النماذج التي طُرحت لحيوات أخرى:

1) تعتمد بنية الكائنات على **عنصر السيليكون** Silicon، بدلًا من الكربون. وتحتاج هذه الحياة أن تكون درجة حرارة الكوكب مرتفعة للغاية وأن يكون غنيًّا بالهيدروجين وفقيرًا في الأوكسجين حتى تتكون مركبات السيليكون وتظل مستقرة، لذلك لم تنشأ حياة سيليكونية في كوكبنا بالرغم من أن هذا العنصر هو أكثر العناصر انتشارًا في كوكبنا بعد الأوكسجين. وبالرغم من ذلك، توجد على كوكبنا بعض الطحالب وحيدة الخلية (الدياتومات Diatoms) التي تستخدم السيليكون في النمو وفي بنية جدارها المحيط بدلًا من الكربون!

2) البديل الآخر لبنية الكائنات بدلًا من الكربون والسيليكون هو **عنصر البورون** Boron، وهذا يحتاج إلى درجات حرارة شديدة البرودة، وهو أيضًا عنصر نادر.

3) بدلًا من أن تتنفس كائناتنا الأوكسجين وتنتج ثاني أوكسيد الكربون، هناك نموذج مهم لحياة تعتمد على النيتروجين، فتفترض أن الكائنات تتنفس غاز الإيثان[1] (مع الهيدروجين والأسيتيلين[2]) وأن تنتج غاز المثيان[3]. ومن أنسب الكواكب لهذا النموذج في مجموعتنا الشمسية هو قمر تيتان Titan الغني بهذه الغازات، وهو القمر الأكبر حول كوكب زحل.

4) لما كانت هناك شواهد على أن غازات **عنصر الكبريت** كانت هي السائدة في التمثيل الغذائي للكائنات الحية بدلًا من الأوكسجين عند نشأة الحياة على الأرض، فيمكن أن توجد

(1) C_2H_6.
(2) C_2H_2.
(3) CH_4.

حيـاة كبريتية في أماكـن ذات ظروف طبيعية قاسـية كالتي كانت سـائدة في بداية الحياة في كوكبنا في كواكب أخرى.

5) إن أي نموذج يُطرح في بيئة لا تحتوي على الماء، ينبغي أن يحتوي على مركب سـائل آخر يسمح بحدوث العمليات الحيوية. **والأمونيا** هي أكثر هذه المركبات احتمالًا، وتحتاج أن تكون درجة حرارة الكوكب منخفضة للغاية حتى تكون في حالة سائلة.

6) بـدلًا مـن أن تكـون بنية الكائنـات الحية هي المركبـات العضوية، فقـد قُدمت نماذج تتشكل فيها هذه البنية من **مركبات غير عضوية**، وبعضها من المعادن.

7) بدلًا من أن تقوم الحياة في كوكبنا على القوة الكهرومغناطيسية، فقد قُدمت نماذج للحياة تعتمد على **القوة النووية القوية** وأيضًا على **قوة الجاذبية**.

هذه بعض النماذج والاحتمالات لأشـكال أخرى من الحياة يمكن أن توجد في كوكبنا وإن كنا لم نكتشـفها بعد[1] أو في كواكب أخرى، ولعلك لاحظت أنها تقوم على تعديلات في نمط الحيـاة الـذي نعرفـه، فهل ذلـك ضروري؟! أقصد ألا يمكـن أن تقوم حيوات لا تحتاج لشـفرة وراثيـة! أو لا تحتاج إلى بيئة سـائلة لعملياتها الحيويـة؟ أو لا تحتاج إلى إحدى الطاقات الأربع التـي نعرفها؟! من يدري؟! لذلك أكرر، إننا دائمًـا في حاجة إلى **«تحرير المصطح»** أي تعريف الحياة التي نقصدها بحديثنا وببحثنا.

(1) في عام 2010 أعلنت الناسـا اكتشـاف بكتيريا (GFAJ - 1) في بحيرة Mono في كاليفورنيا، وفيها يحل عنصر الزرنيخ Arsenic بنسـبة بسـيطة محل الفوسـفور في شـفرتها الوراثية DNA. وبالرغم من الشـكوك التي أُثيرت حول هذا التصريح، فذلك يبين عدم اسـتحالة وجود هذا النموذج الحياتي. كذلك هناك نماذج مطروحة للدنا DNA يُسـتبدل فيها نزع جزيء الأوكسجين بإضافة جزيء الزينون Xenon.

وفي العاشر من ديسمبر عام 2018 نشرت جريدة الجارديان البريطانية خبرًا بعنوان: «الحياة العميقة»؛ يبين أن فريقًا بحثيًّا كبيرًا يضم 1200 عالم من 52 دولة قد اكتشف - بعد أبحاث استمرت مدة عشر سنوات - منظومة إيكولوچية واسـعة تحت الأرض على عمق خمسـة كيلومترات تعج بالحياة البكتيرية في بيئات شـديدة الحرارة والظلام التام والضغط الشـديد. وتبلغ هذه الكتلة الحيوية مئات المرات كتلة جميع البشـر على وجه الأرض. والمثير أن لبعض هـذه الكائنات الحية نظم تمثيل غذائي (ميتابوليزم) تختلف عن منظوماتنا الحيوية الحالية تمامًا! فهي بطيئة للغاية بحيث يمكن أن تستمر لآلاف السنين!

ويثير هذا الاكتشاف التساؤل المهم: هل نشأت الحياة في أعماق الأرض ثم هاجرت إلى أعلاها، أم أن العكس هو الصحيح، أم أن كلًّا من الحياتين قد نشأت بشكل مستقل؟

في مواجهة هذا التنوع الشاسع في أشكال الحياة المحتملة، مع عدد الكواكب الكبير التي يمكن أن تتوافر فيها الظروف الملائمة المتباينة، أرى أن **الجزم بغياب الحياة خارج كوكبنا غير مقنع**، وأرى أنه مثلما أسقطنا فكرة أن الأرض هي مركز الكون، فإننا قد نُسقط فكرة أننا متفردون. وسيكون السؤال المطروح فيما بعد هو: ما منزلتنا بين الحيوات المختلفة في الكواكب الأخرى، **هل نحن في مقدمة الكائنات الذكية في الكون؟**

من الأذكى؟

إذا أخذنا في الاعتبار أن كوننا المرصود يحتوي على 100 بليون مجرة، وأن كل مجرة تحتوي على قرابة 100 بليون نجم، فإن قانون الاحتمالات يخبرنا بأنه ينبغي أن توجد كواكب كثيرة تشبه أرضنا؛ **كواكب «يمكن» أن تزدهر فيها الحياة الذكية**.

لاحظ قولنا في الفقرة السابقة؛ **يمكن أن تزدهر**، ولم نقل «ازدهرت»، ذلك أن الكثير من العلماء يعتبرون أن نشأة **الحياة الذكية** على أرضنا قد احتاجت إلى تضافر ظروف عديدة للغاية من الصعب أن تتوافر مرة أخرى في كوكب آخر في الكون.

إن التمييز بين **«الحياة خارج الأرض»** وبين **«الذكاء خارج الأرض»** يفتح الباب لعدد من الاحتمالات:

أ) يمكن أن توجد خارج كوكبنا حياة بدائية تشبه أي نمط من أنماط الحياة البسيطة في كوكبنا.

ب) يمكن أن توجد حياة بسيطة لا تشبه أي نمط من أنماط الحياة في كوكبنا.

جـ) يمكن أن توجد كائنات ذكية تشبه الإنسان أو بعض كائنات الأرض الأخرى.

د) يمكن أن توجد كيانات ذكية لا تشبه أنماط الحياة في كوكبنا، ربما تشبه الروبوتات أو الكائنات الأخرى التي تعرضها أفلام الخيال العلمي! من يدري؟

ولا شك أن أنماط الحياة التي تخالف أنماطنا هي الأكثر صعوبة في الرصد، ذلك أننا **لا ندري طبيعة ما نبحث عنه**، ويزداد الأمل في رصدها إذا كانت كيانات ذكية، إذ إنها قد تضع في كواكبها بصماتها الحضارية كالبنايات الشاهقة التي يمكننا رصدها، وقد تسعى للتواصل معنا.

والآن، أحب أن أبين لك كيف تعامل رسل ستانارد مع السؤال: **من الأذكى؟** فقد أعجبني طرحه كثيرًا:

لقد ظهر **جنسنا البشري** (الإنسان العاقل العاقل Homo sapiens sapiens) في كوكب الأرض منذ ما يزيد عن 100.000 سنة قليلًا، وقد تطلب ذلك فترة تطور بلغت أكثر من ثلاثة ملايين عام، تضاعف خلالها حجم المخ البشري بالنسبة لحجم الجسم أكثر من ثلاث مرات. إن هذه الفترات الزمنية قصيرة للغاية بالنسبة لتاريخ **تطور الحياة** الذي يشغل قرابة الأربعة بلايين عام.

و إذا تفكرنا كيف يمكن أن يكون تطور الحياة الذكية قد سار في **كواكب أخرى**، فهناك احتمال أن يكون ذلك قد استغرق **فترات أطول**؛ مليون، عشرة ملايين، مائة مليون سنة. لا بأس، هل معنى ذلك أن تكون هذه الكائنات قد تجاوزت ذكاءنا كثيرًا؟ إذا كانت الإجابة المنطقية هي «نعم»، فإن هذا السؤال يخضع لعدة سيناريوهات محتملة تتوقف على عوامل تخصنا وتخصهم:

1) نتطور أم نتدهور

ينبغي عند تأمل **مستقبل تطور الذكاء الإنساني** أن نكون حذرين. فإذا كان التزايد المستمر في قدراتنا العقلية هو السمة المميزة لتطور الإنسان حتى الآن، فذلك لا يعني بالضرورة أن تستمر هذه العملية بشكل دائم، لماذا؟

تبعًا لمفهوم التطور، يرجع تزايد مستوى ذكاء الجنس البشري في الماضي إلى أن الذكاء كان ضروريًّا للبقاء أحياء. ففي ظل نقص موارد الغذاء وأماكن السكن المناسبة وتهديد المفترسات كان الذكاء مطلوبًا لتدبير احتياجات البقاء، وكلما ارتفع الذكاء ارتفعت فرص البقاء و إمكانية التزاوج و إنجاب الذرية، وكلما قل الذكاء قلت فرصة المحافظة على چينات الشخص من خلال التكاثر. لذلك - من خلال آلية الانتخاب الطبيعي - أصبحت **الأجيال المتعاقبة أكثر ذكاء من الأجيال السابقة**، واستمر هذا السيناريو في الارتقاء بذكاء الإنسان.

أما الآن، فقد جَدَّت **عوامل اجتماعية** ينبغي أخذها في الاعتبار. ففي ظل حضارتنا المعاصرة، يمكنك القول أنه - غالبًا - كلما كنت أكثر ذكاء زادت فرصتك لأن تحصل على

وظيفـة أو عمـل يحقق دخلًا أكبر، ونحن نعلم أنه كلما ارتفع مسـتوى المعيشـة زادت رغبة الأسرة في إنجـاب أطفـال أقل، إن ذلك يقف **ضـد مبدأ «البقاء للأذكى»** الـذي كان فاعلًا في الماضي[1].

يتبـنى سـتانارد أن ذلـك يعني أن **عملية تطـور الذكاء قـد أصبحت عملية انتكاسـية**، وأن متوسـط الذكاء في البشرية يسـير إلى التناقص، و إن كان هذا التناقص قد حجبته مسـتويات التعليم الأفضل.

فيـا تُرى؛ هل الذكاء (المحتمل) خارج كوكبنا **لا يـزال يتطور** بمعدلات أعلى منا كثيرًا، أم يكون قد وصل - منذ زمن - إلى مرحلة التدهور التي وصلنا إليها، ولم يعد في تقدم كما تُصور النظرة السطحية؟

2) الهندسة الوراثية

إن كنا بالفعل قد وصلنا إلى أعتاب سيناريو التدهور السابق، فإن هناك سيناريو آخر محتمل:

لقد قام **مشروع الجينوم البشري** بفك شفرة الإنسان الوراثية المسجلة في الدنا DNA، ومن خلال معرفة الشـفرات المسـئولة عن الكثير من السمات الإنسانية، مكننا المشروع من دراسة الفوارق الجينية بين أفراد جنسـنا. ومن أمثلة ذلك، اكتشـاف الجينات المسئولة عن الأمراض الوراثية، مثل الأنيميا المنجلية Sickle cell anaemia مما أحيا الأمل في أن نسـتطيع استبعاد مثل هذه الشفرات الضارة من الحوض الجيني.

وقياسًـا على ذلك؛ إذا اكتشفنا الجينات المسئولة عن السمات الإنسانية المفيدة، مثل **الذكاء الأعـلى**، فإن ذلك يفتـح الباب لإمكانية دعم هذه الصفات وزيادة الذكاء الإنسـاني من خلال الهندسة الوراثية.

---

(1) يبـين هـذا المثال أن الفرد الذكي يفضل مصلحته (أطفال أقل) مضحيًا بمصلحـة الجماعة (أطفال أذكياء أكثر). وهذه حجـة قوية ضد من يدعي أن الانتخـاب الطبيعي يراعي مصلحة الجماعة ومصلحة الجنس البشري كله. وينطلقون من هذه الفرضية الخطأ لتفسـير مفاهيم يعجز التطور التلقائي عن تفسـيرها؛ مثل مشـاعر التعاطف والإيثار، وذلك بدلًا من الإقرار بأن وجود هذه المشـاعر في السـلوك الإنساني يعجز عن تفسيره مبدأ الصراع من أجل البقاء، ومن ثم يحتاج إلى التفسيرات الدينية.

في الوقت الحالي، لا يزال العلماء والسياسيون يرفضون استعمال الهندسة الوراثية في «**تصميم الأطفال**»! أي الحصول على ذرية أفضل، ولكن هذا لا يعني أن الإنسان سيظل ملتزمًا بهذا الرفض في المستقبل.

وفي نفس الوقت، لا يعني رفضنا لتصميم الأطفال أن الكائنات الذكية خارج كوكبنا متمسكة بهذا الموقف الأخلاقي، فقد تكون هذه الكائنات (المحتملة) - إن كانت قد وصلت إلى مستوى ذكائنا - قد سارت منذ زمن في طريق دعم ذكائها عن طريق الهندسة الوراثية.

ومن ثم، بدلًا من سيناريو الركود ثم التدهور السابق، قد تكون الكائنات الذكية خارج كوكبنا قد سارت في طريق غير طريقنا، وأن تكون قد بدأت بالفعل انفجارًا تطوريًّا، يمكن تسميته بـ «**التطور المباشر** Direct Evolution»، إذ يعتمد على اختيار الكائنات وتدخلها، بدلًا من التطور بالانتخاب الطبيعي الذي يعتمد على الطفرات الطبيعية. في هذه الحالة، ستنظر الكائنات الذكية خارج الأرض إلينا مثلما ننظر نحن إلى أسلافنا البدائيين من أشباه الإنسان.

3) الخطر النووي

هذا سيناريو ثالث محتمل يطرحه ستانارد...

لقد مكننا مستوانا العقلي الحالي من أن نخترع **الأسلحة النووية**، التي تعني القدرة على تدمير الذات. وبالرغم من أن الرعب النووي قد تضاءل بالمقارنة بأيام الحرب الباردة[1] وأزمة الصواريخ الكوبية[2]، فإن الخطورة لم - ولن - تتلاشى.

(1) Cold war: مصطلح يُستخدم لوصف حالة الصراع والتوتر والتنافس التي قامت بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي وحلفائهم ابتداء من نهاية الحرب العالمية الثانية وحتى أوائل التسعينيات. وكان يسود في هذه الفترة الصراع من أجل تطوير الأسلحة النووية والتهديد باستخدامها. وقد هدأت هذه الحرب بعد انهيار الاتحاد السوفييتي عام 1991. فأصبحنا نعيش في عالم أحادي القطب تنفرد بالسيادة فيه الولايات المتحدة، والآن بدأت الحرب الباردة تطل برأسها من جديد مع ازدهار قوى أخرى كالصين وأيضًا روسيا.

(2) وقعت أخطر مواجهات الحرب بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي في كوبا في أكتوبر 1962. فبعد فشل الولايات المتحدة في إسقاط النظام الماركسي في كوبا، شرع الاتحاد السوفييتي في بناء قواعد صواريخ نووية سرية متوسطة المدى في كوبا ، مما جعل الولايات المتحدة في مدى القذف السوفييتي. وانتهت الأزمة بأن سحبت روسيا صواريخها النووية من كوبا مقابل أن سحبت أمريكا صواريخها النووية من تركيا و إيطاليا.

لا أحسب أن عاقلًا يضمن ألا يصل ديكتاتور مهووس في وقت مستقبلي - ربما بعد مليون سنة - إلى سُدَّة الحكم في إحدى الدول النووية، أو ربما تقوم حرب نووية بسبب اضطراب في أداء أحد الحاسوبات، وهل يضمن أحد ألا تقع حادثة رهيبة أفظع من كارثة تشيرنوبل[1]؟

لا أحد يستطيع أن يدعي أن أيًّا من هذه الكوارث سيقع في السنوات القليلة القادمة، أو حتى بعد مائة أو ألف عام. ولكن هذه الفترات لا تعدو شيئًا بالمقارنة بعمر البشرية وبأزمان التطور الطويلة للغاية.

ومن يدري، قد يكون هذا السيناريو مطروحًا لدى **كائنات فضائية** وصلت إلى مرحلتنا التطورية؛ فيكتشفوا القوة النووية، وبعد فترة قصيرة وقبل أن يحققوا تقدمًا آخر، تقع المصيبة **فيبيدوا أنفسهم**!

إن هذه احتمالات ثلاثة مثيرة، تبين أن المستقبل لا يحمل بالضرورة تطورًا طبيعيًّا للذكاء، لكنه **مستقبل مرهون باختيارات شخصية وعوامل اجتماعية ومشكلات علمية.**

التواصل

لا شك أن الأسئلة المرتبطة بالكائنات الفضائية ليست في نفس مستوى إلغاز الأسئلة الوجودية الأساسية؛ مثل: لماذا يوجد كون؟! لماذا توجد قوانين الطبيعة؟! وغيرها. ومع ذلك فإن معرفة منزلة الإنسان في الكون هو سؤال وجودي بشكل أو بآخر؛ فكيف نجيب عنه؟

الإجابة الحاسمة تتطلب أن نذهب لزيارة هؤلاء الجيران الشركاء في الكون، مثلما يحدث في العديد من أفلام وقصص الخيال العلمي. لكن هذه احتمالية بعيدة للغاية، ذلك أن السفر بالسرعات المتاحة لصواريخنا اليوم سيستغرق قرابة المائة ألف سنة للوصول إلى أقرب نجم. ومن ثم تُعتبر **السياحة الفضائية** حلًّا غير مطروح.

(1) Chernobyl accident: كارثة نووية وقعت في المفاعل النووي بمدينة تشيرنوبل بالاتحاد السوفييتي. ففي يوم 26 إبريل عام 1986، حدث خطأ في التشغيل بعد إغلاق توربينات المياه المستخدمة في تبريد اليورانيوم في المفاعل الرابع أدى إلى اشتعاله. وقدرت الخسائر بـ 36 قتيلًا و2000 مصاب وثلاثة مليارات دولار، وأعلنت المنطقة كمنطقة منكوبة.

البديل الآخر، هو أن **نمسح السماوات** باحثين عن إشارات لوجود ذكاء خارج كوكبنا يبذل جهدًا للتواصل معنا[1]. وقد تمت ممارسة هذا البديل لسنوات طويلة من خلال برنامج

(1) عندما يبدع الذكاء عملاً من الأعمال تظهر فيه علامات «التصميم Design»، التي يصفها المتخصصون بأنها بصمات أو توقيع الذكاء على هذا العمل.

من هذه البصمات ما يُعرف بـ«التعقيد المتفرد Specified Complexity» و يُرمَز إليه بالحرفين SC. وهو المفهوم الذي أبرزه وليم ديمبسكي William Dembski الرياضياتي والفيلسوف الأمريكي. وقد نجح الفيلم الشهير «التواصل Contact» في تقريب هذا المفهوم من عقولنا، والفيلم من تأليف عالم الكونيات كارل ساجان Carl Sagan و يدور حول جهود عالمة الفضاء «إيلي آرواي Ellie Arroway» للعثور على حياة ذكية خارج الأرض.

ومن بين آلاف الإشارات التي استقبلتها إيلي من الفضاء الخارجي إشارة اعتبرتها صادرة من كائنات ذكية؛ لأنها كانت تحمل إحدى بصمات التصميم؛ فقد كانت تتسم بـ«التعقيد المتفرد»:

كانت الإشارات عبارة عن تكرار للأرقام الأولية الواقعة بين (2) و(101). كانت الإشارة على هيئة: 11 - 111 - 11111 - ... وهكذا.

لقد اعتبرت إيلي وزملاؤها الباحثون أن هذه الإشارات لا تصدر بالصدفة، وذلك لخاصيتين موضوعيتين فيها:

1- هذه الأرقام ليست مجرد تكرار رياضي مباشر، فهي ليست مثل (6، 8، 10، ...) التي هي إضافة للرقم (2)، ولا مثل (2، 4، 8، 16،...) التي هي حاصل الضرب في الرقم (2). إن الأرقام الأولية لا يعتمد بعضها على بعض رياضيًّا Independent؛ إنها «متفردة Specified».

2- كانت الإشارة «تكرارًا» لتتابع «طويل» من الأرقام لا يمكن حدوثه مرة أخرى بالصدفة (ليست تكرار لـ 2، 3، 5 فقط مثلًا)، ولهذا فهو تكرار «معقد Complex»، والمقصود بالمعقد هنا أنه غير مُحتَمَل الحدوث بالصدفة Improbable.

إن اجتماع «التفرد Specified» مع «التعقيد Complex» هو «التعقيد المتفرد» SC، وهو من بصمات «التصميم Design»، الذي لا يوجد إلا من خلال «الذكاء Intelligence».

ونضع هذا المعنى على هيئة معادلة:

لا يعتمد بعضه على بعض + غير مُحتَمَل بالصدفة = تعقيد متفرد = تصميم = ذكاء

«متفرد» «معقد»

تصور أن إيلي وزملاءها في مركز أبحاث SETI قد استقبلوا تكرارًا لتتابع قصير (غير معقد) من الأرقام الأولية (2، 3، 5) مثلًا. هل تستطيع إيلي أن تدعي أن هذه الإشارات صادرة من ذكاء خارج الأرض؟ بالتأكيد لا، فهذه الإشارات ليست معقدة بالقدر الذي يمنع تكرارها بالصدفة. وقد حدث بالفعل أن رصد العلماء مثل هذه الإشارات عدة مرات، ولم يَدَّعِ أحد منهم أن ذلك يعكس ذكاء. أما تكرار تتابع طويل من الأرقام الأولية من 2-101 فشيء آخر.

لذلك عندما استقبل علماء SETI الرسالة في فيلم Contact صاحوا قائلين:

«إنها ليست تشويشًا، إنها ذات بنية ما (تعقيد متفرد) This has structure;This is not noise».

إن هذه البنية (التعقيد المتفرد) من علامات التصميم، وهي بصمة للذكاء.

سيتي SETI (البحث عن ذكاء خارج الأرض The Search for Extraterrestrial Intelligence)، الذي تبنته في البداية وكالة أبحاث الفضاء الأمريكية NASA. ولم يحقق هذا البحث نجاحات حتى الآن، وسيستمر البحث، دون ضمانات بالنجاح.

لذلك، من الأسئلة التي أظن أنها تمثل حدًا لقدرتنا على الاكتشاف هو السؤال:

هل هناك حياة خارج الأرض، وإذا وُجدت، فما منزلة ذكائنا بالنسبة لذكائها؟

يبدو أن إجابة السؤال ليست بأيدينا، لكنها **تعتمد على مبادرة الكائنات الفضائية** (إن كانت موجودة) ورغبتها في التواصل معنا؛ ربما لا يكونون متحمسين لذلك، وربما ليست لديهم الإمكانيات لإرسال إشارات يمكن استقبالها من مسافات هائلة.

لذلك قد يظل السؤال عن الحياة خارج الأرض دون إجابة، ليس لأسباب ميتافيزيائية، ولكن لأسباب تتعلق بالتقنيات المتاحة للطرفين.

الفصل السابع

عدمٌ ليس بعدمٍ

- لغز الجاذبية
- النظرية النسبية والمكان: الفراغ الذي يتقعر!
- نظرية الكوانتم والمكان: الفراغ يولد جسيمات!
- محنة قوانين البقاء؟
- مبدأ الارتياب ينقذ قوانين البقاء.
- العدم الفيزيائي
- الطاقة المظلمة؛ طاقة الفراغ
- الجسيمات ومضاداتها
- المتصلة التامة للطاقة السالبة!
- مادة أكثر من مضادات المادة
- قياسات بلانك
- طول بلانك
- زمن بلانك
- القياسات الطبيعية الأدنى في الميزان
- فيزياء أم رياضيات؟

عندمـا نتحدث عـن «الفضاء Space» يتبـادر إلى أذهاننا الفضـاء الخارجي، الذي هو الكون. لكن المصطلحين العربي والإنجليزي اللذين يشيران إلى **«الفضاء الكوني»** يشيران أيضًـا إلى **«المكان» بصفة عامـة**، مثل الغرفة التي تجلس فيها، لذلـك تجدنا في هذا الفصل ننتقل بين المعنيين. و إذا اسـتطردنا في التأصيل؛ نجد أننا عندما نتسـاءل عن طبيعة الفضاء، قـد نتوهم أن الفضاء هو **«لا شيء** Nothing». ذلك أنه إذا لم توجد أشـياء في مكان معين اعتبرناه **«مكانًا خاليًا** Empty space» مما يوحي بـ **«العدم** Nothingness». لكن الفيزياء الحديثة لا تنظر للمكان/ الفضاء بهذا المنظور.

وللتثبيـت من أن **«الفضاء» ليس «لا شيء»**، اسـترجع ما ذكرناه عـن وصف الانفجار الكـوني العظيـم، الذي ليـس كباقي الانفجـارات. فعناقيد المجرات لم تكـن تتباعد عن بعضهـا عن طريق الحركـة في الفضاء، بـل **كان الفضاء ذاته هو الذي يتمـدد حاملًا معه العناقيـد المَجَرِّيـة**، وتمدد الفضاء يعني أنه ليس «لا شيء». واسـترجع أيضًـا ما ذكرناه من احتماليـة (لم تثبـت) أن يكون الفضاء الكوني منحنيًا على نفسـه كالبالـون، مما يعني أنه «شيء» يمكن أن ينحني.

و إذا كنا قد اكتشفنا أن الكون ليس مكانًا كالبالون، فهل يكفي أن نقول ذلك وتنتهي المشكلة؟ لا... ألم يخبرنا آينشتين أن الفضاء الكوني منحنٍ، كما أن المكان يمكن أن يتقعر في مناطق محدودة، فهل يمكن أن تقع هذه الأحداث في الـ «لا شيء»؟!

لغز الجاذبية

للإجابة عن التساؤلات السابقة، دعنا نتأمل - كمثال - الفضاء المحيط بالشمس. إن الأرض تتحرك في مدار حول الشمس، لماذا؟ تعلمنا في المدرسة، أن ذلك بسبب **«قوة الجاذبية»** التي تمارسها الشمس على كوكبنا وكأن هناك حبل مطاطي غير مرئي يربط بينهما، وهذه القوة تمنع الأرض من الانطلاق بعيدًا في الفضاء بسبب قوة الطرد المركزية الناشئة عن دورانها حول الشمس. وبنفس الطريقة، تحتفظ المحطة الفضائية بمدارها حول الأرض بسبب الجاذبية التي يمارسها كوكبنا عليها. هذا هو **الطرح التقليدي المنطقي للظاهرة**، والذي دعمته التطبيقات العملية على مدى ثلاثة قرون منذ أن طرح نيوتن قانون الجاذبية.

لكن، هناك **لغز غريب بخصوص «قوة الجاذبية»** لا يستطيع طرح نيوتن أن يجيبنا عنه:

إذا نظرنا إلى **رائد الفضاء** عندما يخرج من **المحطة الفضائية** التي تدور حول الأرض ويتحرك بجوارها، نجد أن كلًّا من الرائد والمحطة ينطلقان معًا (كوحدة واحدة) في نفس المسار حول الأرض. إن هذه الملاحظة البسيطة تطرح تساؤلين عويصين؛ الأول؛ لماذا تحرص الجاذبية على الاحتفاظ بكل من سفينة الفضاء ورائدها في نفس المسار حول الأرض؟. والسؤال الثاني: إذا كانت قوة الجاذبية تبعًا لنيوتن تزداد كلما ازدادت كتلة الجسم (تناسب طردي) فكيف تعرف الجاذبية مقدار الجذب الذي ينبغي أن تمارسه على الأجسام ذات الكتل المختلفة (كتلة رائد الفضاء أقل كثيرًا من كتلة المركبة الفضائية)؟

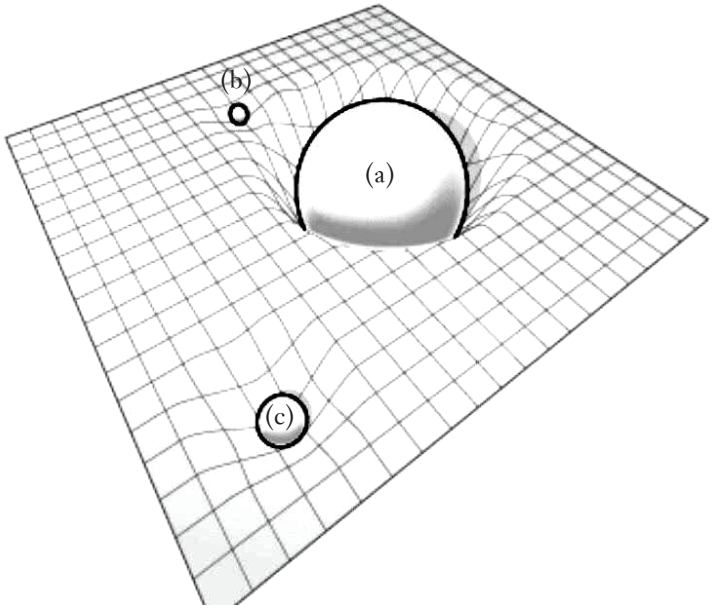
لقد احتاج تفسير ذلك أن تنتظر البشرية حتى يظهر شخص في عبقرية آينشتين.

النظرية النسبية والمكان
الفراغ الذي يتقعر!

يخبرنا ستانارد في «نهاية الاكتشاف» أن النظرية النسبية قد قدمت إجابة عن هذين السؤالين **تهدم تمامًا مفهوم «قوة» الجاذبية** كما تصورها نيوتن. فالطريقة الأفضل للنظر إلى

الأمر ليس اعتبار أن الأرض تمارس **«قوة جذب»** على الأشياء التي تدور حولها، لكنها تسبب **تقعر في الفضاء (نقرة Dimple) المحيط بها**، ومن ثم، فإن أي شيء (جسم أو أشعة) يمر بهذا التقعر لا يسير في خطوط مستقيمة، لكنه يتخذ مسارًا منحنيًا.

إن الأمر يشبه ما تسببه كرة حديدية ثقيلة من تقعر في ملاءة مطاطية وُضعت عليها (شكل - 35). وبالتالي، إذا دُفعت كرة أقل كتلة (مثل كرة التنس) للحركة على الجزء المقعر من الملاءة فإنها ستظل تدور في حلقات متتالية حول الكرة الحديدية. وبالمثل فإن محطة الفضاء ورائدها الذي يتحرك حولها يتبعون نفس المسار الدائري حول الأرض دون الحاجة إلى رباط مطاطي يربطهما ودون الحاجة إلى ضبط قوة الجذب تبعًا لكتلة الأجسام.



(شكل - 35)

تسبب الأرض (a) والأجرام الأخرى (c) تقعرًا في الفضاء المحيط بها، وهذا التقعر هو المسئول عن احتفاظ الأرض بسفينة الفضاء ورائدها حولها (b).

وإذا كانت **الأرض** تسبب تقعرًا في المكان ثلاثي الأبعاد، فإن **الشمس** تسبب تقعرًا أعمق وأوسع، لذلك تدور الأرض بشكل متكرر في مدار حول الشمس. وبالمثل، تتخذ الشمس

مدارًا حول مركز مجرتنا **درب التبانة**، وذلك بسبب النقرة (التقعر) الهائلة التي يسببها الـ 100 بليون نجم التي تشكل المجرة.

و إذا كانت نظرية نيوتن للجاذبية قد أفادت كثيرًا من الناحية العملية والتطبيقية من خلال قانون الجذب العام[1]، فإن تفسير النسبية للجاذبية من خلال **مفهوم تقعر المكان** يفسر الظواهر الكونية بشكل أدق ويجيب بشكل متكامل عن الأسئلة الملغزة حولها. ولكن لهذا النموذج التفسيري البديع ثمنه الذي ينبغي دفعه، وهو قبول الفكرة العجيبة بأن **الفضاء لم يعد «لا شيء/ عدم»**، بل هو **«شيء» غامض قابل للتقعر**.

نظرية الكوانتم والمكان
الفراغ يولد جسيمات!

إذا كانت ثورة نظرية النسبية تفرض علينا قبول أن **الفضاء لا ينبغي أن يكون** «لا شيء/ عدم»، فقد دعمت الثورة الفيزيائية العظمى الأخرى الفكرة!

إن نظرية الكوانتم[2] (نظرية الأشياء الصغيرة للغاية) تقوم بشكل أساسي على أن **المكان الفارغ ليس فارغًا بالمرة**، بل إنه يموج بزحام هائج من الجسيمات تحت الذرية التي تبرز إلى الوجود وتختفي قبل أن نستطيع رصدها، إن هذا الطرح على بساطته يموج هو الآخر بزحام هائج من الألغاز:

محنة قوانين البقاء[3]

إن طرح **فيزياء الكوانتم** يثير حتمًا التساؤل المندهش؛ **كيف لجسيمات لم تكن موجودة**

(1) توجد قوة تجاذب بين أي جسمين في الكون، تتناسب طرديًّا مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسيًّا مع مربع المسافة بين مركزيهما.

(2) نناقش نظرية الكوانتم في الفصل الحادي عشر من الباب.

(3) مثل قانون بقاء المادة، وقانون بقاء الطاقة، وقانون بقاء الشحنة الكهربائية.
ناقشنا بعض جوانب محنة قوانين البقاء في الفصل الثاني من الباب الأول.

أن تبزغ فجأة إلى الوجود، ألا يتعارض ذلك مع قانون بقاء المادة - الذي تعلمناه في المدارس - من «أن المادة لا تفنى ولا تُستحدث»؟!

يجيب ستانارد في كتابه عن هذا السؤال المندهش إجابة مدهشة؛ إنه يقول: إن هذا القانون غير صحيح بشكل مطلق! ثم يبدأ في شرح الأمر من البداية:

تبعًا لنظرية النسبية، ليست المادة إلا شكلًا من أشكال الطاقة مثل بقية أشكالها؛ كالطاقة الحركية للسيارة والطاقة الكامنة في الكتاب الذي بين يديك وتجعله يسقط لأسفل إذا تركته، وطاقة أشعة الشمس، والطاقة الحرارية وغيرها. وهذه الطاقة المختزنة على هيئة مادة لا يمكنها التحرر إلا تحت ظروف معينة؛ كأن تنطلق الحرارة عند احتراق الفحم، وكالاندماج النووي في النجوم الذي يسمح بأن يتحول جزء من الطاقة المختزنة في نويات ذرات الهيدروچين والهيليوم إلى ضوء وحرارة.

ومثلما يمكن للمادة أن تتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة تحت ظروف محددة، فالعكس أيضًا صحيح، **فالطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة**؛ مثلما يحدث في عملية التمثيل الضوئي، التي يحول فيها النبات طاقة الشمس (مع ثاني أكسيد الكربون والماء) إلى كربوهيدرات، ومثلما يحدث في **مسرعات الجسيمات تحت الذرية**[1]. ويتم التعبير عن العلاقة بين المادة والطاقة بمعادلة آينشتين الأشهر:

الطاقة = المادة × مربع سرعة الضوء ... $E = mc^2$

إن النظرية النسبية تعني أن المادة والطاقة متكافئتان متساويتان.

إن معادلة آينشتين تجسد ما يحدث في مسرعات الجسيمات تحت الذرية، فعندما يتصادم جسيمان يتحركان بسرعة هائلة يتحول جزء من طاقتهما الحركية إلى جسيم جديد (أي مادة جديدة) في إطار هذه المعادلة.

يمكنك أن تجادل قائلًا: حسنًا، إن ما ذكرت طيب للغاية، وهو لا يتعارض مع قانون بقاء المادة، فالجسيمات الجديدة التي تظهر في المسرعات **لم تُستحدث من لا شيء**، لكنها نشأت من طاقة حركية، أي أننا استبدلنا هيئة من الطاقة بهيئة أخرى.

(1) نناقش هذا الأمر بالتفصيل في الفصل العاشر الباب.

ولكـن، أن ظهـور الجسـيمات الجديـدة واختفاءها ليس قـاصرًا على المسرعـات، لكنه يحـدث أيضًا في **الفضاء الفارغ الخالي من الطاقة المرصودة!** فأين الطاقة التي تنشـأ منها هذه الجسيمات؟

أي أن المشكلة ليست فقط مع **قانون بقاء المادة**، لكن المشكلة أيضًا مع **قانون بقاء الطاقة** الـذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تُسـتحدث، وذلك يعني أنـه إذا لم توجد طاقة في الفضاء الفارغ فلن يمكن تشـكيل الجسـيمات. إن ذلك يعني أن قانونَي بقاء المـادة والطاقة هما فعلًا في محنة!

مبدأ الارتياب ينقذ قوانين البقاء

لا يتركنـا سـتانارد في حيرتنا حول تعارض قوانين البقاء مع مـا تطرحه فيزياء الكوانتم من **تشكل جسيمات تحت ذرية في فراغ ليس فيه طاقة**؛ انظر ماذا يقول في كتابه:

في مواجهـة هـذه المعضلة، يأتي دور **مبدأ الارتياب لهايزنبرج**. فالمبـدأ الذي يتبنى أن **قانون بقـاء الطاقـة يعمل على المدى الطويل**، يتبـنى أيضًا أن هناك تذبذبات طاقيـة دقيقة على المدى القصـير. فالنظام الفيزيائي يمكن أن «**يسـتعير** Borrow» طاقة، طالما هو قادر على ردها خلال فترة قصيرة يحددها مبدأ الارتياب[1].

إن الأمر يشبه القروض البنكية قصيرة الأجل التي تغطي مشكلة مؤقتة في السيولة لعميل مـن العملاء، وليـس كالرهن العقاري Mortgage طويل الأجل لشراء مسـكن، مثلًا. هكذا

(1) تشـتمل فيزياء الكوانتم على معادلة بسـيطة وفي نفس الوقت مهمة للغاية، إذ تنتظم علاقة اسـتعارة الطاقة ووقت سدادها:

$$\Delta E \times \Delta t \approx h/2\pi$$

حيـث: ΔE: هـي الطاقة المسـتعارة، وΔt هي وقـت رد الدين، و h هي ثابـت ضئيل، يُعرف بثابـت بلانك Planck's Constant. ويمكن من هذه المعادلة أن نستنتج - مثلًا - أنه من أجل أن تستعير ضعف الطاقة ينبغي أن تردها في نصف الوقت.

إن هذه التذبذبات غير ملحوظة في حياتنا اليومية لأن ثابت بلانك (في الجانب الأيمن من المعادلة) صغير للغاية، ومن ثم فالتذبذبات الكبيرة في الطاقة يتم سدادها في وقت ضئيل للغاية، أقل من أن نلاحظه.

أمـا على المسـتوى تحت الذري، فإن تأرجحـات/ تذبذبات Fluctuations الطاقة يمكـن أن تكون مهمة. لذلك فكل فروع الفيزياء الذرية وتحت الذرية ينبغي أن تأخذ ارتياب الكوانتم في الاعتبار.

يُمَكِّنُنا ارتياب الكوانتم من قبول **بزوغ الجسيمات تحت الذرية إلى الوجود وخروجها منه حتى و إن تعارض ذلك مع قانون بقاء الطاقة**. ونحن في الحقيقة لا نرصد هذه الجسيمات، فهي تختفي قبل أن نتمكن من ذلك[1]، لهذا السبب نسميها «**جسيمات افتراضية/ تقديرية** Virtual Particles».

والمتوقع، أن هذه الجسيمات الافتراضية تتكون في أزواج (**جسيم وجسيم مضاد**) ولا تكون في حالة فردية. والجسيمات المضادة Antiparticles يكون لها نفس كتلة الجسيم مع قيم معكوسة لخصائص عديدة؛ مثل الشحنة الكهربائية. لذلك فإن الإلكترون سالب الشحنة يكون مضاده موجب الشحنة، وهو الـ «بوزيترون[2] Positron»، والبروتون (أحد مكونات نواة الذرة) يكون موجب الشحنة بينما يكون البروتون المضاد سالب الشحنة. لذلك فإن تكوين زوج (الجسيم الافتراضي - جسيم مضاد افتراضي) يحافظ على قوانين البقاء الأخرى، مثل **قانون بقاء الشحنة الكهربائية**.

ولكن، إذا كان إنقاذ قوانين البقاء يعتمد على مبدأ الارتياب وعلى فكرة استعارة طاقة لفترة بسيطة، كالقروض قصيرة الأجل، **فأين هذا البنك** الذي يقرض الجسيمات الافتراضية الطاقة؟

هذا السؤال ينقلنا مباشرة إلى بيت القصيد:

العدم الفيزيائي

بعد أن اكتشفنا أننا نتعامل مع كتلة هائجة من **الجسيمات الافتراضية** التي لا يمكن رصدها و إن كانت تبزغ إلى الوجود وتخرج منه، فمن الطبيعي أن نتساءل عن مصدر طاقة هذه الجسيمات. كذلك سبق أن تساءلنا عن مصدر الطاقة التي **تدفع عناقيد المجرات بعيدًا عن بعضها في هذا الفضاء الفارغ**، وتساءلنا أيضًا عن الطاقة التي يمكن أن **تجعل الكون منحنيًا**.

(1) يرجع عجزنا عن رصد هذه الجسيمات إلى أنها تختفي قبل أن ينقضي عليها زمن بلانك، الذي هو الزمن الأدنى لحدوث حدث قابل للرصد. وسنناقش ذلك بالتفصيل في الفصل العاشر.

(2) نشرح هذا المفهوم بالتفصيل في مبحث تال بعنوان «الجسيمات ومضاداتها».

بذلك أصبحنا أمام ثلاث ظواهر تجعلنا نعتبر أن **الفضاء الفارغ - العدم الفيزيائي**[1] **- ليس فارغًا على الإطلاق.**

الطاقة المظلمة؛ طاقة الفراغ

تحتاج هذه الظواهر الثلاث (بزوغ جسيمات افتراضية - تباعد عناقيد المجرات - انحناء المكان) إلى طاقة، مما يعني أن الكون الفارغ يحتوي على «**طاقة فراغ** Vaccum Energy»، وهذه هي «**الطاقة المظلمة** Dark Energy» التي تحدثنا عنها عند مناقشة **كثافة الكون الحرجة**، وهذا يعني أن العدم الفيزيائي ليس عدمًا مطلقًا على الإطلاق، بل يحتوي على طاقة هائلة لا يمكننا رصدها. وبالرغم من أننا لم نرصد النشاطات المسئولة عن إنتاج الطاقة المظلمة، فإن وجودها أصبح مقبولًا. وبالرغم من أن هذه الطاقة لا يمكن رصدها بشكل مباشر على هيئة موجات أو جسيمات، فيمكننا **رصد تأثيراتها** التي أهمها تمدد الكون وتباعد المجرات. لذلك فإن من الأسئلة الملغزة في فيزياء الكون:

ما مصدر الطاقة المظلمة؟

ومما يزيد الإلغاز، أننا كنا نتصور أن توسع الكون وتباعد عناقيد المجرات سيتباطأ بسبب قوى التجاذب المتبادلة بينها، مما يعيد كل شيء في الكون وحدة واحدة مثلما كان عند بداية نشأته، وهو ما يطلقون عليه «**الانسحاق العظيم** Big Crunch». لكن العجيب، أنه في عام 1998 تم اكتشاف أن **عناقيد المجرات البعيدة** لا تتباطأ، بل إن **سرعة تباعدها عنا تتزايد**. مما يعني التوسع المستمر للكون[2] وتكوين فضاء جديد بشكل مستمر، وهذا التوسع يحتاج إلى المزيد والمزيد من الطاقة المظلمة، إن ذلك يطرح سؤالًا ساخنًا مُعضلًا:

من أين يتحصل الكون على هذه الطاقة المظلمة الجديدة؟

(1) يعني الفيزيائيون «بالعدم الفيزيائي» عدم القدرة على رصد أي موجود، هذا لا يعني أنه خال من كيانات لا يمكننا رصدها. أما «العدم المطلق» فهو مفهوم فلسفي يعني غياب كامل لكل أشكال المادة والطاقة والزمان والمكان.

(2) ﴿ وَٱلسَّمَآءَ بَنَيۡنَٰهَا بِأَيۡيْدٖ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ ﴾ [الذاريات: 47] صدق الله العظيم.

طاقـة جديدة!!! يا للهول، هـل قانون بقاء الطاقة المقدس - الذي أعاننا كثيرًا في فهم كيف تتفاعل مكونات الكون المختلفة - يتعطل عند هذا المستوى؟!

والسـؤال الآن؛ إذا كانـت كمية الطاقة المظلمـة تتزايد لتحافظ على توسـع الكون، فهل يمكـن أن تتزايد بمعـدل أكبر، فتزداد كثافتهـا (كمية الطاقة في حجم محـدد)، مما يعني المزيد والمزيد من توسـع الكون، حتى إن عناقيد المجرات سـوف تتمزق أوصالها، ثم سوف تتفسخ المجرات نفسـها، ثـم النظم النجميـة، فالنجوم، فالـذرات، وأخيرًا النويات، وهذا ما نسـميه «**التمزق الكبير**[1] The Big Rip»؟ وهذا يطرح سؤالًا لا شك أننا نعجز عن إجابته:

هل تظل «كثافة» المادة المظلمة ثابتة عبر الزمن؟

وإذا كان الكثـير مـن الظواهـر الكونية الحالية قد تم تفسـيره في إطار «طـور التضخم» المبكر للغاية والقصير للغاية عقب الانفجار الكوني العظيم، فهل يمكن أن تكون هناك علاقة بين الآليات المسـئولة عن تباعد عناقيد المجرات الذي نرصده اليوم (توليد المادة المظلمة) وبين التدافع الهائل الذي حدث في طور التضخم؟

لعله من الصعب تمامًا إثبات ذلك أو نفيه، لذلك سيبقى سؤال حائر:

هل هناك علاقة بين تدافع عناقيد المجرات وبين طور التضخم؟

إنها أربعة أسـئلة كأداء مرتبطة بالمادة المظلمة، ويعتبر سـتانارد أننا نعجز عن التوصل إلى أجوبتها...

الجسيمات ومضاداتها

لا يزال أمامنا الكثير من الغموض حول طبيعة الفضاء...

عندما كان **الفيزيائي الكبير پول ديراك** منشغلًا بالبحث عن صيغة تصف طاقة الإلكترون في إطار المفاهيم الجديدة التي طرحتها نسـبية آينشتين - كانت المرحلة الأخيرة من استنتاجاته

(1) هل هذا من معاني قول الحق عَزَّوَجَلَّ: ﴿إِذَا ٱلسَّمَآءُ ٱنفَطَرَتْ ۝١ وَإِذَا ٱلْكَوَاكِبُ ٱنتَثَرَتْ ۝٢﴾ [الانفطار] صدق الله العظيم؟

تشـتمل على جذر تربيعي ($\sqrt{\ }$)، وهذا - كما نعرف - يطرح حَلَّين؛ حلًّا بعلامة موجبة (+) وحلًّا بعلامة سـالبة (-). فمثلًا $\sqrt{4}$ هو (+2) أو (- 2)، وقد اعتدنا عند التعامل مع الحل الرياضي للجذر التربيعي أن **نهمل القيمة السـالبة باعتبار أنها «غير فيزيائية** Non Physical» وليس لها دلالة عملية[1].

هكذا وجد ديراك أن الحل الرياضي لمشـكلته يُخَيِّره بين **قيمتين لطاقة الإلكترون**؛ إحداهما (+) بمعنى أن تكون طاقته موجبة والأخرى (-) بمعنى أن تكون طاقته سالبة[2]! لقد كان الحل الأول - بداهـة - يصـف الحالة الحقيقية للإلكترون[3]، و يعني أن لـه طاقة، فما بال الحل الثاني السـالب؟ إذا قبلنا حل الطاقة السـالبة فذلك يعني أن كتلته ينبغي أن تكون سالبة[4]! وجسيم بهـذه الهيئـة؛ إذا دفعته فإنه يتحرك تجاهك، و إذا جذبته فإنه يتحرك بعيدًا، ونحن نعلم أن ذلك غير ممكن عمليًّا، وبالتالي فالمنطقي أن نُسقط الحل السالب (كما اعتدنا).

المتصلة التامة للطاقة السالبة!

هنا يأخذنا ستانارد في رحلة ممتعة مع إحدى لحظات تجلي العقلية العلمية المبدعة:

لقـد **نظر ديـراك للأمر نظرة من خـارج الصندوق**، وتبـنى أننا لا نرصد إلكترونات سـالبة الطاقة/ الكتلة ليس لأنها ليست موجودة، بل العكس! نحن لا نرصدها لأن هناك الكثير للغاية منهـا! إنهـا في كل مكان، **حقًّا في كل مـكان**. فهي تملأ كل الفضاء، حتـى الفضاء بين نواة الذرة و إلكتروناتها! لقد ذهب ديراك إلى أن **الإلكترونات سالبة** الطاقة **تشكل «متصلة تامة** Perfect Continuum» وهذا ما يجعلنا نعجز عن رصدها وملاحظتها. فمن أجل أن ترصد شـيئًا - وليكن **كرسي** مثلًا - ينبغي أن يكون في مكان «محدد» في الفضاء، أنت في حاجة إلى شيء يمكن أن تشير إليـه وتقول: أنا أتحدث عـن هذا ولا أتحدث عن أي شيء آخر في الغرفة. لذلك اعتبر الفلاسـفة

(1) مثال ذلك، أن تقوم بحسـابات لتعرف عدد العمال المطلوبين لرفع آلة ثقيلة فتجد أن العدد المطلوب هو $\sqrt{100}$. أي (+10) أو (-10) من العمال. من الطبيعي أنك ستهمل الاحتمال الثاني، فلا وجود لـ (- 10) من الأشخاص.

(2) نتحدث هنا عن الطاقة وليس عن الشحنة الكهربائية، فالإلكترون له طاقة (+) وشحنته الكهربائية (-).

(3) لا شـك أن للإلكترون طاقة موجبة. فله كتلة وهي شـكل من أشـكال الطاقة، كما أن له طاقة حركية، وهي شكل من أشكال الكتلة.

(4) الكتلة الموجبة تعني إمكانية تحولها إلى طاقة. والكتلة السالبة تعني أن طاقتها محبوسة فيها وغير قابلة للتحول.

أن «**عدم الامتداد**» هو من أهم سمات المادة. ولكن في حالة المتصلة التامة للإلكترونات سالبة الطاقة فإلى ماذا ستشير؟ هل ستشير إلى كل مكان؟! إن هذا يعني أن تشير إلى لا مكان.

لا شك أن الأمر صعب التصور بل وصعب الفهم. ولتسهيل الأمر يلجأ ستانارد إلى أسلوبه المفضل الفعال، وهو طرح مثال تشبيهي: تأمل **هواء الغرفة** التي تجلس فيها، إنه يشبه المتصلة التامة في عدة جوانب؛ إنه يحيط بك، وهو في نفس الوقت داخل رئتيك، لذلك إذا جلست في هدوء تام دون أن تتنفس (لفترة قصيرة بالطبع) فلن تشعر بالهواء. ومن أجل أن تشعر بالهواء عليك أن تملأ رئتيك به ثم تزفره للخارج، أو يمكن أن تُرَوِّح بفرخ من الكرتون أمام وجهك. لاحظ أنك في كلتا الحالتين قد قطعت/ أقلقت Disturbed متصلة الهواء التامة. إن عملية التنفس تغير من كثافة الهواء داخل رئتيك بالمقارنة بالخارج، وبنفس الطريقة غيرت حركة فرخ الكرتون من ضغط الهواء، فرفعته أمامها وخفضت منه وراءها، في الحالتين لم يعد هناك متصلة تامة.

إن متصلة الإلكترونات سالبة الطاقة/ الكتلة التي افترضها ديراك كانت تامة، لكن رئتيك لا تستطيعان ضغطها أو خلخلتها، كذلك فإن فرخ الكرتون يتحرك خلالها دون مقاومة، فعناصر المتصلة (الإلكترونات) تتخلل مادة الفرخ دون أن تقطعه/ تقلقه أو ترصده.

لم يسمح ديراك لهذه الصعوبة (العجز عن رصد المتصلة التامة من الجسيمات سالبة الطاقة سالبة الكتلة) أن تعوقه. لقد بحث ديراك عن طريقة يمكن أن تقطع/ تقلق المتصلة التامة للطاقة السالبة. لقد تصور ديراك **فوتونًا ضوئيًّا** يتحرك في المكان ويصدم أحد هذه الإلكترونات سالبة الطاقة غير المرصودة، مما يسمح بانتقال قدر من طاقة الفوتون إلى الإلكترون سالب الطاقة، فتتحول طاقته/ كتلته السالبة إلى الطاقة/ الكتلة الموجبة المعتادة للإلكترون. عندها لن يصبح هذا الإلكترون موجب الطاقة/ الكتلة جزءًا غير مرصود من متصلة الإلكترونات سالبة الطاقة/ الكتلة، لكنه سيصبح مرصودًا كأنه خرج إلى الوجود من لا مكان. ليس ذلك فحسب، إن هذا الإلكترون سيترك ثقبًا في المتصلة السالبة، كيف سيبدو ذلك الثقب؟ سيكون الثقب على هيئة فقدان كتلة سالبة، مما يعدل اكتساب كتلة موجبة. لذلك **فالثقب سيبدو كجسيم له نفس كتلة الإلكترون الموجبة**. وماذا أيضًا؟

إن الإلكترون سالب الكتلة الأصلي تكون شحنته الكهربائية سالبة مثل الإلكترونات الأخرى. لكننا الآن فقدنا شحنة كهربائية سالبة مما يعادل اكتساب شحنة كهربائية موجبة.

وبالتالي **سيبدو الثقب كجسيم ذي شحنة كهربائية موجبة له نفس كتلة الإلكترون الموجبة**، وهذا هو **الإلكترون المضاد أو البوزيترون Positron**.

محصلة هذا التصادم بفوتونات الضوء، أنه سيُنتج زوجًا من الجسيمات؛ إلكترون (هو الذي انطلق من متصلة الإلكترونات السالبة التامة) وبوزيترون (موضع الثقب). وهذا تمامًا ما أمكن رصده فيما بعد في مسرعات الجسيمات عالية الطاقة. وبذلك صار وجود مضادات الجسيمات وإنتاج الجسيم - مضاد الجسيم في المسرعات عالية الطاقة ظاهرة مستقرة ومقبولة علميًّا، لذلك استحق پول ديراك جائزة نوبل باعتباره مكتشف المادة المضادة وأولها البوزيترون.

هذا دليل «تجريبي» على أن الفضاء الفارغ ليس «لا شيء».

مادة أكثر من مضادات المادة

وفي إطار طرح ديراك لفكرة الجسيمات المضادة ثم إثبات مسرعاتنا لوجودها، يبزغ سؤال لا يزال يحتاج إلى إجابة:

لماذا نشأ الكون من «المادة» وليس من «المادة المضادة»؟

إنها فرضية معقولة أن نعتبر أن الطاقة العالية التي سادت عقب الانفجار العظيم قد شكلت من الجسيمات أكثر قليلًا جدًّا مما شكلت من مضادات الجسيمات، كذلك نقبل فرضية أن العديد من الجسيمات في هذه الفترة المبكرة من عمر الكون كانت تتقابل مع مضاداتها فيتلاشيا، فيصل بنا الأمر إلى تدمير كل المادة المضادة، تاركة الزيادة الطفيفة في المادة لتشكل كوننا الحالي. فهل كان يمكن أن يحدث العكس فنجد أنفسنا نحيا في كون من مضادات المادة؟!

إن هذا التساؤل يطرح فورًا السؤال الملغز:

لماذا كانت هناك مادة أكثر من مضادات المادة؟

تُرجع بعض التفسيرات هذا الأمر إلى الفوارق الضئيلة في تفاعلات كل من المادة ومضادات المادة، لكن يمكن أن يُطرح السؤال بالطريقة العكسية؛ هل يؤدي رجحان المادة على المادة المضادة إلى اختلاف تفاعلاتها؟ إن هذا الطرح المعاكس يعني أن السؤال قد يظل ملغزًا.

قياسات بلانك

لا يزال أمامنا الكثير من الغموض حول الفضاء، دعنا ننتقل من «طبيعته» إلى «قياساته».

طول بلانك

يمكننا أن ننظر إلى الفضاء/ المكان باعتباره ينقسم باستمرار إلى مسافات أصغر؛ كليومترات، أمتار، ملليمترات، نانوميترات، وهكذا. ولكن هل يمكن أن يستمر هذا إلى ما لا نهاية؟ هل خطر ببالك أن يوجد حد نهائي لعملية انقسام الفضاء، أي أن توجد بالفعل وحدة طولية أساسية صغرى لا يمكن أن ينقسم المكان بعدها؟

نمهد للإجابة عن هذا السؤال بأن نبين أن هدف الفيزياء الحديثة النهائي هو أن نطابق نظريتي الكوانتم والنسبية لنخرج بنظرية واحدة هي «**نظرية الجاذبية الكمومية** Theory of quantum Gravity». وتحتاج هذه النظرية وكذلك الكوانتم والنسبية بشكل أساسي إلى **ثلاثة ثوابت فيزيائية أساسية:**

1) ثابت الجاذبية (G)، وهو يحكم/ يحدد قوة الجاذبية في نظريتي الجاذبية لنيوتن والنظرية النسبية العامة لآينشتين.

2) ثابت بلانك (h)، وهو يحكم/ يحدد مقاس الترددات/ التذبذبات الكمومية.

3) سرعة الضوء (C) الممثَلَة بوضوح في فيزياء النسبية وفيزياء الكوانتم.

باستخدام هذه الثوابت الثلاثة، توصل الفيزيائي الألماني العظيم ماكس بلانك - الأب الروحي لنظرية الكوانتم - لتحديد **قياس طبيعي**[1] **أدنى للطول** length يمثل الوحدة الطبيعية الأدنى للمسافة، وأطلق عليه «**طول بلانك**[2] Plank length (Lp)» ويبلغ 10^{-20} من حجم البروتون.

(1) إن أبعادًا مثل الكيلومتر والمتر.. هي وحدات من وضع الإنسان وليس لها تمثيل حقيقي في الطبيعة.

(2) المعادلة التي استخدمها بلانك لتحديد هذا الطول هي:

$$Lp = (hG/2\pi C^3)^{1/2} \approx 1.6x10^{-35} \text{ meters}$$

وإذا كانت أية محاولة للربط بين نظريتي الكوانتم والنسبية ينبغي أن تشتمل على هذه الثوابت الثلاثة، فإن أي تعبير عن المسافة في هذه النظرية الموحدة ينبغي أن يشتمل على هذه الوحدة للطول. وتبعًا لبعض نظريات جاذبية الكوانتم، فإن الالتزام بهذه الثوابت مع وحدة الطول يصل بنا إلى ترددات/ تذبذبات كمومية عالية للغاية، تتكسر بعدها البنية الأساسية للفضاء حتى تصبح نوعًا من **الرغوة foam غير المترابطة**، مما يعني أن طول بلانك هو الحد الأدنى للطول الذي يظل متصفًا بسمات الفضاء/ المكان.

إن توقع طول أدنى - انطلاقًا من الثوابت الكمومية الثلاثة - يطرح السؤال الشائك الملغز:

هل الفضاء قابل للانقسام إلى ما لا نهاية؟

يجيب ستانارد في «نهاية الاكتشاف» عن هذا السؤال قائلًا: إن كان يبدو من طرحنا الأخير عن بعض نظريات جاذبية الكوانتم أن الفضاء ينقسم إلى وحدات هي «طول بلانك»، ولا شيء أدنى من ذلك، فإن هناك محاولات أخرى لصياغة نظرية تخالف هذا الاستنتاج، مما يعني أن القضية غامضة، وقد تبقى كذلك.

زمن بلانك

إن نفس المنطق الذي استخدمناه مع الطول ينطبق أيضًا على الزمن.

فنحن نقسم الوقت إلى فترات تتصاغر باستمرار: سنوات، أشهر، أسابيع، أيام، ساعات، دقائق، ثوانٍ، مللي ثانية، فيمتو ثانية وهكذا. ولكن هل يستمر ذلك إلى ما لا نهاية أم أن هناك وحدة مطلقة أصغر للوقت؟

نعود مرة أخرى إلى وحداتنا الثلاث الأساسية، عندها نجد أننا نستطيع أن نحدد **قياس طبيعي أدنى للزمن**[1] Time يُعرف بـ «**زمن بلانك** Plank time (tp)»، ويتم تعريفه بأنه الزمن الذي يقطع فيه الضوء مسافة بلانك.

وهذا يطرح سؤالًا ملغزًا يشابه ما طرحناه عن المسافة:

(1) تم هذا التحديد بناء على المعادلة: $tp = (hG/2\pi C^5)^{1/2} \approx 5.3x10^{-44}$ Seconds

هل الزمن قابل للانقسام إلى ما لا نهاية؟

يبدو من العرض السابق، أن إجابة السؤال هي أن للزمن حدًّا أدنى لا ينقسم إلى أقل منه. لكن ستانارد لا يتركنا في متابه نهنأ بالإجابة! فينبهنا إلى أنه يمكن لشخص أن يجادل: إذا كان تعريفنا لزمن بلانك يعتمد على طول بلانك الذي قد يكون بلا معنى، ألا يثير ذلك نفس الشكوك حول زمن بلانك؟

القياسات الطبيعية الأدنى في الميزان

إن المشكلة مع طول بلانك وزمن بلانك هي أن **كليهما صغير إلى حد لا يمكن تصوره** بالمقارنة بالمسافات وبالوقت الذي استطعنا (أو سنستطيع) قياسه طوال عمر الحضارة الإنسانية.

إن أقصر طول استطعنا قياسه تجريبيًّا كان 10^{-18} متر، أي أطول من طول بلانك بمقدار 10^{17} مرة، كذلك فإن أقصر زمن قسناه هو 10^{-16} ثانية، أي أطول من زمن بلانك بمقدار 10^{27} مرة.

إن هذه الفكرة تثير قلق الفيزيائيين فيتساءلون: أليس من الممكن أن تكون هناك **أسرار أخرى في الطبيعة تعجز قدراتنا العملية عن رصدها؟** وقد تشتمل هذه الأسرار على قياسات أخرى تتجاوز قدرة الإنسان على دراستها بشكل تجريبي.

فيزياء أم رياضيات؟

تعاملنا فيما سبق من الفصل مع **عدد من الأعاجيب**! تعاملنا مع العدم الفيزيائي الذي ليس بعدم، ومع الفراغ الذي يتقعر، ومع الجسيمات التي تنشأ في الفراغ وتهدد قانون بقاء المادة، ورجَّحنا وجود طاقة الفراغ التي ينبغي أن تتزايد مما يهدد قانون بقاء الطاقة، كذلك كانت المتصلة التامة للطاقة السالبة هي طريق ديراك إلى تفسير وجود الجسيمات المضادة وفهم كيفية تكونها واكتشاف البوزيترون، وهو ما حصل من أجله على جائزة نوبل في سن الحادية والثلاثين، وكذلك طرحنا استنتاجات رياضية لوجود قياسات طبيعية أدنى للمكان والزمان.

ولا شـك أن معظم ما سـبق لم يكن منطلقًا من رصد فيزيائي واقعي بقدر ما كان **استنتاجًا رياضياتيًّا**. إن هذا المفهوم يطرح سؤالًا مهمًّا للغاية:

هل هذا التصور المنطقي الرياضياتي هو وصف حقيقي للوجود؟

للإجابة عن هذا السـؤال، يستحضر ستانارد **مؤتمرًا مُهمًّا عُقد في القدس العام 1979** بمناسبة مرور قرن من الزمن على ميلاد آينشـتين، وكان **ديراك** من المتحدثين في المؤتمر. وخلال إحدى فترات الاسـتراحة، سـمع سـتانارد - مصادفة - أحد الحاصلين على جائزة نوبل يقول مندهشًا: تحدثت الآن إلى ديراك، تصوروا قال لي إنه مقتنع بأن هذه **الجسـيمات سـالبة الطاقة** موجودة حقًّا!، لقد قال هذا بالفعل! إنها موجودة حقًّا! كيف يمكن أن يصدق أحد ذلك؟!!!

انقسـمت الآراء حول طرح ديراك؛ بعض الفيزيائيين - مثـل الرجل المندهش - لا يقبلون فكرة المتصلة التامة، ويعتبرون أن ديراك إن كان قد توصل إلى اكتشاف مضادات الجسيمات عـن طريق التحايل المنطقي من خلال طرح مفهوم الطاقة/ الكتلة السـالبة، فليس معنى ذلك أنها من العناصر الطبيعية الحقيقية للوجود.

إن نفس السـؤال يفرض نفسـه مع الأطروحات التي ناقشـناها حول طبيعـة الفضاء. فإذا أخذنـا - مثـلًا - احتمالية أن يكون **الفضـاء منحنيًا**؛ فما نحن متأكدون منـه هو أن المعادلات الرياضيـة لنظرية النسـبية تقدم تصـورًا رياضيًّا دقيقًا للفضـاء باعتباره شـيئًا منحنيًا وتفسر الجاذبيـة من خلال ذلـك، كما تصف الحركة تحت تأثير الجاذبية بمعـادلات أكثر دقة مما يفعل قانون الجذب العام لنيوتن.

وهـل صحيح أن الفضاء هو **كتلة هائجة من جسـيمات افتراضيـة** تنتجها طاقة مظلمة، أم الأفضل - مرة أخرى - أن نقتصر على ما نرصده في الحقيقة؛ وهو أن عناقيد المجرات تتسـارع بعيدًا عنا، وكفى؟

أليس الأفضل أن **نقتصر على الوصف الرياضياتي** ولا نصدع أدمغتنا بالتفسيرات الفيزيائية لما يجري؟ إن هذه القضية تطرح سؤالًا علميًّا فلسفيًّا دينيًّا:

كيف نفهم حقيقة الفضاء؟

ينبغـي هنا أن نشـير إلى أن إحدى الغايـات التي من أجلها أَلَّفنا هـذا الكتاب، هي بيان أننا **ندرك من الوجود بقدر قدراتنا العقلية والبحثية**، وما نحصل عليه هو أقل كثيرًا من حقيقته.

إن قبـول فكـرة أن هذه المفاهيم الرياضيـة (طول بلانك - زمن بلانـك - مضادات المادة - انحناء الفضاء....) لها دلالة فيزيائية ينبغي أن يعتمد على ملاحظاتنا غير المباشرة[1].

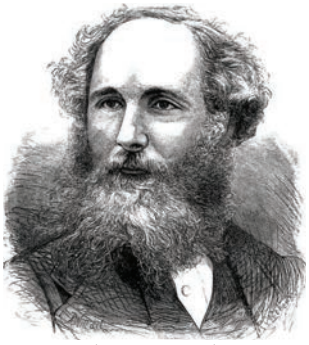
لذلك نتناول في الفصل التالي الشـواهد على طبيعـة هذه المفاهيم المتعلقة بالمكان وبالزمن، وذلك من خلال النظرية النسبية.

(1) فصَّلنا هذا المعنى في الفصل الخامس من الباب الأول - مبحث بعنوان: «الوجود بين الواقع والرياضيات».

الفصل الثامن

النظرية النسبية

- ثبات سرعة الضوء
- أين يكمن الخطأ؟
- النظرية النسبية الخاصة
- تمدد الوقت
- انكماش الطول
- إنها نسبية حقيقية
- النسبية الخاصة المضاعفة
- الزمكان
- محصلة الموضع
- يا الله.. لا أستطيع تصور الزمكان
- هل المستقبل حاضر الآن؟!
- هل يتعارض الزمكان مع حرية الإرادة؟!
- فقدان التآني/ التزامن



(شكل - 36)
جيمس كليرك ماكسويل

اكتشفنا في الفصل السابق أن «الفضاء الفارغ» الذي حسبناه لا شيء هو معقد للغاية، وهذا يجعل تعاملنا مع موضوع هذا الفصل **«علاقة هذا الفارغ المعقد بالزمن!»** محفوف بالمطبات ومليء بالإثارة[1]. وقد كان من أهم إبداعات آينشتين أن بَيَّنَ أن هناك علاقة بين المكان والزمن تقوم على ثبات **سرعة الضوء** التي نرمز إليها بالرمز (C) وتبلغ 300.000 كيلومتر في الثانية[2]، وقد تم تقديرها رياضيًّا اعتمادًا على قوانين الكهرومغناطيسية التي توصل إليها الفيزيائي الرياضياتي الإسكتلندي **جيمس كليرك ماكسويل**[3] (صورة - 36).

ثبات سرعة الضوء

لاحظ جاليليو أن شخصًا موجودًا في بطن مركب لا يستطيع معرفة إن كان المركب متحركًا أو متوقفًا؛ عندها أعلن أن قوانين الفيزياء تنطبق بشكل متماثل على جميع الراصدين الذين يتحركون بسرعات منتظمة[4]، وقد أُطلق على هذا المفهوم مصطلح **«مبدأ جاليليو في النسبية**

(1) يذكر ستانارد أكثر من مرة في فصول كتابه «نهاية الاكتشاف» أن أفكار آينشتين عن الزمن والفضاء هي التي أججت اهتمامه بالفيزياء، وذلك من باب إرجاع الفضل لأهله.

(2) إن أردنا الدقة نقول؛ إن هذه هي سرعة الضوء في الفضاء، وهي أيضًا نفسها - تقريبًا - في الهواء، لكنها تكون أبطأ حين يمر الضوء في الزجاج أو الماء.

(3) J.C. Maxwell: (1831 - 1878) الفيزيائي الرياضياتي الإسكتلندي، صاحب نظرية الإشعاع الكهرومغناطيسي التي وحدت لأول مرة بين الكهرباء والمغناطيسية والضوء.

(4) ينطبق نفس المبدأ على كوكب الأرض الذي يبدو لنا ثابتًا، لكنه في الحقيقة يتحرك بسرعات منتظمة حول نفسه وحول الشمس ومعها داخل المجرة.

Galileo Principle of Relativity»، وهو يعني أن دراسة حركة الأجسام لا تعتمد على مرجعية مطلقة، لكنها تتم بالنسبة لبعضها البعض.

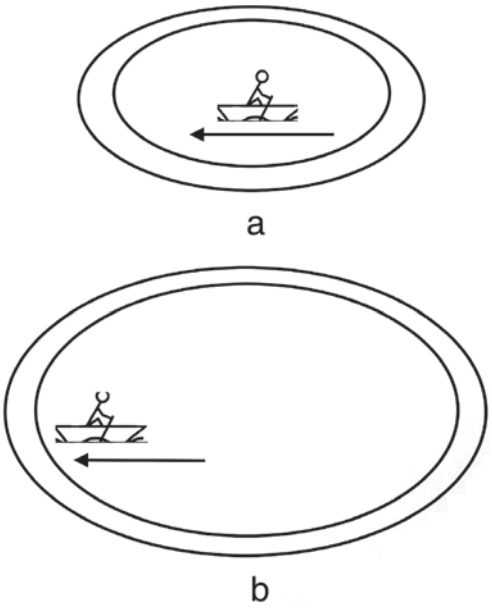
فمثـلًا، عندما نقيس مقدار القوى الكهرومغناطيسـية أثناء طيراننـا بسرعة ثابتة في طائرة نفاثة، فإننا نسـجل نفس القيم لهذه القياسات عندما نجريها على الأرض، بالرغم من أن الأرض ثابتة بالنسـبة للطائـرة. لذلك عندما نُدخل قيـمًا متماثلة لقوى كهرومغناطيسـية في معادلات ماكسـويل فإننا نحصل على نفس قيمة سرعة الضوء (300.000 كيلومتر في الثانية) سـواء كنا ثابتين في الأرض أو متحركين بسرعة ثابتة في الطائرة النفاثة. معنى ذلك أن **الملاحظين الثابتين في الأرض، وأيضًا ذوي الحركة النسبية المنتظمة سيحصلون على نفس القيم عندما يقيسون سرعة الضوء**. هكذا **تَأَكَّدَ «ثبات سرعة الضوء» من خلال قوانين ماكسويل والرياضيات**.

ولكن هل ينطبق هذا الاستنتاج على **الواقع**؟ للإجابة عن هذا السؤال يطرح ستانارد هذين المثالين ويربط بينهما:

إذا كنـتَ راكبًـا قاربًا يتحرك ويشـق الماء فيثير حوله موجات، فـإن اتجاه وسرعة القارب لا تؤثر في سرعة هذه الأمواج بالنسبة **لشخص يراقبك** من شاطئ النهر.

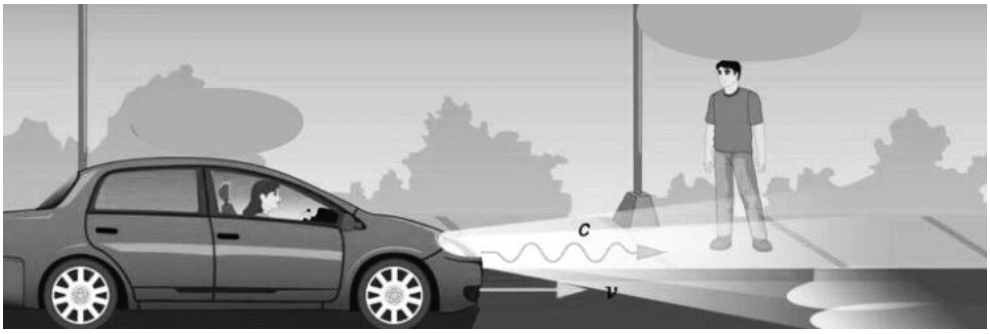
ولكن، كيف سـيبدو الأمر **بالنسبة لراكب القارب**؟ إن راكب القارب يلاحظ أن الأمواج تتحـرك للأمـام بسرعة أبطأ من سرعـة حركتها للخلـف، فالسرعة للأمام هـي سرعة الأمواج منقوصًـا منهـا سرعة القارب الـذي يلاحقها، بينما تكـون سرعة الأمـواج الخلفية هي حاصل إضافة سرعة القارب إلى سرعة الأمواج (شكل - 37).

والمثال الثاني؛ إذا كنتُ واقفًا بجانب الطريق وكنتَ تقود سيارتك في اتجاهي (شكل - 38) وأنوارها مضاءة، فإن سرعة الضوء القادم إليَّ سـتظل ثابتة (C) ولن تتأثر بسرعة سـيارتك التي تبعث الضوء والمتجهة نحوي. ولكن، ماذا عن سرعة الضوء بالنسبة لك كراكب للسيارة؟ هل يحـدث معهـا ما حدث مع راكب القارب؟ أي هل يلاحق السـائقُ الضوءَ المنبعث من مصابيح السـيارة الأمامية، بينما يبتعد عن الضوء المنبعث من مصابيحها الخلفية، وبالتالي تكون سرعة الضوء الأمامي بالنسبة لراكب السيارة أبطأ من ضوئها الخلفي؟ لا، إن ذلك لا يحدث!! **يبدو أن موجات الضوء الكهرومغناطيسية ليست كموجات الماء**.



(شكل - 37)

القارب الأعلى: بالنسبة للمراقب الخارجي؛ سرعة الأمواج أمام وخلف القارب المتحرك متساوية
القارب الأسفل: بالنسبة لراكب القارب؛ تكون سرعة الموجات أبطأ في اتجاه حركة القارب من سرعتها خلفه



(شكل - 38)

سيارتك مقبلة تجاهي وأنا واقف على الرصيف

$\vec{c}$) **سرعة حركة ضوء السيارة الأمامي**

v) **سرعة حركة السيارة**

أين يكمن الخطأ؟

إذا تأملنا **مثال السيارة** والتزمنا بـ **«مبدأ النسبية»** - باعتبار أنني ثابت على الأرض وأن سرعة سيارتك منتظمة - فإن قوانين ماكسويل للكهرومغناطيسية تنطبق بشكلٍ متساوٍ على كل منا، مما يعني أن سرعة الضوء المنبعث من مصابيح السيارة بالنسبة لكلٍّ منا تكون واحدة (C). إن تحليلنا النظري هذا يعني أن هناك اختلافًا بين موجات الضوء وموجات الماء، فهل يوجد هذا الاختلاف النظري في الواقع؟ وإن كان كذلك، فما تفسيره؟

إن تحليلنا لمثال السيارة ينطبق تمامًا مع ما يحدث في الواقع. فقياساتنا التجريبية لسرعة الضوء تعطي دائمًا نفس القياسات مهما كان موقع الراصد واتجاه حركة مصدر الضوء، ففي كل الأحوال تكون **سرعة الضوء ثابتة** (C). وبالرغم من أن ذلك لا يتماشى مع تحليلنا النظري ولا يبدو منطقيًّا، فإن هذه حقيقة أثبتها ما لا حصر له من التجارب، ومن ثم ينبغي قبولها.

ويفسر ستانارد هذا **الاختلاف بين ما هو واقعي وما هو منطقي** بأن هناك **شيئًا ما خطأ في الطريقة التي اعتدنا أن نتعامل بها مع السرعات**؛ فيقول:

بالنسبة لي **(الواقف بجانب الطريق)**؛ إذا كان الضوء القادم إليَّ من مصابيح سيارتك سرعته (C)، وكانت السيارة مقبلة عليَّ بالسرعة (V)، فالمنطقي أن تكون سرعة الضوء المقبل عليَّ هي (V + C)، ومن المنطقي أيضًا أن أعتبر هذه السرعة بالنسبة لك هي (C - V). وبالمثل، من جانبك **كقائد للسيارة**؛ فإن الضوء يبتعد عن السيارة بسرعة (C) وتراني مقبلًا عليك بسرعة (V)، فتستنتج أنني أرى الضوء يقترب مني بسرعة (C - V). لكن سرعة الضوء بالنسبة لكل منا تبعًا لـ «مبدأ النسبية» وتبعًا لقياساتنا التجريبية هي (C)، لذلك قلنا إن فهمنا للسرعة يشوبه الخطأ.

لكن، **أين يكمن الخطأ؟**

إن السرعة هي المسافة المقطوعة مقسومة على الزمن. وبالتالي فإن خطأ فكرة **«السرعة** Velocity» يكون كامنًا في فهمنا الأساسي للمسافة أو للزمن أو لكليهما، لذلك ينبغي أن نراجع هذه الإفهام. لقد كان آينشتين بمفرده هو الذي نجح في فك طلاسم هذه المعضلة بنظريته العبقرية؛ **«النسبية»**.

النظرية النسبية الخاصة

ذكرنا في الفصل الرابع من الباب الأول أن آينشتين نظر إلى النتيجة السلبية لتجربة ميكلسون - مورلي باعتبارها دليلًا على عدم وجود **الأثير**، واستبدل به «**الفضاء الخالي المطلق** Absolute Free Space» كوسط تنتقل عبره الموجات الكهرومغناطيسية التي منها الضوء. كما قام آينشتين بتعميم مبدأ النسبية لجاليليو والذي يتناول الظواهر الميكانيكية ليشمل الظواهر الكهرومغناطيسية، وأطلق عليه اختصارًا اسم «**مبدأ النسبية** Relativity Pinciple»، واتخذه مع مبدأ **ثبات سرعة الضوء في كل الاتجاهات** - بغض النظر عن سرعة المصدر أو الراصد - أساسًا لنظريته النسبية الخاصة.

هكذا كانت المفاهيم السابقة والأخطاء المحتملة هي نقطة البداية في نظرية **النسبية الخاصة** Special Theory of Relativity التي نشرها آينشتين العام 1905. وقد أطلق عليها «الخاصة» لأنها تتعامل فقط مع «**تأثير الحركة المنتظمة على الزمن والمكان**». ثم جاءت نظريته الثانية: **النسبية العامة** General Theory of Relativity العام 1915، فأضافت إلى النسبية الخاصة بُعدًا إضافيًّا، وهو «تأثير الجاذبية» مما مكنها من دراسة «**تأثير الحركة المتغيرة (ذات العَجَلة) على الزمن والمكان**».

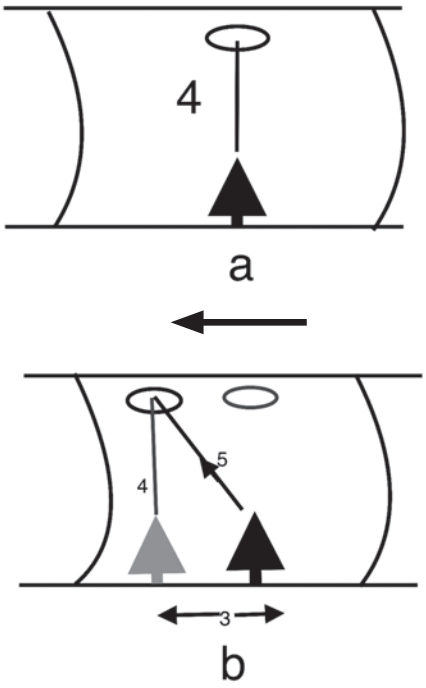
ويبين ستانارد أن النظرية النسبية هي التي أثبتت أن أفكارنا التقليدية عن الزمن والمكان تحتاج إلى تصحيح وترميم، بل وقامت بذلك بعبقرية، وهذا ما يعرضه علينا بسلاسة من خلال ما يحدث لهما من تغيرات فيزيائية عجيبة:

1) **تمدد الوقت** Time dilation

تصور سفينة فضاء تطير بسرعة عالية في رحلة من الأرض إلى كوكب بعيد، وأن **رائد الفضاء** يضع مصباحًا ضوئيًّا على أرضية المركَبة، ويراقب نبضات الضوء التي يرسلها المصباح رأسيًّا إلى أعلى لتصطدم بسقف السفينة (شكل - 39 a)، ويستخدم الرائد ساعة إيقاف ليحسب الوقت الذي يستغرقه الضوء في قطع المسافة الرأسية من الأرض إلى السقف.

وفي محطة المراقبة على الأرض، يقوم **مراقب الرحلة** بمتابعة ما يفعله الرائد في سفينته،

ويقوم أيضًا بحساب الوقت الذي تستغرقه نبضات الضوء في الانتقال من أرضية السفينة إلى سقفها. **بالنسبة للمراقب**، ستقطع نبضة الضوء مسافة أطول من مسافة رائد الفضاء، إذ أن السفينة تكون قد تحركت في رحلتها للأمام خلال فترة انتقال الضوء، ومن ثم فإن الضوء سيتحرك في مسار مائل أطول (شكل - 39 b) وليس في المسار الرأسي الأقصر.



(شكل - 39)

مسار نبضة الضوء من الأرض إلى السقف في سفينة الفضاء المتحركة:

(a) المسار كما يلاحظه رائد الفضاء

(b) المسار كما يلاحظه المراقب الأرضي

3) المسافة التي تحركتها سفينة الفضاء

4) المسافة الرأسية التي يقطعها الضوء بالنسبة لرائد الفضاء

5) المسافة المائلة التي يقطعها الضوء بالنسبة للمراقب الأرضي

وهذه القياسات الثلاثة (3 - 4 - 5) تمثل العلاقة بين أضلاع المثلث قائم الزاوية (نظرية فيثاغورس).

ولما كانت سرعة الضوء في حركته من أرضية سفينة الفضاء إلى سقفها ثابتة لا تتغير، فإن نبضة الضوء ستستغرق بالنسبة للمراقب وقتًا أطول منه بالنسبة لرائد الفضاء في الوصول إلى السقف. لذلك **سيعتبر المراقب أن ساعة رائد الفضاء قد سجلت زمنًا أقل**، أي أنها أبطأ من ساعته. إن الاختلاف ليس راجعًا إلى الساعة، ولكن إلى **طبيعة الزمن** الذي نتحدث عنه.

ليت ساعة الرائد فحسب، بل إن كل شيء يحدث على سفينة الفضاء يكون قد تباطأ بالنسبة للمراقب: عمل أجهزة السفينة الإلكترونية، معدل تنفس ونبض الرائد، تقدم السن، عمليات الرائد العقلية وتفكيره. ولأن تفكير الرائد قد تباطأ بنفس معدل تباطؤ بقية العمليات على السفينة، فإن كل شيء سيبدو طبيعيًّا تمامًا بالنسبة له، وستستمر الحياة على طبيعتها، أي أن **مراقب الرحلة فقط هو الذي يرصد تغير الوقت بسبب حركة السفينة**، وتُعرف هذه الظاهرة بـ «**تمدد الوقت** Time dilation». وقد أظهرت الحسابات أنه عند الوصول إلى تسعة أعشار سرعة الضوء (C 0.9) فإن كل شيء يتباطأ زمنه بمقدار النصف.

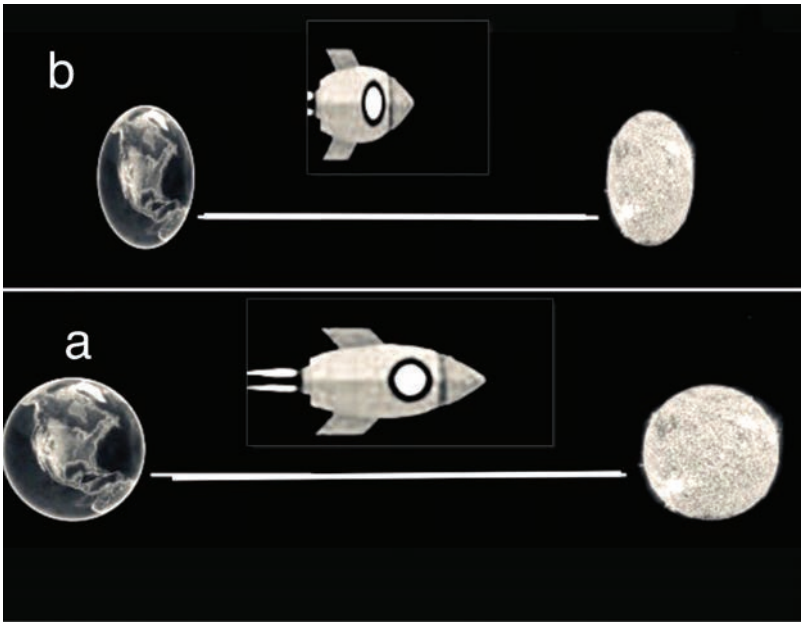
من هنا نشأت الحكاية التي تذكرها كتب النظرية النسبية لشرح الأمر؛ فتخبرنا بأنه لو أنفق أحد توأمين سنوات طويلة من عمره في سفينة فضائية فإنه عندما يعود إلى الأرض سيكون أصغر عمرًا من توأمه الأرضي بمقدار النصف.

2) **انكماش الطول** Length Contraction

قد تظن - قارئي الكريم - أن ساعة رائد السفينة عندما تباطأت فإنه سيظن أن خطأً ما قد حدث، إذ سيجد نفسه قد وصل إلى نهاية الرحلة في نصف الوقت المحدد والمحسوب مسبقًا والذي يسجله المراقب الأرضي.

يجيبك ستانارد بأن الأمر ليس كما تظن! وهنا مكمن أحد الأخطاء! إنه التغير الثاني الذي تلفتنا إليه نظرية النسبية الخاصة، وهو **انكماش الطول** Length Contration:

إن المسافات بين الأجسام المتحركة (وهي في حالتنا المسافة بين الأرض وبين الكوكب المقصود) بالنسبة للرائد (الذي يتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء) تنكمش في اتجاه الحركة، بحيث عند وصول السفينة إلى تسعة أعشار سرعة الضوء (C 0.9) فإن المسافة بالنسبة لرائد الفضاء تنكمش بمقدار النصف مقارنة بالمسافة من وجهة نظر المراقب الأرضي (شكل - 40).



(شكل - 40)

المسافة بين الأرض والكوكب المقصود:

(a) تبعًا لمراقب الرحلة (b) تبعًا لرائد الفضاء

إن كل المسافات التي يقطعها رائد الفضاء تنكمش في اتجاه حركته، كذلك فإن كلًّا من الأرض والكوكب ينضغطان فقط في اتجاه حركة الرائد.

لذلك فإن كلًا من الراصدَين (المراقب والرائد) ستكون له قراءاته الخاصة المتناسقة (والمختلفة عن الآخر) لأجهزة قياس مسافة ووقت الرحلة، وتنشأ المشكلة فقط عندما يقارن الراصدان قياساتهما، ولن يكون هناك سبيل للقول بأن أحدهما على صواب وأن الآخر على خطأ.

إنها نسبية حقيقية

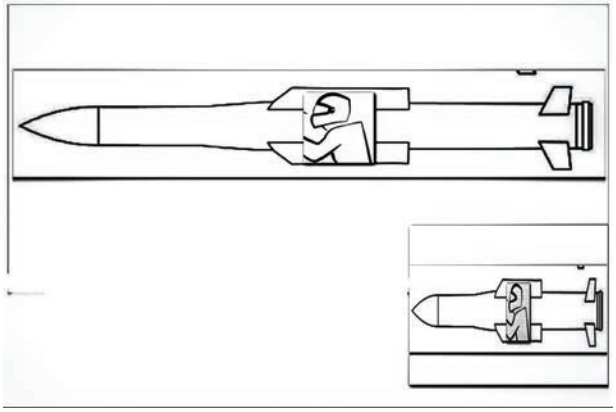
قد يعترض معترض على قول ستانارد بأنه ليس من سبيل للقول بأن قياسات أحد الطرفين (الرائد والمراقب) هي الصواب، ويجادله بأنه ينبغي أن نعطي وزنًا أكبر لقياسات المراقب الأرضي، فهو ثابت في مكانه، وأن نعتبر أن التغير في الزمن والمسافة قد شاب قياسات رائد الفضاء باعتبار أنه هو الذي يتحرك.

يجيب ستانارد هذا المجادل بأن الأمر ليس كذلك، **فكل الحركات نسبية**، لذلك لم تستمد نظرية آينشتين اسمها من فراغ. فإذا كانت سفينة الفضاء تتحرك بالنسبة للأرض، فإن الأرض تتحرك بالنسبة للسفينة أيضًا؛ في الحقيقة **لا شيء ثابت**، الأرض تدور حول الشمس، والشمس تدور حول مركز مجرة درب التبانة، والمجرة تتحرك داخل عنقود المجرات الذي تنتمي إليه (المجموعة الموضعية) وعنقودنا المَجَرِّي يتحرك متسارعًا بعيدًا عن العناقيد الأخرى.

ولا تتوقف غرابة النسبية عند هذا الحد، بل تمتد أعمق كثيرًا. يظهر ذلك عندما نتأمل **كيف تجري الأمور على كوكب الأرض من منظور رائد الفضاء**. إن رائد الفضاء يعتبر أنه هو الثابت وأن الأرض هي التي تتباعد عنه بمقدار تسعة أعشار سرعة الضوء (C0.9). وبالتالي سيعتبر أن الزمن متباطئ على الأرض بمقدار النصف باعتبار أنها هي التي تتحرك بالنسبة له. وبالتالي علينا أن نقبل أن كلًّا من الرائد والمراقب يعتبر أن وقته يعادل ضعف وقت الآخر. أما إذا تمسك أي منهما بأن وقته هو الثابت وليس الآخر، فسيلغي ذلك «**مبدأ نسبية الحركة» في النظرية النسبية**؛ والذي يعني أن الاستنتاجات التي يخرج بها المراقب بخصوص حركة وقياسات الرائد، هي نفس الاستنتاجات التي يخرج بها الرائد بخصوص المراقب.

إن هذه الرؤية النسبية عن نظرة كل من الرائد و المراقب الأرضي لـ «**زمن**» الشخص الآخر تنطبق أيضًا على «**المسافة**». فإذا افترض **الرائد** (الذي يعتبر نفسه ثابتًا) أن المسافة التي قطعتها الأرض في التباعد عنه وكذلك قطر الأرض (باعتبار أنها المتحركة) قد انكمشت إلى النصف، فإن **المراقب** سيستنتج أيضًا أن بُعد السفينة وكذلك طولها قد انكمش إلى نصف طولها الطبيعي، ليس فقط سفينة الفضاء، ولكن أيضًا جسم رائد الفضاء سينكمش في اتجاه حركته (شكل - 41).

ويطمئننا ستانارد أن انكماش جسم رائد الفضاء لن يسبب له اضطرابًا، فهو لن يشعر به، فذرات جسمه أيضًا تنكمش إلى نصف حجمها الطبيعي وبالتالي لن تحتاج لمكان أكبر ليستوعبها. كذلك فإن شبكية عين الرائد التي تنظر إلى سفينته أيضًا تنكمش إلى النصف، وبالتالي فإن صورة السفينة التي تتكون على الشبكية المنكمشة ستشغل نفس النسبة منها، وبالتالي تظل الإشارات التي تصل إلى المخ على هيئتها دون تغيير.



(شكل - 41)

طول سفينة الفضاء

أعلى: تبعًا لرصد رائد الفضاء أسفل: تبعًا لرصد مراقب الرحلة الأرضي

ملخص الأمر، **إن كلًّا من الراصدين (رائد الفضاء ومراقب الرحلة الأرضي) سيعتبر أن كل ما حوله طبيعي تمامًا، وسيعتبر كلٌّ منهما أن التغيرات الفيزيائية غير الطبيعية (تمدد الزمن وانكماش الطول) قد أصاب الآخر الذي يتحرك بالنسبة له.**

قد تتساءل: في النهاية، **من الذي على صواب؟ ما هو طول سفينة الفضاء الحقيقي؟ وما مدة الرحلة الحقيقية؟**

إنها أسئلة لا إجابة لها، بل لا معنى لها! فتحديد قيمة لمسافة أو زمن رحلة ما لا يتم إلا في إطار راصد محدد، أي شخص مرجعي بالنسبة للظاهرة المدروسة. وفي الحالة التي نتدارسها الآن، هناك وقت ومسافة تم قياسهما بالنسبة لرائد الفضاء، ووقت ومسافة تم قياسهما بالنسبة للمراقب الأرضي. هذا كل ما يمكننا قوله بعد أن أصبحت نظرية النسبية الخاصة هي حجر الزاوية في الفيزياء الحديثة لأكثر من قرن من الزمن.

النسبية الخاصة المضاعفة

في العام 2002، قدم **جيوڤاني آميلينو - كاميليا**[1] طرحًا للنسبية أسماه «النسبية الخاصة

(1) Giovanni Amelino - Camelia: عالم فيزياء الكمومية الإيطالي، ولد عام 1965.

المضاعفة Doubly Special Relativity». فهو يتبنى أنه إذا كان طول بلانك وزمن بلانك لهما **واقع فيزيائي** - كما يُرَجِّح الكثير من الفيزيائيين - باعتبارهما أصغر قياسات للطول والزمن، فعند ذلك ينبغي أن يكونا ثابتين بالنسبة لكل الملاحظين باعتبار أنهما مشتقان من الثوابت الفيزيائية c. h. G.

والآن افترض أن راصدًا يتحرك بالنسبة لجسم ما طوله طول بلانك واحد، فهل سيجد الراصد أن هذا الطول ينكمش؟! كيف ينكمش جسم طوله هو أقصر الأطوال الممكنة؟! وللتغلب على هذه المشكلة، اقترحت النظرية المضاعفة أن **الأطوال التي تقارب طول بلانك ربما لا تنكمش**، وبالمثل فإن **أزمنة صغيرة تقارب زمن بلانك قد لا تتمدد**. ومن ثم، يصبح على الراصدين **لا أن يتفقوا على ثبات سرعة الضوء فحسب، بل وأيضًا على قياسات بلانك**. ولكن هذا الطرح، على الأقل في وقتنا الحالي، لا يزال في طور الافتراضات.

لكن - قارئي الكريم - **لي هنا وقفة**؛ فإذا كان انكماش الطول - في السرعات القريبة من سرعة الضوء - ليصبح أقصر من طول بلانك أمر مستحيل، فلا أرى مانعًا في تمدد الزمن ليصبح أطول من زمن بلانك، فهذا أمر ليس عليه قيد فيزيائي. هل يكون ذلك بمثابة **تعديل أدخله أنا على النظرية النسبية الخاصة المضاعفة**!!! كيف سيكون الأمر في إطار نسبية تطرح تمدد الزمن دون انكماش المكان؟! ليتني تخصصت في الفيزياء النظرية لأتماشى مع هذا التصور إلى أقصاه!

الزمكان[1]

إن الحديث عن اختلاف القياسات الطولية والزمنية للراصدين - في إطار النظرية النسبية الخاصة - يجعل الأمر مربكًا للغاية، فهل هذه الاختلافات (في المكان والزمان) **فوضوية** - لا يربطها رابط - أم إنها تحدث **في إطار محكوم**؟

للتغلب على هذه الصعوبات التي واجهت النظرية النسبية الخاصة، تبنى آينشتين أن المكان والزمان ليسا محاور منفصلة (ثلاثة أبعاد مكانية وبُعد زماني واحد) مثلما تتبنى فيزياء نيوتن،

(1) تبنى آينشتين مفهوم «متصلة الزمكان رباعي الأبعاد Four Dimensional Spacetime Continuum» بعد أعوام قليلة من طرحه للنظرية النسبية الخاصة.

لكنها تشـكل معًا ما يُعرف بـ «**متصلة المكان - الزمان = الزمكان** Spacetime Continuum» رباعي الأبعاد، بحيث يصبح محور الزمن هو البعد الرابع الذي يلتحم بطريقة لا ينفصم عُراها بالمحـاور الثلاثـة المكانية، وذلك مثلما تلتحم الأبعاد المكانيـة الثلاثة ببعضها، وهذا ما جعلنا نسـتنتج - من قبل - أنه إذا كان الانفجار العظيم هو لحظة ميلاد المكان الذي أخذ في التوسـع فإنه يعتبر أيضًا لحظة ميلاد الزمن.

لقد بدت فكـرة التحام الزمان والمكان في البداية **غير مقبولة**، وقد كانت حجج المعارضين وجيهة؛ فنحن نرصد ونقيس المسافات المكانية بطريقة مختلفة تمامًا عن رصدنا وقياسنا للفترات الزمنية. هنا يتصدر سـتانارد ليبين لنا كيف أدى تأمل هذا الاختلاف بشـكل أعمق إلى سقوط المعارضة:

ماذا نتوقع أن نجد في «متصلة الزمكان»؟

من الواضح أن الزمكان كيان يشتمل على جانب مكاني وجانب زماني، لذلك عندما نتحدث عن أحداث متموضعة في الزمكان فإنها، ستتميز بموضع في المكان وموضع في الزمن.

إن **بداية رحلة سـفينة الفضـاء** كانت إحدى هذه الأحـداث المتموضعة في الزمكان، إذ كان لهـا موضع مكاني في الكـون (موضع على الأرض) وحدثت في موضع/ توقيت من الزمـن (موعد الإقلاع). وبالمثل كانت **نهاية الرحلـة** حدثًا متموضعًا في الزمكان؛ انتهت في موضع مكاني كوني آخر (الكوكب البعيد)، وحدثت في موضع معين من الزمن (موعد الوصول).

محصلة الموضع

قـد سـبق أن رأينـا أن كلًّا من رائد الفضـاء والمراقب الأرضي مختلفان في قياسـات كل من البعـد المكاني والبعـد الزماني للرحلة. ولكنهـما - هذا هو مربط الفـرس - يتفقان في «**محصلة الموضع**» (المسـافة + الزمن) بين الحدثين بمنظور الزمـكان رباعي الأبعاد. فضلًا عن ذلك، فإن «كل» الراصدين لحدث معين - بغض النظر عن حركتهم النسبية - يتفقون في «محصلة موضع» الأحداث على المستوى الزمكاني.

لذلك يتبنى فيزيائيو النسبية أن «حقيقة ما نقيسه ليست كيانين منفصلين (المسافات المكانية والفترات الزمانية) لكننا **نقيس «محصلة الموضع»** (سمها المسافة أو الفترة كما تشاء)[1] في كيان واحد هو الزمكان. **فالمسافات المكانية** هي قياسات لأبعاد ثلاثة لحقيقة «الزمكان» رباعية الأبعاد، **والفترات الزمنية** هي قياس البعد الرابع لهذه الحقيقة. وبهذه النظرة يصبح المكان والزمن ليسا إلا مظهرين لكيان واحد له مقياس واحد مركب هو - في رحلتنا الفضائية - سرعة الراصد بالنسبة للمرصود، وهل السرعة إلا المسافة/ المكان مقسومة على الزمن؟!

وقد قدم هيرمان مينكوفسكي[2] الذي كان مدرِّسًا لآينشتين - اقتراح مفهوم الزمكان رباعي الأبعاد (لحل مشكلات النظرية النسبية المتعلقة بحدود انكماش المكان وتمدد الزمان عند السرعات الفائقة)، وكان ذلك بعد أن نشر آينشتين النسبية الخاصة بعامين. وفيما بعد، تبنى آينشتين هذا التفسير في رؤيته للمكان أو الزمن، وقال: «من الآن فصاعدًا، نحن نتعامل مع واقع رباعي الأبعاد، وليس مع واقع مكاني ثلاثي الأبعاد يتطور مع الزمن».

يا الله.. لا أستطيع تصور الزمكان!

وحتى لا يصيبنا الإحباط، يصارحنا ستانارد بأن مفهوم الزمكان - الذي يحل الكثير من مشكلات رصد المسافة والزمن - **لا يُرضي الكثيرين**. ولا شك أنه إذا كان مفهومك للتفسير المرضي هو أن تكون قادرًا على عمل **صورة ذهنية** له، فستكون من ضمن هؤلاء المحبَطين[3].

---

(1) لوصف «الموضع الزمكاني» يستخدم الفيزيائيون مصطلحي «المسافة» و«الفترة» كبديلين متساويين.

(2) Hermann Minkowski: (1864 - 1909) أستاذ الرياضيات الألماني، الذي وضع علم «هندسة الأعداد»، المعنية بدراسة الطرق الهندسية لحل مشكلات نظرية الأعداد والفيزياء الرياضية والنظرية النسبية. وقد قدم مفهوم الزمكان لحل مشكلات النسبية الخاصة، حتى صار يعرف باسم «زمكان مينكوفسكي».

(3) بالرغم من صعوبة تصور الزمكان رباعي الأبعاد وكيف تكون أحداثه كلها آنية أطرح عليك هذا المثال الذي يقارن بين رصد أحداث الزمكان من داخله وبين رصدها من خارجه:

تصور أنك جالس في مواجهة «بوستر» كبير لمنظر طبيعي يشتمل (من اليسار إلى اليمين مثلًا) على مطرٍ يتساقط ثم شلال ثم مجرى مائي داخل غابة كثيفة ثم غزالة ثم بيت خشبي، وتصور أن هناك «نملة» تمشي ببطء شديد على هذا البوستر.

لقد كانت «النملة» بالأمس الأول عند المطر المتساقط، وكانت بالأمس عند الشلال، وهي الآن عند المجرى المائي وفي الغد ستكون عند الغزالة، وبعد الغد ستصل إلى البيت الخشبي. =

ويشرح ستانارد ما يقصد قائلًا: إن قدرات أمخاخنا محدودة، ومن الأشياء التي نعجز عنها هو عمل **تصور عقلي لأربعة محاور متعامدة على بعضها البعض**. يمكنك أن تمد ثلاثة أصابع وإبهام يدك وتقول: إن الأصابع الثلاثة تمثل الأبعاد المكانية الثلاثة بينما يمثل الإبهام محور الزمن (شكل - 42). لكن هذه خدعة، فالزوايا بين الأصابع الأربعة ليست قائمة. إن علينا أن نقر بعجزنا عن تحقيق التمثيل البصري الدقيق لهذه الحالة.



(**شكل** - 42)

محاولة لتصور الزمكان رباعي الأبعاد

الأصابع الثلاثة تمثل الأبعاد المكانية، والإبهام يمثل البعد الزماني.

محاولة فاشلة: فالزوايا بين الأصابع الأربعة ليست قائمة

= إن البوستر هو بحق «زمكان النملة»، وحركة النملة عليه تمثل حركتها في الزمكان. أما بالنسبة لك كراصد للبوستر فأنت ترصده من خارج، وتدرك آنيًّا بالرصد الفعلي أين كانت النملة وفي أي وقت (سواء ماض أو حاضر أو مستقبل)... ولله المثل الأعلى... سبحانك ربي.

أما **الفيزيائيون**، فلا يبالون بمشكلة الصور الذهنية، إنهم يرتكنون إلى الرياضيات، وهذا في مشكلتنا الحالية سهل للغاية. فالتعبير الرياضياتي للأبعاد المكانية يشتمل على ثلاثة مكونات (فوق - تحت، يمين - يسار، للأمام - للخلف). ومن أجل أن نضيف بُعدًا رابعًا، ليس علينا إلا أن نضيف مصطلحًا رابعًا يعبر عن المكون الزماني، هذا أسلوب رياضي مُرْضٍ تمامًا للفيزيائيين.

أما إذا لم تكن فيزيائيًّا رياضياتيًّا، فإن ستانارد يدرك مقدار الصعوبة التي تلقاها في قبول فكرة الزمكان رباعي الأبعاد، وينصحنا نصيحة ساخرة: **«أعط الأمر بعض الوقت، وستعتاده»**.

أما وقد وصلنا إلى هذه المصارحة في الطرح، فإن ستانارد يصارحنا بأن هناك شيئًا إضافيًّا في الزمكان رباعي الأبعاد يجعل فهمه صعبًا للجميع، حتى للفيزيائيين، لذلك انقسموا حوله! لندرك هذا الشيء المحير، تعال نتأمل معه هذا المفهوم:

هل المستقبل حاضرٌ الآن؟!

نطلق أحيانًا على «**متصلة الزمكان رباعي الأبعاد**» مصطلح «**الكون المتوحد**»[1] Block Universe» باعتباره كيانًا واحدًا يشتمل على المكان كله والزمان كله. ولما كان الزمن من مكونات هذا الكيان المتوحد فهو لا يشتمل على الحاضر فحسب بل وأيضًا الماضي والمستقبل.

إذا قبلنا **تشبيه أصابع اليد الأربعة** واعتبرناه يمثل الزمكان، دعنا نركز على محور الزمن وهو **الإبهام**، واعتبرنا أن المفصل الذي يصله بالكف يمثل اللحظة الحالية، عندها تكون النقطة المجاورة لهذا المفصل ناحية الرسغ تمثل لحظة أن بَدَأتَ قراءة هذا الكتاب، وتكون نقطة أخرى على الإبهام في اتجاه الظفر ممثلة للحظة الانتهاء من القراءة، هكذا يكون الماضي والمستقبل متواجدين مع الحاضر في نفس اللحظة!!! أي أن كل مراحل الزمن متواجدة آنيًا.

إن هذا المنظور **يتعارض تمامًا مع نظرتنا للوقت**؛ فنحن نحيا الآن الحاضر، أما الماضي فلم

(1) الترجمة الشائعة لـ «Block universe» هي الكون الكتلة والكون اللبنة. والترجمتان حرفيتان لكنهما غير دقيقتان ولا تعبران عن المعنى الإنجليزي، فالكتلة هي مصطلح فيزيائي مرتبط بكمية المادة، واللبنة تشير إلى وحدة البناء المتكررة، وإن كانت ترجمة اللبنة أفضل من الكتلة باعتبارها تعبر عن الأصل الذي نشأ منه الكون وهو الزمكان. وقد ناقشت الأمر مع د. أحمد فؤاد باشا أستاذ الفيزياء المصري الكبير وعضو المجمع اللغوي المهتم بتعريب المصطلحات، واقترحت عليه مصطلح «الكون المتوحد» فراقه كثيرًا واعتبره يعبر بدقة عن المعنى المقصود.

يعد له وجود، وأما المستقبل فلم يأت بعد، كما أنه مفتوح للأحداث وليس محدودًا. **إن المستقبل كما نعهده يظل احتماليًّا حتى نُعمل عقولنا ونختار ما سنقوم به من أفعال مستقبلية**. أما تبعًا لمنظور الزمكان والكون المتوحد؛ فإن المستقبل يكون محددًا بل وموجودًا، وينتظرنا لنمر به، **ويعني ستانارد بكلمتي «نمر به» أن ندركه بوعينا**.

ويضيف ستانارد؛ دعني أبادر من الآن وأقول؛ بالرغم من أني أقبل منظور «الكون المتوحد» وأعتقد أن معظم الفيزيائيين يشاركونني هذا القبول، فهناك عددًا كبيرًا من الفيزيائيين الكبار المحترمين المشهورين يتبنون بشدة أن مفهوم «الكون المتوحد» لا يمثل الواقع. ويحتجون - ولهم بعض الحق - بأنه إذا كانت إضافة مصطلح رابع (الزمن) إلى نموذج رياضي يعتمد على المسافات المكانية يحل مشكلات رياضية، فإن هذا الاتفاق الرياضي لا يعني الوجود الحقيقي (الفيزيائي) للزمكان رباعي الأبعاد، ولا مانع من أن يظل المفهوم جزءًا من الرياضيات.

هل يتعارض الزمكان مع حرية الإرادة؟!

إن أحد المخاوف من قبولنا بالكون المتوحد كواقع فيزيائي هو أنه يتعارض مع **شعورنا بالإرادة الحرة** التي نمارس بها دورنا في تشكيل المستقبل. وقد رأينا من قبل صعوبة قبول مفهوم الإرادة الحرة في إطار **حتمية قوانين الطبيعة**، والآن تواجه الإرادة الحرة الهجوم للمرة الثانية. فإذا كان المستقبل موجودًا الآن بالفعل (بالرغم من استحالة تصور ذلك) فهذا سيكون مسمارًا آخر في كفن **إنسانية الإنسان**.

يرى ستانارد أن لا مبرر لهذه المخاوف، بل ويقدم لنا طرحًا يفندها، فيقول:

أنا لا أرى الأمر بهذه الصورة. فالكون المتوحد ليس إلا تسجيلًا لتاريخ حياتنا من المهد إلى اللحد؛ مجرد تسجيل. إن الأمر يشبه تسجيل فيديو لأحداث إجازتك الأخيرة؛ إنه سلسلة من اللقطات التي أُخذت في فترات متتالية. ففي أحد طرفي شريط الفيديو تجد مشهدًا لقيامك بوضع الحقائب في السيارة عند الشروع ففي السفر، بعده تجد مشاهد الطريق، والاستراحة، والوصول إلى الفندق، وهكذا... لينتهي التسجيل بعودتك إلى بيتك، كل شيء مسجل.

إذا أعطيتني نسخة من هذا الفيديو، يمكنني أن أشاهد تسجيل الرحلة كاملًا عدة مرات،

وأكون قد حفظت في ذاكرتي تتابع الأحداث عن ظهر قلب، حتى إذا أريتني مشهدًا أستطيع أن أخبرك بالتالي. إني أعلم ما ستفعله أنت وعائلتك في المشهد التالي، فكل شيء مسجل.

ولكن، إذا كانت الأحداث مسجلة، وأستطيع من خلال رؤية أحد المشاهد أن أتوقع المشهد التالي، فهل يعني ذلك أنني أشاهد الآن سيناريو قام به روبوت مبرمج **هو أنت وهل علمي المسبق بالأحداث يُلزم من أشاهدهم على القيام بها؟** بالطبع لا.

إن ما أفعله «أنا» هو أنني أشاهد تسجيلًا لأشخاص يقومون بأفعال نعتبرها تمت باختياراتهم الحرة التي تحدد وتوجه الأحداث التالية. ببساطة؛ إن شريط الفيديو كان يحمل **تسجيلًا لقرارات الإرادة الحرة**.

ومن الواضح أنك «أنت» الموجود في أية لحظة من تسجيل الفيديو لم تكن لديك معلومات عما سيأتي في الخطوة التالية، إن معلوماتك تغطي الجزء السابق من التتابع، فالأحداث السابقة معروفة لك، لذلك نعتبرها محددة، ولكن ليست لديك دراية بالأحداث القادمة، إن القادم هو بمثابة «لاتحديد Uncertain»، لأنك - بخلاف حالي بعد مشاهدة الفيديو - ليس لديك اطلاع على التسجيل الكامل.

هذه هي قناعة ستانارد عن علاقتنا بالزمكان. ففي أية لحظة من الزمن - مثل اللحظة الحالية - لدينا اطلاع على المعلومات المسجلة عن حياتنا السابقة، ولكن ليس عن أية معلومات مستقبلية. ومع ذلك، **فالمستقبل مطبوع في نسيج/ بنية الكون المتوحد** مثلما أن رحلتك كلها مسجلة في شريط الفيديو. إن هذا التصور يطرح سؤالًا علميًّا فلسفيًّا دينيًّا محيرًا:

هل مفهوم الزمكان رباعي الأبعاد يعني أن المستقبل - بشكل ما - محدد ثابت؟

والسؤال بصيغة أخرى:

هل يتعارض مفهوم الزمكان مع إرادتنا الحرة؟

ويلخص ستانارد قناعته حول هذين السؤالين: إن **الزمكان هو تسجيل لكل الأحداث التي ستقع باختيارات حرة**، وليس نتيجة لخضوعنا لجدول مسبق مفروض، إنها تعبير حقيقي صادق عن **إنسانية الإنسان**.

يا الله... كم يشبه هذا التصور - قارئي الكريم - قناعاتي حول القضاء والقدر، فالكثير مما هـو معلوم في **العلم الإلهي** (أو قـل: ما هو مكتوب في **اللوح المحفوظ**) هـو نتيجة لاختياراتنا الحرة. والمعرفة الإلهية والتدوين المسبق للأحداث إنما هو تسجيل لإطلاع الإله (الذي لا يحده حاجز الزمن) على اختياراتنا الحرة.

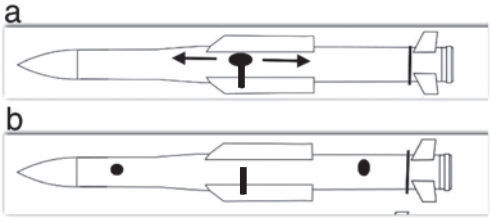
فقدان التآني/ التزامن

يخبرنا ستانارد بأنه ليس سعيدًا تمامًا بما يحمله مفهوم «الكون المتوحد = الزمكان» من توابع، إذ يـدرك أن توابع هذا المفهـوم تتعارض مع المنطق. ومع ذلك فإنه يقبلـه لأنه لا يجد له بديلًا. قد تسـأل؛ ما المشـكلة؟ **لماذا لا نلتزم بالنظرة التقليدية** بأن كل ما يوجد الآن هو الحاضر، وأن الماضي قد مضى وأن المستقبل لم يأت بعد؟

يجيب سـتانارد عن هذا السؤال بأن الكثير من الأخطاء تكتنف هذه النظرة التقليدية، وليبين لنا ذلك يمهد بعرض أحد التوابع العجيبة للنظرية النسـبية الخاصة؛ وهو ما يُعرف **بفقدان التآني** Loss of Simultaniety:

ينشأ هذا المفهوم العجيب بسبب ما تتبناه النسبية الخاصة من أن سرعة الضوء تكون واحدة بالنسبة للمسافرين بسرعة نسبية ثابتة. تصور معي مركبة فضائية، بها **مصدر ضوئي في الوسط تمامًـا** بـين جدارها الأمامـي وجدارها الخلفي، وقد تم تشـغيل المصباح ليرسـل في نفس اللحظة ومضتين من الضوء؛ إحداهما للأمام والأخرى للخلف (شكل - 43 a)، ماذا سيحدث للضوء؟

بالنسـبة **لرائد الفضاء** الجالس في السفينة، فإن كلا الومضتين ستنتقلان بسرعة الضوء (C)، وستقطعان نفس المسافة للأمام وللخلف، وبالتالي ستصلان إلى الجدار الأمامي والخلفي للسفينة في نفس الوقت (شكل - 43 b)، هذا تصور سهل مباشر.



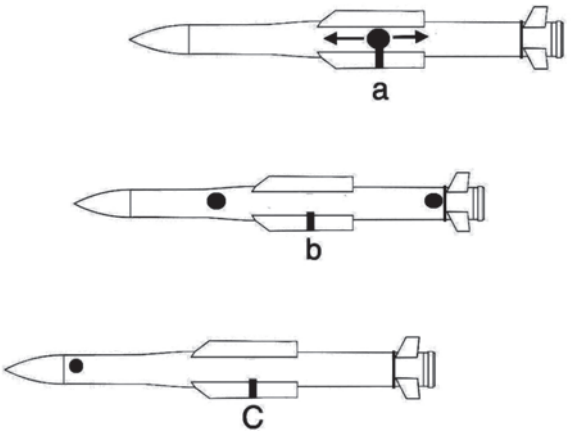
(شكل - 43)

تجربة عقلية على أشعة الضوء، كما يرصدها رائد الفضاء

ولكـن، دعنا نتأمل الموقف من وجهة نظر **المراقـب الأرضي للرحلة**؛ كيف يرى الأحداث التي تقع في المركبة الفضائية التي تنطلق بعيدًا عنه:

عندما يتم تشغيل المصباح؛ سيرى المراقب ومضتي الضوء تنطلقان بسرعة الضوء (C)، تمامًا مثلما يراهما رائد المركبة (شكل - 44 a). ثم يحدث الاختلاف؛ إذا كانت كلتا الومضتين بالنسبة للرائد قد قطعتا مسـافتين متساويتين قبل الوصول إلى جداري المركبة (الأمامي والخلفي)، فإن الأمر ليس كذلك بالنسبة للمراقب الأرضي؛ فأثناء حركة ومضة الضوء لتصل إلى **جدار المركبة الخلفي** سيكون هذا الجدار قد تحرك للأمام ليقابلها، وهذا سيقلل المسافة التي تقطعها الومضة وبالتالي يقلل أيضًا من زمن انتقالها (شكل - 44 b).

ولنفس السبب، فإن الومضة التي تتحرك باتجاه الجدار الأمامي للمركبة تقطع مسافة أطول وتستغرق وقتًا أطول (شكل - 44 c).



(شكل - 44)

نفس التجربة العقلية على أشعة الضوء كما يرصدها مراقب الرحلة الأرضي

وبالتالي؛ بالنسـبة للمراقب الأرضي، فإن الومضة الضوئية المتجهة للخلف تصل إلى الجدار الخلفـي قبل وصول الومضة الأمامية إلى الجدار الأمامي، أي أن الوصول لن يكون في آن واحد (ليسـت متآنية/ متزامنة)، وهذا ما يعـرف بـ «**فقدان التآني/ التزامـن للأحداث التي تفصلها مسافة** Loss of simultaneity for events separated by a distance». ويقصد ستانارد بكلمة «تفصلهـا مسـافة» أن كلا الراصدين قـد «اتفقا» في تآني/ تزامن الأحـداث التي تقع في نفس

المكان؛ وهي انبعاث الومضة الأمامية والخلفية من المصباح محدد المكان (شكل - 43 a، وشكل - 44 a). أما «عدم الاتفاق» فيكون بالنسبة للأحداث التي تفصلها مسافة؛ وهي وصول الضوء إلى جداري المركبة الأمامي والخلفي.

ما علاقة «فقدان التآني» بنقاشنا حول «الكون المتوحد»؟

المشكلة ببساطة، أن الرافضين للوجود الفيزيائي الحقيقي للكون المتوحد، أي يفصلون بين الزمن والمكان، ويعتبرون أنه لا يوجد في الحاضر إلا ما يحدث الآن، فإنهم بذلك **يضمون إلى «أحداث الآن» ما يقع في أماكن غير أماكنهم**. فمثلًا؛ إذا حادث أحد سكان القاهرة شخصًا يسكن في نيويورك هاتفيًّا، فإنهما سيعتبران أن المحادثة تحدث في لحظة/ «آن» واحد. هنا يكمن الالتباس، إنه يكمن في كلمة «آنيًّا» بالنسبة لرائد الفضاء الذي يحلق بسرعة عالية فوق القاهرة، ذلك أن ما يرصد حدوثه في نيويورك في هذه اللحظة ليس هو ما يحدث في نفس اللحظة تبعًا لرصد ساكن نيويورك. وفي نفس الوقت، فإن رائد الفضاء سيزامن بين أحداث مختلفة تقع في نيويورك والقاهرة ويعتبرها متآنية، بالرغم من أن أحداث نيويورك التي يرصدها قد تكون ماضيًا أو مستقبلًا بالنسبة لساكنها (تبعًا لاتجاه حركة سفينة الفضاء). ومن ثم، بالنسبة لساكن نيويورك، فإن أحداثًا اعتبرها رائد الفضاء حاضرًا تكون قد مضت أو لم تحدث بعد.

وبالتالي، نجد أن التمسك بأن كل ما يوجد في الحاضر هو ما يحدث الآن فحسب يتعارض مع توابع النظرية النسبية، وفي المقابل فإن اعتبار أن الراصدين المختلفين تكون لديهم إدراكات مختلفة لما يحدث في الحاضر، يلزمنا باستنتاجات متضاربة - خطيرة - حول ما هو حادث في هذه اللحظة.

ويعتبر ستانارد أن هذه المشكلات لا تواجهنا في إطار الكون المتوجد (الزمكان)، ذلك أن ما يوجد في نيويورك في أي وقت هو كل شيء. أما اختلاف الرؤى حول الأحداث التي تفصلها مسافة؛ أيها نعتبره متزامن، فذلك يرجع إلى أننا اعتدنا أن نربط الأحداث بما نسجله من توقيت زمني بساعاتنا، ولا يخفى عليكم أن عملية التحديد هذه هي عملية إنسانية نسبية، ليس لها دلالة فيزيائية، إذ إن لكل من الراصدين الذين يتحركون بالنسبة لبعضهما طريقته المختلفة

في حساب التوقيت (ساعة مختلفة مرتبطة بمكانه وسرعته)، وهذا ما يجعلنا نطلق على ظاهرة «فقدان التآني/ التزامن» مصطلح **«نسبية التآني/ التزامن** Relativity of simultaneity».

و يستنتج ستانارد من ذلك أن **وجهة النظر التقليدية للزمن**، التي تقسمه إلى ماضٍ وحاضرٍ ومستقبل تؤدي إلى عدم تجانس وتضارب، لذلك يصبح علينا أن نأخذ الوجود الفيزيائي للزمكان (الكون المتوحد) في الاعتبار.

إن هذه المعضلة تمثل أحد الأسئلة الملغزة:

هل فقدان التآني بالنسبة للأحداث التي تفصلها مسافة يلغي اعتبار أن الحاضر فقط هو الموجود؟

و يعتبر ستانارد نفسه من **أنصار الكون المتوحد المتراخين**؛ وهو متراخ لأنه يعذر تحفظات الفيزيائيين الآخرين تجاهه، و إن كان يعتبر أن الوجود الفيزيائي الحقيقي للكون المتوحد هو من الأسئلة التي تستعصي على الحل.

قارئي الكريم؛ طرحت في الفصل الرابع من الباب الأول طرحًا للخروج من هذه الإشكالية، وأحسبه طرحًا مقبولًا، وهو أن نُفَرِّق بين **«لحظة الحدوث»** و بين **«لحظة الإدراك»**، ذلك أن لكلٍّ منهما مرجعية مختلفة. فالمكالمة الهاتفية بين القاهرة ونيويورك حدثت في نفس «لحظة الحدوث»، ومرجعيتنا في ذلك هي زمن كوكبنا الذي تحكمه عوامل عديدة مثل دورانه حول نفسه وحول الشمس وغيرها. أما لحظة إدراك رائد الفضاء لوقوع الحدث في القاهرة ونيويورك **«لحظة الإدراك»** فمختلف، ومرجعيته هي سرعة الضوء التي يقاربها رائد الفضاء. إنه نفس المفهوم الذي فندنا به دعاوى من يقولون بأن النظرية النسبية قد أدت إلى انهيار السببية.

الفصل التاسع

آه يا زمن!

- الزمن الفيزيائي والزمن العقلي
- سهم الزمن
- عقولنا توجه سهم الزمن
- سهم الزمن والقانون الثاني للديناميكا الحرارية
- كون يعافر الزمن
- بذور الإبداع في كوننا
- إبداع الحياة
- دعك من أساطير ألف ليلة وليلة

رأينا في الفصل السابق، كيف أصبحت العلاقة وثيقة لصيقة بين الزمن والمكان في إطار «الزمكان» الذي أصبح مفهومًا أساسيًّا في النظرية النسبية. فهل هناك ما يمكن أن نضيفه فوق ذلك عن «الزمن Time» في ضوء النسبية؟

نعم... يخبرنا ستانارد بأن **الزمكان ثابت مستقر تمامًا** Quite static لا يتغير. فالأشياء تتغير عبر الزمن، لكن الزمكان لا يمر عليه زمن، بل إن الزمن موجود داخله[1].

وإذا كنا كثيرًا ما نتحدث عن «**جريان/ مرور/ انسياب الوقت** The Flow of Time»، فذلك يرجع إلى هيئة وعينا بالزمكان. إن الوعي بالوقت هو بمثابة تركيز ضوء كَشَّاف على محور الزمن في الكون المتوحد (الزمكان)، والنقطة التي يكشفها الضوء هي ما نسميه «**الآن**»، ونحن لا نكون واعين إلا بهذه النقطة، ومن ثم نُسقط عليها الخصوصية. أما الفيزياء، فلا ترى في هذه النقطة أية خصوصية عن بقية لحظات الزمن، فما يلبث ضوء الكشاف أن ينتقل إلى نقطة أخرى نسميها «المستقبل» لتصبح هي «الآن».

الزمن الفيزيائي والزمن العقلي

من منطلق المنظور السابق، ينبغي أن نفرق بين نوعين من الزمن:

الزمن الفيزيائي The physical Time، التابع للزمكان، وهو ما نقيسه بساعاتنا، و**الزمن العقلي** The Mental Time، وهو الزمن كما نعيه ونستشعره، وهذا له طرق خاصة في القياس والتقدير. فإذا جلسنا هادئين مغلقين أعيننا دون أن ننظر في ساعة، فإننا نظل واعين بمرور الوقت، ونصبح قادرين على تقدير ما مر بنا من وقت بشكل تقريبي (وقت طويل أم قصير)،

(1) سبحانك ربي؛ ما أشبه هذا الوصف بما ندركه عن صفات الله عَزَّوَجَلَّ!.
سبحانك ربي القائل في الحديث القدسي الصحيح: «يؤذيني ابن آدم، يسب الدهر، وأنا الدهر، بيدي الأمر، أقلب الليل والنهار». رواه البخاري ومسلم.

وقد نستطيع تقدير ذلك بالدقائق. ونستطيع بعد أن نفتح أعيننا وننظر إلى الساعة أن نعرف مدى دقة تقديراتنا العقلية الداخلية، عندها قد نجد أننا قد تعجلنا الوقت الفيزيائي، فنقول «لقد جرى الوقت سريعًا»، أو قد نقول «كم كان مرور الوقت ثقيلًا» خاصة إذا كنا نشعر بالملل[1].

لكن، ما معنى «مرور/ جريان» الزمن؟

إذا كان «جريان» النهر هو قياسٌ لكمية الماء المارة بنقطة معينة منه في زمن محدد، فما معنى: كم من الزمن مَرَّ في زمن محدد؟!! لن يبدو السؤال منطقيًّا إلا إذا كنا نتحدث عن نوعين من الزمن، وبالتالي يصبح السؤال بدقة: كم من الزمن الفيزيائي - تبعًا لما تقيسه الساعة - مر في فترة أحددها من الزمن العقلي؟ هكذا يبدو السؤال منطقيًّا.

إن **«الزمن العقلي»** يحدده تتابع الخبرات والأفكار التي تمر بنا. ويتراكم هذا التتابع فوق بعضه ويتقادم قبل أن يغشيه ضبابُ الزمن. وفي لحظة - في الاتجاه الآخر - يتوقف هذا التتابع فجأة عندما نصل إلى «الآن». إن هذه الانتقالة الحادة لا تحدث إلا مع «الزمن العقلي»، وهذه سمة مهمة، وهي تتزامن مع مرحلة معينة في «الزمن الفيزيائي» الذي تحدده نظرة إلى الساعة، ففي لحظة «الآن» العقلية نحن نربط بين موضع عقارب الساعة (الذي نعتبره «الآن» الفيزيائي) وبين ما نشعر به في الزمن العقلي.

بخلاف هذه اللحظة التي نربط فيها بين العقلي والفيزيائي، ليس في الزمن الفيزيائي شيء يميز ماضيًا عن حاضر عن مستقبل (تبعًا لمنظور الكون المتوحد= الزمكان). إن ما حدث - مرة أخرى - هو أننا سَلَّطنا ضوء الكشاف على لحظة معينة واعتبرناها «الآن».

في ضوء هذا الغموض، يضم ستانارد إلى الأسئلة الملغزة التي أثارها مفهوم «الكون المتوحد = الزمكان» هذين السؤالين:

(1) نحن لا ندري كيف نقوم بتقدير الزمن العقلي؛ قد يرتبط ذلك بخفوت تذكرنا للذكريات الماضية. فإذا كان استحضارنا لذكريات مضت باهتًا، دل ذلك على مضي زمن طويل. كذلك يمكن تقدير طول فترة ما (مثل مدة إغلاق العينين) من خلال تقدير ما استشعرناه من مشاعر وانفعالات وما تناولناه من أفكار خلال هذه الفترة. وقد ترجع قدرتنا على تقدير الزمن العقلي إلى أن عقولنا قد تكون على تواصل غير واع بعمليات الجسم الحيوية، كمعدل التنفس وضربات القلب، مما يعيننا على تقدير الوقت العقلي بدقة أكبر، إنها كلها تخمينات، لكننا ببساطة لا نعرف كيف يتم ذلك.

ما طبيعة الزمن؟

هل يتطلب استشعارنا بمرور الوقت أن يكون هناك نوعان من الزمن؟

ويعلق ستانارد مازحًا على هذين السؤالين قائلًا:

إذا كان تأمل الوقت والقول بزمانين قد أربكك واختلط عليك فلا تقلق، فقد انضممت إلينا في **«نادي المرتبكين»**، إن الأغلبية التي لم ترتبك هم هؤلاء الذين لم يفكروا بعمق في طبيعة الوقت.

سهم الزمن

مفهوم آخر عن الزمن ينبغي أن نناقشه في إطار الكون المتوحد= الزمكان، وهو مفهوم يفرضه القول بنسبية التزامن وهو المعروف بـ **«سهم الزمن** The arrow of time». ويشرح لنا ستانارد في كتابه «نهاية الاكتشاف» هذا المفهوم من خلال مثال:

تصور أنك تشاهد **فيلمًا غريبًا**: يبدأ الفيلم بسحابة من الغبار تنزل وتستقر على كومة من قوالب الطوب المتكسرة مستقرة على الأرض، ثم تختفي السحابة من المنظر بينما يرتفع الطوب في الهواء تلقائيًّا ويتجمع ليشكل - بمعجزة - مدخنة مصنع، ثم يتم امتصاص لهب ودخان إلى ثقب في قاعدة المدخنة، ثم يغلق الثقب نفسه، وينتهي الفيلم بمدخنة سليمة، باستثناء بعض أصابع الديناميت الملتصقة بقاعدتها!! ألم أقل إنه فيلم غريب!!

لعلك أدركت ما يعني ستانارد؛ **أعد تشغيل الفيلم من نهايته**، عندها سيكون تسلسل الأحداث كالتالي: المدخنة وأصابع الديناميت ← حدوث انفجار أنتج لهبًا ودخانًا في قاعدة المدخنة ← تهاوت المدخنة على هيئة قوالب الطوب المتكسرة ← ارتفع ترابها إلى السماء.

أن هذا **التسلسل منطقي**، وهذه هي الطريقة الطبيعية لتشغيل الفيلم. إن حقيقة أننا نستطيع تحديد طريقة عرض الفيلم هي في الحقيقة **تحديد اتجاه الزمن**، هذا هو سهم الزمن الذي يحدد أي الأحداث نعتبرها الماضي وأيها نعتبرها المستقبل.

دعنا ننظر إلى تتابع فيلم آخر...

كاميرة التصوير مركزة على مركز **منضدة بلياردو**؛ تدخل كرتان إلى كادر الصورة بنفس السرعة إحداهما من أعلى والأخرى من أسفل، تتصادم الكرتان في المنتصف فتتحركان إلى اليمين واليسار. إذا شغلنا الفيلم بشكل عكسي: ستدخل الكرتان إلى الكادر من جانبية ثم تتصادمان في مركز الصورة، تتحركان إلى أعلى و إلى أسفل وتخرجان من الكادر. أي الطريقتين هي الأصوب لعرض الفيلم؟ لا يمكننا أن نعرف، **فكلاهما مناسب للغاية.**

ثم يطرح علينا ستانارد فيلمًا ثالثًا؛ إنه يصور **بندول ساعة جده القديمة** يتأرجح؛ يسار، يمين، يسار، يمين،... إذا أدرنا الفيلم بشكل عكسي، سيكون تأرجح البندول: يمين، يسار، يمين،... مرة ثانية، لن تكون هناك طريقة لتشغيل الفيلم أَصَحَّ من الأخرى، كلتاهما تشبه الأخرى، إن اتجاه اهتزاز البندول لن يشير إلى اتجاه الوقت.

عقولنا توجه سهم الزمن

من الطبيعي أن تتساءل: ما معنى هذه السيناريوهات الثلاثة؟

يشرح لنا ستانارد الأمر فيقول:

إن بعض العمليات - مثل انهدام المدخنة - تكون معقولة في اتجاه معين وليست معقولة في الاتجاه الآخر، وبعضها - مثل كرات البلياردو وساعة الجد - تكون معقولة في الاتجاهين.

النقطة مربط الفرس، هي أن الأشياء المعقدة كالمدخنة والطوب مصنوعة من جزيئات وذرات، وتلك تتصادم وتتدافع وأيضًا تتذبذب. إذا استطعنا أن نصور تصادم وتدافع ذرتين (مثل مثال كرتي البلياردو) فلن يكون هناك اتجاه أنسب لتشغيل الفيلم (الاتجاهان يتساويان)، ويطلق الفيزيائيون على هذه الخاصية للجسيمات الأساسية: «**قبول الزمن للانقلاب** Time Reversal Invariance»، ونفس الشيء ينطبق على تذبذبات الذرة الواحدة (مثال البندول)، **ليس لدينا شيء يشير إلى اتجاه الوقت.**

أما في **مثال المدخنة**، يجتمع سلوك ذرات ليس له اتجاه زمني (ككرات البلياردو وساعة الجد) لينتج **تسلسلًا زمنيًّا فيه توجه محدد**، هكذا يتسلل سهم الزمن إلى المنظومة. كيف يحدث ذلك؟

ليس في الأمر سر، دعنا نعود إلى **منضدة البلياردو**. إذا افترضنا أن أزواجًا عديدة من الكرات تدخل للكادر من زوايا متقابلة مختلفة، وتخرج جميعها إلى اليمن واليسار، هل هذا يحدث مصادفة؟ ماذا يجري؟ إن الأمر يبدو كأن شيئًا يمتص الكرات إلى اليمين واليسار! بينما نحن متأكدون أن هذا لا يحدث.

والآن، فلندر الفيديو بطريقة عكسية: ستخرج الكرات جميعها إلى الكادر من اليمين واليسار، ثم تتوزع عشوائيًّا في اتجاهات مختلفة، إن هذا يبدو مقبولًا، إذ سنعتبر أن هناك لاعبَين إلى اليمين واليسار خارج الكادر، وأنهما يستهدفان كرات بعضهما البعض، ثم تتصادم هذه الكرات وتتحرك عشوائيًّا في مختلف الاتجاهات.

و يستنتج ستانارد من ذلك، أنه من الممكن أن نأخذ مجموعة من الأحداث لا يحتوي الواحد منها على اتجاه للزمن، لكننا **من خلال انتظام الأحداث مع بعضها نستطيع معرفة اتجاه الزمن**. إن التتابع بأن تأتي الكرات من اتجاهات عشوائية ثم تنتظم يمينًا و يسرة ليس مستحيلًا، لكنه (تبعًا للمنطق ولخبراتنا) قليل الاحتمالية إلى حد بعيد، وقد **اختارت عقولنا** تتابع من اليمين واليسار ثم التوجه العشوائي لأنه أكثر احتمالية كثيرًا. هذا ما يحدث على المستويات الذرية والجزيئية.

أما في حالة **تتابع فيديو المدخنة**. فسيناريو أن المدخنة والديناميت يؤديان إلى الطوب والتراب هو أرجح كثيرًا من السيناريو العكسي غير المستحيل تمامًا، فهذا السيناريو النادر للغاية يمكن أن يحققه مبدأ «**قبول الزمن للانقلاب**».

سهم الزمن والقانون الثاني للديناميكا الحرارية

قد تتساءل: كيف يمكن أن **يقفز الطوب في الهواء**، ليكون السيناريو العكسي النادر للغاية ممكنًا؟

يجيب ستانارد عن هذا السؤال قائلًا: انظر إلى تتابع الأحداث **بمنظور الطاقة** التي يحكم سلوكها القانونُ الثاني للديناميكا الحرارية. إذا بدأنا **بالسيناريو الراجح**؛ فإن سقوط قوالب الطوب يدفع ذرات الأرض السطحية إلى أسفل بشكل رأسي، ثم تتحرك هذه الذرات في

اتجاهات مختلفة بشكل عشوائي[1]. وتؤدي هذه الحركة إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض قليلاً، أي أن طاقة حركة قوالب الطوب تتحول إلى طاقة حرارية.

الآن، فلننظر إلى **السيناريو العكسي**: إذا بدأنا بالطوب مستقرًا على الأرض، تكون الأرض دافئة والذرات تتذبذب عشوائيًا، ثم بالصدفة المطلقة، يتوافق اتجاه ذبذبات الذرات في اتجاه واحد إلى أعلى، فيقفز الطوب لأعلى ويتراص فوق بعضه، وبالتالي تبني المدخنة نفسها تلقائيًا. ويضيف ستانارد ساخرًا: ولأن هذا التسلسل الممكن نظريًا بعيد الاحتمالية تمامًا، لا نجد أية شركة من شركات المقاولات تُعَوِّل على آلياته في تشييد أبنيتها!

لذلك، افترض أنه قد عُرضت علينا صورتان، إحداهما للمدخنة والأخرى للطوب المتكسر، وسُئلنا: أيها جاء أولًا؟ نحن نعرف ارتفاع احتمالية أن يُنتج تراتب منتظم نادر كالمدخنة تراتبات عديدة للغاية من الطوب المتكسر، بينما الاحتمالية العكسية ضئيلة للغاية. كما نعرف تمامًا أننا - عمليًا - إذا بدأنا بكومة من الطوب المتكسر فإننا سننتهي إلى كومة أخرى وليس إلى مدخنة.

قد يحاول أحدهم فيقول؛ لكن يمكن بالفعل **بناء مداخن من أكوام من الطوب المنكسر**. يجيبه ستانارد بأن هذا يتطلب أن يتدخل عامل من خارج المنظومة، وهو البَنَّاء الذكي المحترف، وهذه نسميها بـ «**النظم المفتوحة** Open Systmes»، أما القانون الثاني للديناميكا الحرارية فينطبق على «**النظم المغلقة** Closed Systems» التي لا يتدخل فيها متدخل من الخارج. إن الطوب المتكسر (وحتى السليم) والأسمنت لا تَرُصُّ ذاتها لتشكل المدخنة (النظام المغلق هنا هو هذه العناصر المادية). لكن إذا نظرنا بمنظور أوسع نجد أنه لا بد من البَنَّاء الذي يستخدم طاقة تأتي من حرق الغذاء في وجود الأوكسجين في خلايا جسمه، هذا الغذاء الذي ينبت مستخدمًا طاقة الشمس[2]. ويمكن أن ننظر إلى **مجموعتنا الشمسية** باعتبارها نظامًا مغلقًا يحوي كل العوامل السابقة (الطوب، الأسمنت، الضوء، الأوكسجين، الشمس وأيضًا البناء الذكي..). عندها يمكن أن تحدث عمليات انتظام - كأن يقوم البناؤون ببناء المدخنة من الطوب المتكسر -

(1) المقصود بعشوائي، أنه لا يمكن التنبؤ باتجاهاتها لنقص معلوماتنا عنها - أي عشوائية ظاهرة - ولا يعني أنها فوضى غير محكومة بعوامل - أي أنها ليست عشوائية مطلقة، فالعشوائية المطلقة (الصدفوية) لا وجود لها.

(2) لاحظ أن خروج الحرارة والضوء من الشمس هو زيادة في عدم الانتظام (الإنتروبيا). وتستطيع أن تتأكد من ذلك إذا حاولت أن تتصور إمكانية أن تتجمع الحرارة والضوء تلقائيًا ليشكلا الشمس.

دون التعـارض مع زيادة اللا انتظام «الإنتروبيا» تبعًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية، فقد فعلها البَنَّاء الذكي الذي هو جزء من المنظومة المغلقة.

كون يعافر الزمن

رأينـا أن المنجاة الوحيدة من أن يؤدي القانون الثـاني للديناميكا الحرارية مع مرور الزمن إلى الدمـار والفنـاء - بسـبب زيـادة الإنتروبيا - هو أن يوجـد **منظم ذكي قادر**، سـواء يتعامل مـع المنظومـة المغلقة من خارجهـا أو يكون جزءًا من هـذه المنظومة. ولا شـك أننا في حاجة إلى الإقـرار بهـذا التنظيـم، خاصة إذا كانت محصلة هـذا التلاقي هى كون يتصـف بـ **«المبدأ البشري»** الذي يعني أنه مناسب تمامًا وبدقة لنشأة الحياة والإنسان، فهل تؤثر هذه النتيجة على نظرتنا لطبيعة الزمن وطبيعة الكون؟

من أجل أن نجيب عن هذا السؤال، تأمل هذا الافتراض التخيلي:

تصور أن علينا أن **نبني كونًا من البداية تمامًا**، دون معرفة بالآليات السـابقة - مثل الانفجار الأعظم - فكيف سيكون هذا الكون وكيف ستكون بدايتنا؟

إن البدايـة التي سـننطلق منها تتوقف عـلى هيئة الكون الذي نريـده (والعكس صحيح)، وأمامنـا احتمالات عديـدة لكل منهـا. فمثلًا، قد يكـون الأيسر أن نبني الكـون من وحدات منفصلة متشابهة كأحجار البناء (فلنسميها ذرات)، الأرجح - في هذه الحالة - أن يكون الكون مجـرد متصلة من الذرات التي تتحرك عشـوائيًّا. إن كونًا على هذه الهيئـة الثابتة المتكررة دون تنوع إلى ما لا نهاية هو كون مزعج ممل، ما كان يصلح لنشأة الإنسان ولا الحياة.

بذور الإبداع في كوننا

من حسـن الحظ أن كوننا لم يبدأ هذه البداية البسـيطة الساذجة، بل **كانت بدايته عجيبة مدهشـة**. لقد بدأ كوننا سـاخنًا للغاية وقابلًا للتمدد والتشكل، وبدلًا من أن يتجه تبعًا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية إلى مزيد من الفوضى (الإنتروبيا) فقد كان كلٌّ من البداية والمسـار منظمـين للغاية. ثم - تبعًـا للقانون الثاني للديناميـكا الحرارية أيضًا - بـدأ الكون في الانهيار،

وأمامنا وقت طويل للغاية قبل أن يصل الكون إلى العدم الحراري Heat death بعد أن يبلغ أقصى درجات التمدد ويفقد كل الحرارة ويتوقف عن إبداع الجديد.

إن من الأمور المثيرة للغاية في بداية كوننا، أنه بخلاف **إنتروبيا القانون الثاني للديناميكا الحرارية**، التي تعني المزيد من الفوضى، فإن **كوننا كان مزودًا - منذ بدايته - بقدرات إبداعية عالية للغاية**، قدرات كامنة في سيناريو الانفجار العظيم، شأنه في ذلك شأن الفنان الذي تكون الخطوط الرئيسية لعمله الإبداعي حاضرة في ذهنه منذ البداية، وكأن الكون كان على دراية كاملة بالأشياء المهمة التي ينبغي إخراجها من الكمون إلى الواقع (مثل المجرات بنجومها وكواكبها وكذلك الحياة ثم الإنسان) خلال تطوره الطويل فأعد لها **البداية العجيبة المدهشة** التي أوصلته إلى الإبداع الحالي.

لذلك من الأسئلة الملغزة - وأظنها ستظل ملغزة في مواجهة قدرة العلم على الاكتشاف - هو:

كيف نفسر الخالقية والإبداعية الكامنة في كوننا الفيزيائي؟

ومما يزيد من غموض الأمر، أن سيناريو الأحداث ومن ثم مُنتَجَها النهائي الذي هو كوننا الحالي، **كان يمكن أن يكون مختلفًا تمامًا تبعًا للاحتمالية**!. فهل هذا السيناريو وهذا المنتَج كانا من المصادفات السعيدة التي ينبغي أن نضمها إلى قائمة المصادفات التي تقف وراء المبدأ البشري؟!

إبداع الحياة

في مثال بناء المدخنة من الطوب والأسمنت الذي يتعارض - ظاهريًّا - مع إنتروبيا القانون الثاني للديناميكا الحرارية، رأينا كيف تغلب ستانارد على هذا التعارض حين اعتبر أن عمال البناء الواعين الأذكياء القادرين هم جزء من منظومة الكون المغلقة. وهذا يطرح سؤالًا مماثلًا: وماذا عن **بناء جسم الإنسان** الذي يتكون أيضًا من لبنات أساسية (كالطعام والماء والأوكسجين)؟ ألا تقف إنتروبيا القانون الثاني للديناميكا الحرارية حجر عثرة أمام بناء هذا الانتظام الهائل؟

وإذا كان بناء المدخنة (الانتظام من الفوضى) قد تم من خلال توجيه مهندسين وعمال واعين أذكياء اعتبرناهم داخل المنظومة المغلقة، فمن هو الموجه لبناء الخلية الحية وتطورها وصولًا إلى الإنسان؟

للتهرب من هذا السؤال - قارئي الكريم - يصف الماديون المهتمون بنشأة الحياة وتطورها بأنها عملية «**عشوائية** Random»، ويخطئ الكثيرون في فهم مصطلح «عشوائي» ويعتبرون أنه يعني التلقائية والصدفوية والفوضى، وهذا مخالف لمعنى المصطلح العلمي الفلسفي والذي يعني عدم القدرة على التنبؤ والتفسير، ومن ثم فهو يعني **العجز عن معرفة آليات نشأة الحياة**.

وقد أدرك فريق من كبار العلماء والفلاسفة حتمية وجود مصدر ذكي قادر وراء نشأة الحياة وتطور الكائنات الحية وصولًا للإنسان، وفي نفس الوقت ظنوا أن الإقرار بالإله الخالق باعتباره هذا المصدر يتعارض مع العلم الذي لا يقبل تفسيرات غيبية، لذلك أرجعوا هذا الذكاء والقدرة إلى **جانب غير مادي من الطبيعة** أسموه الذكاء المطلق والوعي الكوني والمادة ذاتية التنظيم، وأصبحنا نطلق على هؤلاء مصطلح «**الطبيعيون غير الماديين**»[1] ولا شك أن طرح هذا الفريق يُقَرِّبه كثيرًا من الإقرار بالإله الخالق.

دعك من أساطير ألف ليلة وليلة

غندما أتناول في كتاباتي نشأة الحياة وتطويرها، أطرح عادة مَثَلَين يبينان خطورة ترك الأمر للصدفوية: إن ذرات **الأوكسجين والهيدروچين** تشكل خليطًا مشتعلًا للغاية، أما إذا اتحدت ذرتان من الهيدروچين مع ذرة أوكسجين بشكل معين أنتجت الماء الذي يُطفئ الحرائق، وأيضًا **ملح الطعام** الذي يتكون من معدن متفجر (الصوديوم) وغاز سام (الكلورين).

كذلك فإن هيئة **الكون** وسماته كان يمكن أن تتخذ أشكالًا متباينة للغاية. فكون يتكون من وحدات ككرات البلياردو المصمتة أو كمكعبات الثلج التي تتجمع صدفويًّا بآليات طبيعية لن يكون إلا كتلًا هائلة مختلفة الأشكال، أما أن تتجمع هذه اللبنات بصدفوية لتنتج **الكائنات الحية**، فإن ذلك سيكون طرحًا أقرب لأساطير وخرافات ألف ليلة وليلة.

(1) من أشهر هؤلاء؛ الفيزيائي الرياضياتي پول ديڤيز، والبيولوچي سيتوارت كوفمان، وفيلسوف العقل چون سيرل، والفيلسوف توماس ناجل، وغيرهم.

في الحقيقة، ليس لدينا تفسير مادي لكيف قامت قوانين الطبيعة على مدى أربعة بلايين عام، هي عمر كوكبنا الأرضي، بتشكيل **جزيء الدنا DNA** ذي الضفيرة المزدوجة الحامل للشفرة الوراثية، وأيضًا بناء **جزيئات البروتينات** شديدة التعقيد وجزيئات عضوية أخرى يتكون منها جسم الإنسان وغيره من الكائنات. ما أبعده من احتمال؛ أن يوجد داخل هذه المنظومة الآلية الهائلة (التي هي كوننا) والتي تتجه حثيثًا إلى المزيد والمزيد من الفوضي واللا انتظام، يوجد جيب صغير للغاية (**كوكب الأرض**) تمارَس فيه بدقة عمليات شديدة التنظيم لتُنتج أجسام الكائنات الحية وتنتج في النهاية المخ البشري!!! ما أبعده من احتمال، لكنه حدث بالفعل!!!

وينبغي أن ننتبه أن **نشأة ظاهرة الحياة لم يصحبها خرق للقانون الثاني للديناميكا الحرارة لأدنى درجة**. فعندما أخذ العلماء كل عناصر منظومة كوننا المغلق في الاعتبار، خاصة في مجموعتنا الشمسية، فقد فهموا تمامًا «آليات تنظيم المادة»، وذلك من خلال نظرية الكوانتم. لقد أصبحنا قادرين على فهم بنية الذرة، ولماذا هناك 92 نمطًا منها (ذرات العناصر الكيميائية)، وكيف ترتبط ببعضها البعض لتُكَوِّن جزيئات تختلف خواصها تمامًا عن خواص مكوناتها.

لذلك ينبغي تشبيه ذرات العناصر **بقطع الليجو** أكثر من تشبيهها بالكرات والمكعبات، ولهذه القطع الـ (92) القابلية لأن تتعاشق بنظم مختلفة مدهشة. وبدون هذه السمة التي تتمتع بها الذرات ما كنا هنا. ولا شك أن هذه السمة هي من ألغاز المبدأ البشري:

يا له من مصطلح غامض يتمسح به الماديون ليخفوا جهلنا، إنه مصطلح **«المادة ذاتية التنظيم»**، ومن أجل أن نكون أمناء ونواجه جهلنا، علينا أن نطرح السؤال:

ما معنى ما يصفونه بـ «المادة ذاتية التنظيم للمادة»؟

إن الماديون يتحدثون هنا عن البنية المادية لجزيئات مركبات الحياة (مثل الدنا DNA والرنا RNA والبروتينات)، وهذا ما كنا نصفه بأن **«الحياة ظاهرة كيميائية»**. ثم تغيرت النظرة إلى الحياة إلى اعتبارها **«ظاهرة معلوماتية»**[1]، بعدها أدركنا أن سر الحياة يكمن في التوصل إلى

(1) لتفصيل هذا المفهوم أرجع إلى كتابي «المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر» باب بعنوان «الحياة ظاهرة معلوماتية»، نيوبوك للنشر والتوزيع، 2018.

مصدر المعلومات الهائلة التي تحملها الشفرة الوراثية (الدنا DNA) أكثر مما يكمن في التوصل إلى آليـة بناء جزيء الدنا، ولا شـك أن كل قوانين الطبيعة وأيضًـا الصدفوية تعجز عن إبداع جملة معلوماتية واحدة[1].

وقبـل أن ننهي الحديـث عن طبيعة الزمن، ينبغـي أن نبين أن الماديين يزيـدون الطينة بِلَّة! فتراهـم بدلًا مـن أن يدركوا التأثير الهـدام للزمن في ضوء القانون الثـاني للديناميكا الحرارية فإنهـم **يتحججون بقدرة الزمن على إنجاز أشـياء هي أعجب من السـحر**، ولعـل أهمها هي أن يحول الزمن قطعة من الفحم كالتي نشعل بها الشيشة إلى مخ آينشتين!!!

يبدو أنه قد أصبح لا مفر من الإقرار بما طرحه فيلسوف العلم الكبير **كارل پوپر**[2] من أن مفهوم **«البزوغ»** أو **«الانبثاق»** الذي اعتاد العلماء والفلاسفة أن يفسروا به ما يعجزون عـن تفسـيره من ظواهر، كالحيـاة والعقل الإنسـاني، لا مفر من الإقرار بأنـه يكاد يتطابق مـع مفهـوم «الخلق» الذي يطرحـه المتدينون و ينسـبونه إلى مصدر مطلق الـذكاء والقدرة والخالقية.

(1) بَيَنَّ مشروع الچينوم البشري أن المعلومات اللازمة لبناء بروتينات جسـم الإنسـان تمـت كتابتها فيما يعادل 74.000 صفحة من صفحات الجرائد الكبيرة. كذلك تفوق معلومات تشـغيل جسـم الإنسـان كل ما يوجد في مكتبات العالم من معلومات بمليون مرة.

السؤال هنا: ما هو مصدر هذه المعلومات؟

(2) Carl Popper: (1902 - 1994) فيلسـوف وأستاذ فلسفة العلوم الأشهر في القرن العشرين، نمساوي الأصل بريطاني الجنسية.

الفصل العاشر

فيزياء الجسيمات

- بنية الذرة
- القوتان الرابطتان للذرة
- تخليق مادة جديدة!!
- تخليق جسيمات جديدة!
- اكتشاف سمات جديدة للمادة الجديدة
- نجهل «طبيعة» المادة وسماتها
- وأيضًا، نجهل «طبيعة» المسرح
- مصير الجسيمات المُخَلَّقة
- الجسيمات المخلقة والجسيمات التقليدية: تأثيرات متبادلة
- قوى الطبيعة الأربع، ومكمن السر
- عهد جديد للبشرية، ومنهج جديد
- الجسيمات المخلقة تكشف أسرار المادة التقليدية
- تصنيف النماذج المتماثلة
- الكواركات، لبنات نواة الذرة
- لماذا لاتوجد كواركات حرة؟؛ قوة اللون
- بنى غير كواركية: الليبونات
- اقتربنا من فهم بنية المادة
- لماذا ثلاثة أجيال؟!

- قوى الطبيعة والوسيط الثالث
- عودة إلى بحر الجسيمات الافتراضية
- الفوتون... وسيط القوة الكهربائية
- الجلون... وسيط قوة اللون
- القوة النووية الضعيفة
- الجسيمات الوسيطة للقوة النووية الضعيفة
- الجسم Z^o عنق زجاجة الليبتونات والكواركات
- الكتلة وجسيم هيجز
- جسيم هيجز
- كتلة بلانك
- النموذج القياسي/العياري
- فرضية التناظر الفائق
- لماذا هذه الفرضية؟
- نظرية التوحيد الكبرى
- استحالة تقديم الدليل التجريبي المباشر
- هل من دليل تجريبي غير مباشر؟

نعلـم جميعًـا أن القرن العشرين قد شـهد ثـورة الفيزيـاء الحديثة التي تقـوم على دعامتين أساسـيتين؛ هما نظرية الكوانتم ونظرية النسـبية. وقد ذكرنا في مقدمة الكتاب أنه تمت إضافة دعامـة ثالثـة لهذه الثورة لا تقل أهمية ولا إبداعية عن هاتـين النظريتين، وهي ما تم تحقيقه في **«فيزياء الجسـيمات تحـت الذرية»** ونتج عنه طرح ما يُعرف بـ **«النموذج القياسي** Standard Model» لبنيـة الـذرة ومكوناتها، وهو التصور الـذي نتج عن تضافر جهود آبـاء الفيزياء مع مكتشفات رجال المسرعات النووية عالية الطاقة.

وإذا كانت فيزياء الجسيمات لم تلق من الشيوع ما لقيته نظريتا الكوانتم والنسبية، فذلك يرجع إلى ما لهاتين النظريتين من انعكاسـات فلسفية ذات علاقة بالأسئلة الوجودية للإنسان، ومن ثم كانت النظريتان بمثابة الطفلين المدللين للفلسـفة والفكر والثقافة على حساب فيزياء الجسيمات الجافة المرهقة.

وأحسب أن رسل ستانارد، باعتباره متخصصًا في الفيزياء عالية الطاقة، قد نجح إلى حد بعيد في تقديم هذا **الطفل العنيد** لقرائه من خلال كتابه «نهاية الاكتشاف»، بل ونجح في عقد صداقة بينه وبيني.

بنية الذرة



(شكل - 45)
جون دالتون

لقد كانت بداية الحديث عن الذرة ذات طابع فلسـفي، منذ أن وضـع ديموقريطس نظريتـه الذرية، باعتبـار أن **الذرة هي الجوهر الفرد** الذي لا يتجزأ، وتابعه في ذلك الفلاسفة المسلمون.

وفي القـرن التاسـع عـشر اهتم العلـم بالقضيـة، وأثمر هذا القرن أن طـرح الإنجليزي **«چـون دالتون»**[1] (شـكل - 45) **فكرة الذرة والجزيء**، واعتبر أن الذرة كتلة مصمتة.

(1) John Dalton: (1766 - 1844) الفيزيائي والكيميائي الإنجليزي الذي أدخل النظرية الذرية إلى الكيمياء.

ومـع حلول القرن العشرين تغيرت النظرة إلى الذرة تغيرًا نوعيًّا، فسـقطت النظرية القائلة بعـدم قابلية الذرة للانقسـام، بعد أن أثبت العلـماء أن **بعض الذرات يتحلـل تلقائيًّا** (العناصر المشعة) وبعضها **يمكن تحطيمه** بطرق خاصة.

عندهـا أصبح عـلى العلماء البحث عن وحدة أساسـية جديدة لمكونات الـذرة، وتصلح أن تكـون جوهـرًا أوليًّـا تتألف منه العنـاصر. وفي هذا المجال، تـم التوصل إلى **جسـيمات النواة** «نيوكليونـات Nucleons» التـي هـي البروتونـات والنيوترونات، وتبين أنها تمثـل 99.9 % من مادة الكون، بينما تمثل **الإلكترونات** الباقي. والسؤال الذي ندور حوله في هذا الفصل هو: هل النيوكليونات والإلكترونات هي آخر المطاف أم أنها تتكون من جسيمات أصغر منها؟

للإجابة عن هذا السـؤال، يأخذ سـتانارد بيد قارئه من المفاهيم العلمية الأولية التي يعرفها تلاميـذ المرحلـة الابتدائية في بلادنا، ثم يتعمق بنا في سلاسـة ووضوح في التفاصيل حتى يصل بقارئه إلى أحدث ما توصل إليه العلم بخصوص بنية الذرة والكون.[1]

نعـرف جميعًـا أن الذرة تتكون من **نـواة مركزيـة** Nucleus موجبة الشـحنة تدور حولها **إلكترونات** Electrons سـالبة الشـحنة. وتؤدي الشحنات السالبة المتشـابهة للإلكترونات إلى تنافرهـا عن بعضها، بينما تحافظ قـوة الجذب الكهربائية بين النواة وبـين الإلكترونات عليها في مداراتها، مع الاحتفاظ بمسـافة واسـعة للغاية بين النواة والإلكترونات حتى **تكاد الذرة أن تكون مكانًا فارغًا**. وإذا أردنا تصور ذلك، يمكنك تشـبيه النواة بكرة الجولف الملقاة في مركز مطـار القاهرة، عندها تكون الإلكترونات بمثابة ذرات التراب التي تثيرها الرياح في الطرقات حـول المطـار!. ويختلف عدد الإلكترونـات في الذرات المختلفة، فهي إلكـترون واحد في ذرة الهيدروچين واثنان في الهيليوم وثلاثة في الليثيوم حتى تصل إلى 92 في اليورانيوم الذي هو أثقل العناصر الكيميائية.

بعد هذه البداية، من المناسب أن نتساءل عن كيف تترابط مكونات الذرة:

(1) لعلك تلاحظ - قارئي الكريم - أن سـتانارد فيما نقلنا عنه من استشـهادات في هذا الفصل يسـتخدم أسلوب المتكلم؛ فيقول: حاولنا - توصلنا - استنتجنا... وذلك لأنه بالفعل من المشاركين في أبحاث الفيزياء عالية الطاقة خلال عمله في مسرع سيرن للجسيمات تحت الذرية.

القوتان الرابطتان للذرة

القوة الكهرومغناطيسية

يعتبر المتخصصون أن **الإلكترون جسيم أساس** fundamental؛ أي لا يتكون من بنى أصغر. أما النواة فخلاف ذلك؛ لذلك إذا تصادمت نواتان ببعضهما فقد تتكسران، مما يعني أن النواة تتكون من جسيمات أصغر تُعرف بـ «**الجسيمات النووية** Nucleons»؛ وهي نوعان: **البروتونات** Protons **والنيوترونات** Neutrons. والجسيمان النوويان متشابهان لحد كبير، باستثناء أن البروتون يحمل شحنة كهربائية موجبة (تعطي النواة شحنتها الموجبة) مساوية لشحنة الإلكترون السالبة، أما النيوترون فلا يحمل شحنة كهربائية.

ولما كانت الذرة متعادلة كهربائيًّا فقد أدركنا أن عدد البروتونات في النواة يعادل عدد الإلكترونات التي تدور حولها. وعندما تتقارب ذرتان من بعضهما، يمكن أن تنجذب إلكترونات إحداهما كهربائيًّا لنواة الذرة الأخرى مثلما تنجذب لنواتها، وهذا يمكن أن يربط الذرتين معًا لتُكَوِّنا جزيئًا Molecule، وهناك مئات الآلاف من أنواع الجزيئات المختلفة التي تعني مركبات كيميائية مختلفة.

القوة النووية القوية

إذا كانت الشحنات الكهربائية الموجبة لبروتونات النواة تجذب الإلكترونات السالبة، وتحافظ عليها في مداراتها، فكيف لا تتنافر البروتونات الموجبة داخل نواة الذرة مع بعضها البعض، وبالتالي تؤدي إلى انفجارها؟! إن الأمر يحتاج حتمًا إلى قوى تجاذب تفوق قوى التنافر بين البروتونات الموجبة من أجل أن تحافظ على تماسك النواة، وهذه هي «**القوة النووية القوية** Strong Nuclear Force». وإذا كانت القوة الكهربائية تعمل عن بعد وتقل كلما زادت المسافة بين الجسيمين، فإن القوة النووية القوية ذات مدى قصير، ولا تستشعرها إلا البروتونات والنيوترونات الملاصقة.

بناء ذرات أكبر

هنا يطلعنا ستانارد على سر مدهش من أسرار **توازن القوى داخل نواة الذرة** فيقول:

إن عملية بناء الذرات الأكبر والأكبر، تتم عن طريق إضافة المزيد والمزيد من البروتونات

والنيوترونـات إلى نوياتهـا، وهذا أمر يتحكم فيه توازن القوى داخـل النواة. فعند إضافة كل بروتـون جديد تتزايد قـوى التنافر الكهربائية (بعيدة المدى) بـين البروتونات الموجبة داخل النواة، وفي نفس الوقت، لن تزداد القوة النووية القوية داخل النواة، ذلك أن مداها القصير لا يتجـاوز التأثير على البروتونات والنيوترونات المتلاصقة. وعند درجة معينة من التوازن، تفوق **قـوة التنافـر الكهربائية** داخل النواة **القوة النووية القوية** بقدر لا يسـمح بإضافة أي بروتون جديـد. ونصل إلى هذا الحد الأقصى عندما يصل عدد البروتونات داخل النواة إلى 92 وهي نواة **ذرة عنصر اليورانيوم**، ومن ثم أصبح هذا هو عدد العناصر الممكن وجودها في الطبيعة.

تخليق مادة جديدة!!

في طريقهـم للبحث عن **البنى الأولية للمادة**، كان الأسـلوب البديهـي هو أن يحاول العلماء **شـق وحداتها** - كما نشـق البطيخة - لنرى ما يمكـن أن يوجد بداخلها. لقـد تمكنا من قبل من كسر الجزيئات فوصلنا إلى الذرات المكونة لها، كما تمكنا من كسر الذرات فكشفنا النويات والإلكترونات، ثم كسرنا النويات لنكتشـف البروتونات والنيوترونات، فهل هذه الجسـيمات هي بنى نواة الذرة الأولية؟ أم أنها تتكون من وحدات أدق؟ وكيف يمكننا محاولة شـقها لنتأكد من ذلك؟

هنا، يصحبنا سـتانارد إلى المرحلة الحاسمة التالية في تاريخ الفيزياء، أنها مرحلة **«الفيزياء النووية عالية الطاقة»**. وتقوم هذه الفيزياء على أن نُسَرِّع الجسـيمات المشـحونة (إلكترونات أو بروتونات) باسـتخدام تيـارات كهربائية، ونحافظ عليها في مسـاراتها باسـتخدام مجالات مغناطيسـية هائلة، ونُطلق هذه الجسـيمات المتسـارعة على أهداف . ونراقب ما يحدث عندما تصطـدم مقذوفاتنا السريعة ببروتونات ونيوترونات نويـات هذه الأهداف. وقد مكنتنا تقنية «مسرعات[1] الجسيمات تحت الذرية» الرائعة من التوصل إلى حقائق مبهرة، هي التي نعرضها في هذا الفصل.

(1) يتم ترجمة Accelerator إلى مُسَـرِّع و إلى مُعَجِّل. وترجمة مُسرَع هي الأدق، خاصة بعد إطلاق مصطلح «التسارع» كبديل أفضل لمصطلح «العجلة» الذي هو معدل تغير السرعة. ومسرع سيرن هو أشهر وأكبر هذه المسرعات.

وحتى منتصف القرن العشرين، لم يكن العلماء قد شيدوا هذه المسرعات عالية الطاقة، وفي تلك الأيام كانوا يستغلون في أبحاثهم الجسيمات عالية الطاقة القادمة من الفضاء، وهي «**الأشعة الكونية** Cosmic Rays». المشكلة أن معظم هذه الجسيمات/ المقذوفات كانت تتصادم مع نويات الذرات في غلاف الأرض الجوي ولا تصل إلى مستوى سطح البحر، وللتغلب على هذه المشكلة - جزئيًّا - كان العلماء يبنون أجهزة الكشف فوق المرتفعات أو يطلقونها في بالونات.

تخليق جسيمات جديدة

هل نجحت **تجارب الأشعة الكونية** في أن تشق بروتونات الذرة؟ لا... لقد ظلت البروتونات متماسكة كوحدة واحدة أمام اصطدام الأشعة الكونية. وبدلًا من ذلك حصل العلماء على **جسيمات جديدة** لم تكن موجودة قبل الاصطدام. إن ذلك لم يكن حصولًا على شيء من لا شيء، لكن تشكلت هذه الجسيمات من الطاقة الحركية لمقذوفات الأشعة الكونية، فقد ثبت أن جزءًا من هذه الطاقة قد نقص بقدرٍ يتماشى تمامًا مع معادلة آينشتين $E=mc^2$[1].

من الطبيعي أن يكون أول سؤال يطرح نفسه علينا هنا هو:

ما هي سمات الجسيمات الجديدة التي تنشأ نتيجة للتصادمات عالية الطاقة؟

للإجابة عن هذا السؤال المتخصص، نلجأ إلى ستانارد الذي يبدأ طرحه بملاحظة مهمة، وهي أن هذه الأشكال الجديدة من المادة تنتج فقط **بكتل محددة**. فمثلًا، أمكن الحصول على جسيم الـ «بيون Pion» الذي كتلته 273 ضعف كتلة الإلكترون (= 273 me، حيث me هي كتلة الإلكترون)، لكننا لا نحصل على جسيمات بكتلة قريبة من البيون؛ مثل 272 me أو 274 me، بل ينبغي أن تكون الكتلة 273 مرة كتلة الإلكترون بالضبط.

وعندما تم بناء **المسرعات الأكثر قوة**، والتي تمدنا بطاقة تصادم أعلى، استطعنا الحصول على جسيمات عديدة أكثر ثقلًا، حتى تجاوزنا الآن 200 جسيم، ويبدو أنه **ليس هناك حد لما يمكننا**

(1) إن عملية تحول الطاقة إلى مادة هي «عملية انعكاسية» لما يحدث داخل نجمنا الشمس، فعندما تتصادم نويات ذرات الهيدروجين والهيليوم داخل الشمس يُعاد ترتيب بروتونات ونيوترونات العنصرين لتتكون عناصر جديدة ذات كتلة كلية أقل مع انطلاق الطاقة التي تمدنا بالحياة، وهذه هي العملية المعروفة بالاندماج النووي Nuclear Fusion.

أن نحصل عليه، إن الأمر يتوقف فقط على قدرة المسرعات على إمدادنا بالطاقة اللازمة لكتل الجسيمات المتزايدة، ذلك أن الجسيمات الجديدة لا تتشكل من لا شيء.

كذلك لاحظ المتخصصون أن بعض الجسيمات الجديدة تحمل **شحنات كهربائية** موجبة أو سالبة، هل معنى ذلك أننا خَلَّقنا شحنات كهربائية من لا شيء؟ قد تبدو الإجابة أن «نعم»، لكن الحقيقة أن «لا»، ذلك أن الحصول على جسيم موجب يُنتج معه بالضرورة جسيمًا سالبًا. معنى ذلك أن الجسيمات الجديدة **تلتزم بقانون حفظ الشحنات الكهربائية** (مثل حفظ المادة والطاقة).

اكتشاف سمات جديدة للمادة الجديدة

من الأمور الملغزة التي طرحها الحصول على هذه الجسيمات الجديدة ما يُعرف بـ **«الإنتاج المصاحب** Associated Production».

فإذا كنا قد حصلنا على البيونات Pions بشكل منفصل، فلا يمكن ذلك مع جسيمات أخرى حتى وإن كانت الطاقة اللازمة لكتلتها متوافرة[1]، لقد ثبت أن **بعض الجسيمات لا تنتج إلا بمصاحبة جسيمات أخرى معينة!**

لقد طرح الإنتاج المصاحب فكرة أن تكون للجسيمات الجديدة **سمات لا نعرفها**، وينبغي **المحافظة على توازنها** عند إنتاجها (كما يحدث في الشحنات الكهربائية «+، -»)، وبالتالي ينبغي أن نحصل على جسيم له وحدة موجبة من هذه السمة ويصاحبه جسيم له وحدة سالبة، حتى تظل السمة ثابتة (كالشحنات الكهربائية). وقد أُطلق على هذه السمة الجديدة اسمًا جذابًا هو **«الغرابة** Strangeness»، لا لشيء إلا لأنها كانت سمة غريبة لا نعرفها في هذا الوقت.

كذلك وجدنا أن جسيمًا معينًا لا يمكن أن ينشأ إلا مع جسيمين آخرين، وقد جعلنا ذلك نعتبر أن هذا الجسيم يحمل (+2) من سمة الغرابة، وهذا يتطلب أن يصاحبه الحصول على جسيم له (- 2) من سمة الغرابة. وقد توصلنا إلى أن المادة المعتادة (البروتونات والنيوترونات)

(1) الجسيمات الجديدة قد لا تكون مشحونة كهربائيًا، ومن ثم فالعائق للحصول على الجسيم منفردًا ليس قانون بقاء الشحنة الكهربائية.

وأيضًا البيونات لا تتسم بسمة الغرابة، وبالتالي ليس عليها هذا القيد، وهذا هو السر في أن البيونات يمكن أن تنشأ منفردة.

ومثلما توصلنا إلى سمة «الغرابة Strangeness» كسمة جديدة للجسيمات الجديدة، فقد توصلنا إلى ثلاث سمات جديدة أخرى، هي «**فتنة** Charm» و«**قمة** Top» و«**قاع** Bottom».

لقد كان ستاندارد في طرحه لهذه السمات الجديدة للمادة أمينًا للغاية، فهو يصارحنا بأن افتراض وجود هذه السمات إنما هو **أداة لتفسير «السلوك» فحسب**. فهو افتراض يُمكِّننا من تَعَقُّل ملاحظاتنا، التي منها الإنتاج المصاحب لبعض الجسيمات!! بل ويقدر ستاندارد دهشتنا وتساؤلنا حول هذا الطرح: كيف يجرؤ الفيزيائيون على «**اختراع**» سمات جديدة للمادة لمجرد الخروج من مشكلة إنتاج الجسيمات المصاحبة؟ وهل يمكننا معرفة «طبيعة» هذه السمات الجديدة؟!

نجهل «طبيعة» المادة وسماتها

يصارحنا ستاندارد؛ نحن لا نملك إجابة في مواجهة هذا اللغز، ولا نملك إلا الصمت!

ويضيف؛ إن كان هذا محبط فإنه ليس أكثر إحباطًا من عجزنا عن معرفة وتفسير طبيعة وسمات المادة التي نحن معتادين عليها!!!

ويضرب ستاندارد مثلًا **بالشحنة الكهربائية** التي نعرفها جميعًا، وهي التي تجعل الملابس المكوية تجذب شعر ذراعنا عندما نرتديها، كذلك فالتيار الكهربائي يُشغِّل العديد من أجهزة المنزل، وأيضًا ينتج المجال المغناطيسي للأرض من سريان الشحنات الكهربائية في لبها Core. لقد كان إدراك هذه الظواهر الكهرومغناطيسية نصرًا كبيرًا للعلم، يستحق عليه جيمس ماكسويل الشكر والثناء الجزيل. ولا شك أن تعقيد الأجهزة الحديثة (كالحاسوب) يبين مدى فهمنا لسلوك الكهرباء وقدرتنا على التعامل معها والاستفادة منها، ولكن مع كل هذا الإنجاز التقني التطبيقي، **هل حققنا قدرًا معقولًا من الإنجاز التفسيري بخصوص الكهرباء المألوفة لنا؟**

هل نستطيع معرفة «**طبيعة**» الشحنة الكهربائية؟ إن كل ما تحدثنا عنه كان عن «**ماذا**

تفعل» أي **«تأثير»** الشـحنة الكهربائية، أي معرفة كيف تسلك الأشياء عند وجود هذا الشيء الذي نسميه بالشحنات الكهربائية، لكننا لا نعرف ما هي هذه الشحنات البتة.

إن هـذا **العجز** يواجهنا مع كل سـمات المـادة الجديدة والتقليدية، وليس مع الشـحنات الكهربائية فحسب. خذ مثلًا **«الكتلة** Mass»؛ فتبعًا للقانون الثاني لنيوتن، إذا دفعنا أجسامًا مختلفة بنفس القوة، نجد أن الأجسـام تتسارع[1] بعيدًا عنا بدرجات مختلفة، لماذا الاختلاف؟ إن ذلك يرجع إلى كتلة الجسـم؛ وهي التي تحدد استجابة الجسم للقوة: نصف الكتلة يصحبه تسـارع مضاعف، ثلثها يصاحبه تسعة أضعاف التسارع؛ إنها علاقة واضحة بسيطة. لاحظ أننا **نتحدث عن السلوك فحسب**، نتحدث عن كيف تتحرك الأشياء التي نرصدها في المكان والزمن، لكننا لا نعرف مطلقًا ما هي طبيعة السمة التي نسميها «الكتلة»، وإن عَرَّفناها بأنها « كمية المادة في الجسم» فنحن لا نعرف طبيعة **«المادة»**.

ويطل سـتانارد معنا إطلالة فلسـفية، فيخبرنا بأن الحديث عن الفرق بين «طبيعة» السـمة الفيزيائية وبين «سـلوكها وتأثيرها وتطبيقاتها» ليـس بجديد. ففي كتابه «نقد العقل الخالص» عام 1781، ذكر **إيمانويل كانط** أنه لا يمكن التوصل إلى «طبيعة الأشـياء»، وأن كل ما نتعامل معه هو ظواهرها وتأثيراتها.

ويربط سـتانارد بين هذا المفهوم الفلسـفي وبين اهتمام اللاهوتيين بما يمكن معرفته وما لا يمكن معرفته عن الإله. فقد رسم الفيلسوف اليهودي فيلو Philo (20 ق.م - 45) خطًّا بين ذات الإلـه «Essence» التي نجهلها تمامًا وبين «آثاره في العالم Energies» التي نلاحظها ويمكن أن نفهمها. وفي القرن الرابع، طرح القديس أوغسطين Augustine الطرح نفسه حين ذكر أننا لا نسـتطيع أن نعـرف **«طبيعة المادة التي يتكون منها الإلـه**[2] The name of the Substance of God».

ويتبـنى الطرح الإسـلامي - قـارئي الكريم - ما ذهـب إليه كانط من العجـز عن التوصل

(1) التسارع (العجلة) هو معدل التغير في السرعة = السرعة / الزمن

(2) أرى أن أوغسـطين قد تعمد طرح التسـاؤل بهذا الأسـلوب الصادم، حتى يفحم الماديين المعاصرين له، ونحن - بلا شك - ننزه ربنا عن التساؤل بهذا الأسلوب.

إلى طبيعة الأشياء، فالقرآن الكريم يخبرنا بأن الله عَزَّوَجَلَّ قد ﴿ وَعَلَّمَ ءَادَمَ ٱلْأَسْمَآءَ كُلَّهَا ﴾ [البقرة: 31] أي أن ربي قد علمنا ما يرمز إلى الأشياء، وهو الأسماء، لكنه لم يعلمنا حقيقة الأشياء التي هي المسميات. كذلك تتبنى العقيدة الإسلامية أننا لا نعرف البتة شيئًا عن الذات الإلهية، بل إن ربي ﴿لَيْسَ كَمِثْلِهِۦ شَىْءٌ﴾ [الشورى: 11]، لذلك يصف الصوفيون الذات بأنها «عَمَاء»، وأننا نعرف الإله عَزَّوَجَلَّ من خلال أسمائه وصفاته وأفعاله فحسب.

والآن عودة إلى الفيزياء...

وأيضًا، نجهل طبيعة المسرح

إن نفس العجز عن إدراك طبيعة المادة (التقليدية والمُخَلَّقة) وطبيعة سماتها، يقابلنا عندما نحاول معرفة «**طبيعة المكان والزمن**». وقد ناقشنا ذلك في بعض الفصول السابقة، وخرجنا منها بتعريفٍ لـ «**المكان**» بأنه الشيء الغامض الذي تسلك فيه الأشياء ويمكن أن ينحني، أو بأنه بحر به زَبَد من أزواج الجسيمات الافتراضية التي تدخل إلى الوجود وتخرج منه، أو أنه بحر ممتد من الإلكترونات سالبة الطاقة، أو أنه... وقد قابلنا غموض مشابه - وربما أكثر إظلامًا - عندما حاولنا فهم طبيعة «**الزمن**».

يبدو أننا عندما نحاول معرفة طبيعة الأشياء (المكان - الزمان - المادة وسماتها) فإننا «**نواجه حاجزًا معرفيًّا**»؛ إذ ليس لدينا مصطلحات اللغة القادرة على وصف طبيعة الأشياء ذاتها، ويرجع هذا الافتقار المصطلحي إلى أن **عقولنا لم تتشكل لإدراك هذه الحقائق**.

لعلك أدركت الآن لماذا اعتبر ستانارد أننا عاجزون عن الإجابة عن سؤال:

هل نحن قادرون على فهم «طبيعة» الأشياء؟

يبدو أن علينا أن نعتاد الحياة في إطار هذا العجز. ويعكس هذا **الاعتياد الإيجابي** أسلوب تعامل الفيزيائيين مع السمات الجديدة التي اكتشفوها للمادة، كالغرابة والفتنة وغيرها، فهم إن كانوا عاجزين تمامًا عن معرفة طبيعتها، فإن أطروحاتهم التي قدموها جعلتهم قادرين على فهم هذه السمات والتعامل معها عمليًّا، لهذا السبب كانت أطروحاتهم قَيِّمَة.

مصير الجسيمات المُخَلَّقة

إذا كنا قد حصلنا على هذه الجسيمات الغريبة ذات السمات غير المعهودة للمادة، فلعلك تتساءل مندهشًا: ماذا يحدث بعد ذلك لهذه الأشكال الغريبة من المادة؟ هل ستتراكم تلالٌ منها لتنشئ **عالمًا موازيًا لعالم مادتنا التقليدية؟!**

يطمئننا ستانارد أن ذلك لن يحدث، ذلك أن **كل الجسيمات الجديدة غير مستقرة**، ففور أن تتكون فإنها تضمحل/ تتحلل Decay - في جزء من الثانية - **وتتحول إلى المادة التقليدية:** نيوترونات، بروتونات، إلكترونات، نيوترينوات؛ كيف يحدث ذلك؟

الجسيمات المُخَلَّقة والجسيمات التقليدية: تأثيرات متبادَلة[1]

لمعرفة كيف تضمحل الجسيمات الجديدة إلى المادة التقليدية، علينا أن نعرف شيئًا عن كيف تتفاعل الجسيمات الجديدة مع جسيمات المادة التقليدية، خاصة وأنه توجد أشكال مختلفة من التفاعلات Interactions أو من القوى Forces بين هذين النوعين من الجسيمات[2] ومن أجل أن نفهم هذه التفاعلات/ القوى/ التأثيرات نحتاج إلى أن نقف وقفة مع قوى الطبيعة الأربع:

قوى الطبيعة الأربع، ومكمن السر

يبدأ ستانارد شرحه لقوى الطبيعة الأربع بـ **«قوة أو تأثير الجاذبية»** التي تعمل بين جميع جسيمات وأجسام المادة. إن الجاذبية هي أضعف القوى الأربع! ربما بدا ذلك غريبًا، إذ إننا معتادون على الجاذبية القوية التي تمسك بنا على سطح الأرض، وتمسك الأرض في مدارها حول الشمس، كما نقابلها في قوة الامتصاص الهائلة للثقوب السوداء.

---

(1) ينبغي لفهم هذه العلاقة الانتباه إلى أن بعض الجسيمات المخلقة في المسرعات النووية ليس جديدًا تمامًا، بل يتكون في الطبيعة ويمارس تأثيراته على جسيمات المادة التقليدية ثم يضمحل دون أن نستطيع رصده. ولعل من أهم إنجازات المسرعات النووية أنها مكنتنا من رصد هذه الجسيمات المخلقة الموجودة في الطبيعة، مما مكننا من فهم الكثير عن سلوك جسيمات المادة التقليدية.

(2) يُستخدم مصطلحا «تفاعل» و«قوة» لوصف تأثير جميع الجسيمات على بعضها البعض، وليس فقط تأثير الجسيمات المخلقة على حركة الجسيمات التقليدية، الذي هو التأثير المباشر للقوى، ولكن نقصد أيضًا التأثير الذي يغير من هوية الجسيمات.

الحقيقة، إن **القوى الكهرومغناطيسية** أقوى كثيرًا من الجاذبية، و إن كنا لا نحس بها فذلك لأنها توجد على هيئتين متعادلتين، سالبة وموجبة، وهذا يؤدي ليس فقط إلى تجاذب ولكن أيضًا إلى تنافر. إن قوة الجذب الكهربائي التي تمسك بالإلكترونات حول النواة أقوى كثيرًا من قوة الجاذبية بينها، لكن تأثير هذه القوى الكهربائية خارج الذرة يكون ضعيفًا للغاية، لأن تأثير شحنات النواة الموجبة والإلكترونات السالبة **يلغي أحدهما الآخر. أما تأثير الجاذبية فلا يلغيه شيء**، بل هو تراكمي، لذلك فالجاذبية هي التي تمسك الأرض حول الشمس وليست القوة الكهربائية. لكن قوة الجاذبية الضعيفة تصبح لا قيمة لها في دراسات تصادمات الطاقة العالية على المستوى تحت الذري.

وفي نفس الوقت، لقد جعلتنا دراسة القوة الكهربائية ندرك أنها وحدها لا تفسر ما يحدث في التصادمات عالية الطاقة، وذلك لأسباب؛ أبسطها وأوضحها أن بعض الجسيمات المشاركة في هذه التصادمات لا شحنة لها، وبالتالي لا تتأثر بالقوى الكهربائية، لذلك علينا أن نبحث عن قوى أخرى تؤثر فيها.

إنها **القوة النووية القوية**، التي ذكرنا من قبل أنها تمسك بمكونات النواة. إن هذه القوة - بسبب شدتها - تعمل سريعًا إذا دخل جسيم في مجالها. فمثلًا؛ ينطلق مقذوف البروتون في المسرع بسرعة قريبة من سرعة الضوء (3×10^8 في الثانية)، ومن أجل أن يُنتج «البروتون المقذوف» جسيمات جديدة فإنه يحتاج لأن يتفاعل مع مكونات «البروتون الهدف» أثناء عبوره من أحد جانبيه إلى الجانب الآخر (مسافة 10^{-15} متر) ويستغرق ذلك 10^{-23} ثانية. إن هذا المثال يبين مدى شدة وسرعة تأثير القوة النووية القوية.

أدركنا حتى الآن، أننا في فيزياء الطاقات العالية، نتعامل مع القوة النووية القوية وأيضًا القوة الكهربائية[1]، لكن هناك قوة ثالثة؛ إنها هي المسئولة عن اضمحلال/ تحلل Decay الجسيمات التي تكونت من المصادمات، وهي نفس القوة المسئولة عن اضمحلال النظائر المشعة مع تحول النيوترون إلى بروتون و إلكترون ونيوترينو، إنها ما نعرفه باسم **«القوة النووية الضعيفة»** Weak Neuclear Force. وقد أُطلق عليها القوة الضعيفة لأن حدوث تأثيراتها يستغرق وقتًا طويلًا نسبيًّا. فإذا كانت القوة القوية تستغرق 10^{-23} ثانية

(1) ذكر ستاندارد منذ قليل أن قوة الجاذبية لا قيمة لها في دراسات تصادمات الطاقة العالية على المستوى تحت الذري.

لتمارس تأثيرها، فالقوة الضعيفة التي تسمح للبيون المشحون بالاضمحلال تستغرق 10^{-8} ثانية.

هكذا تصبح **«الفترة المطلوبة للتأثير»** هي أحد الفوارق بين القوة النووية القوية والضعيفة. فرق آخر؛ إذا كانت القوتان تتبعان قوانين المحافظة على الشحنة الكهربائية، فإن القوة الضعيفة لا تلتزم بقوانين المحافظة الأخرى (الغرابة - الفتنة - القمة - القاعدة) وهي السمات الجديدة للجسيمات المخلقة التي كشفتها تصادمات الطاقة العالية. وهنا مربط الفرس، فمن خلال هذه الخاصية التي تميز الجسيمات المخلقة **(عدم التزام القوة النووية الضعيفة بقوانين المحافظة الجديدة)** يتم اضمحلال هذه القوة لتعود الجسيمات المخلقة إلى أصلها من جسيمات المادة التقليدية (البروتونات والنيوترونات).

عهد جديد للبشرية، ومنهج جديد

يا الله... بينما أتابع طرح ستانارد لهذا المبحث في كتابه «نهاية الاكتشاف»، انتابتني «رعدة»، ما هذا؟!!! لقد صرنا نحيا في عالمٍ مختلف!!!

إن البشرية قد دخلت عهدًا جديدًا؛ لقد صار لدينا أكثر من 200 جسيم جديد، كما أصبح لدينا سمات جديدة للمادة، وهذا كله يتحكم فيه أربع قوى. لقد أصبحنا في **متاهة جحا**!

قد تقول، ولِمَ هذا الصداع؟ إذا كانت الجسيمات الجديدة غير مرصودة في الظروف الطبيعية، وكانت تختفي فور تكونها، فلن يكون لها تأثير علينا، فلم لا ننساها ونهتم بجسيمات وخواص المادة التقليدية التي نتعامل معها على مدار الساعة؟ لماذا لا نكتفي ببروتوناتنا ونيوتروناتنا العجوز الطيبة؟

لا، لا نستطيع فعل ذلك، لقد أصبحت الجسيمات الجديدة المحيرة واقعًا، وهي في نفس الوقت **بنات عمومة لصيقة الصلة بمادتنا التقليدية**. وعلينا أن نستغل الموقف؛ فمثلما نتعرف على سمات شخص من خلال خبرتنا بعائلته القريبة، ألا يمكن أن تقدم دراسة البروتونات والنيوترونات في ضوء الجسيمات الجديدة **مفتاحًا لفهم طبيعة مادتنا التقليدية ومعرفة البنية الداخلية لجسيماتها وتفسير القوى الطبيعية المؤثرة فيها**؟ كيف ذلك؟

إن الإجابة عن هذا السؤال تحتاج لخبرة ستانارد المتخصصة:

الجسيمات المُخَلَّقة
تكشف أسرار المادة التقليدية

لعل من أكبر إبداعات علماء الكيمياء ما قام به الكيميائي الروسي الكبير ديمتري مندليف، حين نجح في تصميم **الجدول الدوري للعناصر الذرية**. لقد قسم مندليف العناصر الكيميائية إلى مجموعات تبعًا لتماثل خصائصها. في البداية، لم تكن كل المجموعات مكتملة، إذ كانت فيها فراغات، فاستنتج مندليف بعبقرية أن الفراغات تمثل عناصر لم تُكتشف بعد، وتوقع سمات هذه العناصر من خلال موضعها في الجدول، وكان مصيبًا في توقعاته.

وفي خلال المقارنة بما أنجزه مندليف، يقدم لنا ستانارد عرضًا ماتعًا للبنية الأولية للذرة كان مفتاحه التوصل إلى تصنيف «النماذج المتماثلة»:

تصنيف النماذج المتماثلة

في العام 1962، وفي لمحة عبقرية مشابهة إلى حد كبير لما فعل مندليف قبل قرن من الزمان، توصل كل من **موراي جل - مان**[1] (شكل - 46) و**يوڤال نيمان**[2] (شكل - 47) (بشكل مستقل في البداية) إلى طريقة لتصنيف الجسيمات تحت الذرية تكشف طبيعتها. لقد اختارا الجسيمات التي تشترك في سمة معينة، ثم صنفاها بيانيًّا تبعًا لسمتين أخريين، عندها برزت الجسيمات ذات السمات المتماثلة، والتي يمكن أن نطلق عليها «نماذج Su3 patterns = Su3»[3].



(شكل - 46)
موراي جل - مان

وكما حدث مع مندليف، وجد العالمان فراغًا في أحد

(1) Muray Gell - Mann: الفيزيائي الأمريكي الحاصل على جائزة نوبل في فيزياء الجسيمات الأولية عام 1969. ولد عام 1929.
(2) Yuval Ne'eman: (1925 - 2006) أستاذ الفيزياء النظرية ووزير العلوم والتنمية في فلسطين المحتلة.
(3) Su: Special Unity الوحدة الخاصة.
3: التماثل الثلاثي، إذ يحتفظ النموذج بهيئته كلما أدرناه بمقدار ثلث دائرة (120°).



(شكل - 47)
يوفال نيمان

نماذجهم البيانية، يتطلب شغلهُ افتراض وجود جسيم سالب الشحنة (ولا يقابله نمط موجب الشحنة ولا متعادل) وأن يحمل (3 -) وحدات من الغرابة (3 unties of strangeness -)، فاستنتج العالمان - بشجاعة - وجود مثل هذا الجسيم وأسمياه Ω^- (Omega - minus سالب أوميجا). وبالفعل تم اكتشاف هذا الجسيم بهذه السمات فيما بعد، وكان ذلك انتصارًا كبيرًا لنظام Su لتصنيف الجسيمات.

كذلك فإن لجدول مندليف أهمية تفوق أنه طريقة عملية لتصنيف العناصر واكتشاف المجهول منها، ذلك أنه أشار إلى احتمالية أن تكون البنية الداخلية للعناصر هي المسئولة عن العلاقات التي لاحظها بينها، وقد طرح ذلك فكرة أن تكون العناصر هي تشكيلات لنمط بنيوي مشترك: نواة مركزية تحيطها إلكترونات.



(شكل - 48)
مان وجورج زويج

وفي نفس الاتجاه، وفي العام 1964، اقترح موراي جل - مان وجورج زويج[1] (شكل - 48) **أن التماثل والصفات المشتركة بين الجسيمات الجديدة هي انعكاس لبنيتها الداخلية**، أي أن تكون الـ 200 جسيم (أو أكثر) ليست جسيمات أولية (كما كان الاعتقاد من قبل) لكنها تتكون من بنى أولية أعمق، أطلقا عليها اسم **الكواركات**[2] Quarks (شكل - 48)، وقد اعتبراها جسيمات نقطية ليست لها بنية داخلية من كيانات أدنى.

(1) George Zweig: الفيزيائي الأمريكي روسي المولد، تدرب تحت إشراف ريتشارد فينمان، ثم أصبح مهتمًا بالبيولوجيا العصبية. ولد عام 1937.

(2) كوارك، كلمة ذات أصل ألماني، تشير إلى أحد منتجات الألبان، وتعني أيضًا «القمامة».

الكواركات
لبنات نواة الذرة

في سبعينيات القرن العشرين، تم إثبات أن الكواركات هي بنى أساسية أولية لا تتكون من وحدات أصغر منها، وأنها هي البنى الأساسية لبروتونات ونيوترونات نواة الذرة، كما ثبت أنها تشارك في بنية بعض الجسيمات المخلقة.

فيما بعد، ثبت أن هناك **ستة أنواع من الكواركات**[1]، لكل منها سماتها المميزة. أحدها - مثلًا - يحمل وحدة غرابة واحدة، ومن ثم فهو يضفي على الجسيم الذي يحتويه سمة **«الغرابة»**. وبالمثل، هناك كوارك يحمل وحدة «فتنة» Charm ويكون موجودًا في الجسيمات التي تتسم بهذه السمة. وينطبق هذا أيضًا على سمتي «القمة» top و«القاع» bottom وهكذا. ولما كانت **البروتونات والنيوترونات** لا تتسم بأي من هذه السمات الأربعة الجديدة، عرفنا بالتالي أنها لا تحتوي على هذه الأنواع الأربعة من الكواركات.

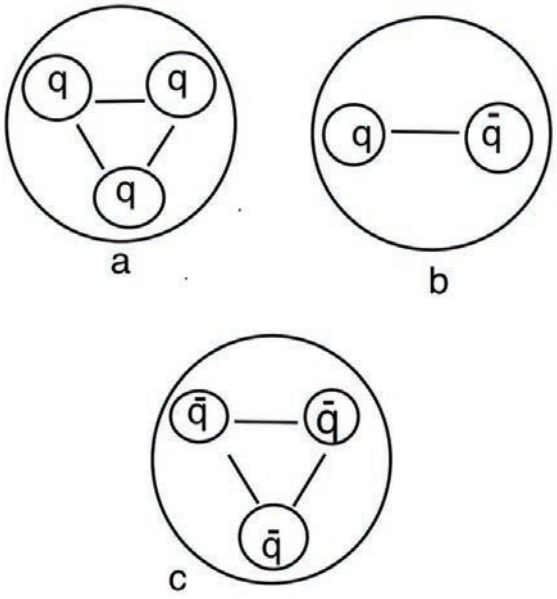
وبالإضافة إلى هذه الكواركات الستة، توجد **مضادات الكواركات** Antiquarks. وقد كشفت نماذج Su3 أن الجسيمات الجديدة التي تبزغ من التصادمات عالية الطاقة تتكون من أحد نمطين: إما من 3 كواركات (q,q,q) مرتبطة ببعضها، مثال ذلك البروتونات والنيوترونات و Ω^-، ومن ثم فإن البروتون المضاد يتكون من $(\bar{q},\bar{q},\bar{q})$. والنمط الثاني أن تتكون الجسيمات من زوج من كوارك ومضاد كوارك $(q,\bar{q})$ ومن هذه الجسيمات البيونات (شكل - 49).

وفي العام 1963، اقترح الفيزيائي الأمريكي أوسكار جرينبرج O. Greenberg وجود ألوان مميزة للكواركات (لكل كوارك ثلاثة ألوان) وأمكن بهذا الطرح حل الكثير من المشكلات التي اعترضت نموذج «جيلمان» للكواركات. ونشأ بذلك علم جديد يعرف باسم **«ديناميكا اللون الكوانتية»** أو **«الكروموديناميكا الكمومية** Quantum Chromodynamics - QCD».

وفي هذا العلم، يكون للكواركات الستة أضداد تشبهها ولكن بإشارة مخالفة Antiquark

(1) أنواع الكواركات الستة هي: الفوقي up - التحتيdown - الغريب Strange - الفاتن Charm - القمة Top - القاعي bottom. وتسمى كل سمة من هذه السمات: نكهة Flovour.

فيصبح العدد إثني عشر كواركًا وضديده، ثم تأخذ كلٌّ منها ثلاثة ألوان مختلفة لتنتج **ستة وثلاثين كواركًا** أو عضوًا في عائلة الكواركات. وهذه الكواركات قادرة على تشكيل مئات الجسيمات الأساسية التي تم الحصول عليها في المسرعات النووية.



شكل - 49

التركيبات المحتملة من الكواركات (q) ومضادات الكواركات ($\bar{q}$)

a) جسيم يتكون من 3 كواركات (مثل البروتون والنيوترون)

b) جسيم يتكون من كوارك ومضاد كوارك (مثل البيون)

c) جسيم مضاد يتكون من 3 مضاد كوارك (مثل مضاد البروتون)

لماذا لا توجد كواركات حرة؟!

قوة اللون

توصلنا بفضل أبحاث الفيزياء عالية الطاقة إلى أن الكواركات هي البنى الأساسية لبروتونات ونيوترونات الذرة وأيضًا لبعض الجسيمات المخلقة، ولكن بالرغم من الجهود البحثية المضنية في أقوى مسرعات الجسيمات لم يتم رصد كوارك واحد حر!!! مما دفع

البعض لاعتبار أن **الكواركات ليست موجودات حقيقية** لكنها **مجرد قيم رياضية**، أي تَخَيُّل مفيد ساعد في حل معضلة فيزيائية رياضية. وبالرغم من أن نماذج Su3 كانت تتماشى مع جسيمات تتكون من الكواركات لكن ذلك لا يقوم كدليل على وجود الكوارك، فيمكن الاعتراض بأن الجسيمات تسلك «كأنها» تتكون من كواركات دون أن يكون للكواركات وجود حقيقي!!!

ولكن، والحمد لله، لم يتركنا ستانارد في حيرتنا؛ فها هو يخبرنا بأن العلم قد توصل إلى الدليل على أن **الكواركات موجودات حقيقية**. ويصف ستانارد التوصل لهذا الدليل قائلًا؛ وكأن التاريخ يعيد نفسه! ففي عام 1911 أثبت لورد راذرفورد وجود نواة الذرات من خلال قذف الذرات بمقذوفات جسيمات ألفا[1]، ولاحظ أن بعضها يرتد بزوايا واسعة، مما يعني أن المقذوف قد اصطدم بهدف مركزي (النواة) داخل الذرة. وبالمثل، في عام 1968، أصبح متاحًا أن نقذف البروتونات بالإلكترونات عالية الطاقة، وقد تجمعت الدلائل على أن هذه **الإلكترونات تنحرف أحيانًا انحرافات جانبية واسعة**، مما يعني أن مسارها قد تأثر بشحنة كهربائية صغيرة مُرَكزة داخل البروتون، وكان ذلك دليلًا على الوجود الحقيقي للكوارك، ومن خلال دراسة معدل هذه الانحرافات أدركنا أن هناك 3 كواركات داخل البروتون.

بعد أن بَيَّنَ لنا ستانارد الدليل على حقيقية الكوارك، أصبحنا في مواجهة السؤال الأصلي؛ **لماذا لا نرصد كواركًا حرًا؟**

يقدم لنا ستانارد التفسيرات المحتملة لذلك فيقول: نعلم أن القوة الكهرومغناطيسية هي المسئولة عن جذب الإلكترون سالب الشحنة الكهربائية إلى بروتون نواة ذرة الهيدروجين موجب الشحنة. وقياسًا على ذلك، قال العلماء بوجود نوع جديد من الشحنة يحملها الكوارك تكون مسئولة عن ربط الكواركات ببعضها. وإذا كان العلماء قد أسموا هذه الشحنة بـ «**شحنة اللون** Color Charge»، فإن القوة التي تربط بين الكواركات هي «**قوة اللون** Color Force».

إن «**قوة اللون**» تلقي الضوء على طبيعة «**القوة النووية القوية**» التي تربط البروتونات والنيوترونات داخل نواة الذرة، والمسئولة عن مقاومة التنافر الكهربائي بين شحنات البروتونات

(1) ثبت فيما بعد أن جسيمات ألفا هي نواة ذرة الهيليوم، التي تتكون من بروتونين ونيوترونين.

الموجبة، ومن ثم تجعل النواة متماسكة تمامًا. لندرك آلية ذلك، استحضِر كيف تتجاذب الذرات المتعادلة كهربائيًّا لتكون جزيئات؛ يرجع ذلك إلى أن الإلكترونات السالبة في إحدى ذرات الجزيء تعيد تنظيم نفسها بحيث تنجذب جزئيًّا للنواة الموجبة للذرة الأخرى، وبذلك تترابط ذرات الجزيئات ببقايا القوة الكهرومغناطيسية التي يصل مداها إلى خارج الذرات. بنفس الطريقة، تنتظم الكوراكات المكونة للجسيم النووي (البروتونات والنيوترونات) بحيث يمتد تأثير قوة اللون التي تربط كواركاته إلى خارجه لتربطه بكواركات باقي جسيمات النواة. لذلك نعتبر أن القوة النووية القوية التي تربط الجسيمات النووية هي من مظاهر «قوة اللون» القوية الأساسية التي تربط بين الكواركات.

ولقوة اللون سمة مهمة عجيبة؛ فإذا كانت القوتان الكهربائية والجاذبية تتناقصان مع تباعد الجسيمات فإن قوة اللون بين الكواركات تظل ثابتة مع تباعدها، وقد تكون هذه السمة هي التي تفسر عدم وجود كواركات منفردة.

تفسير آخر يقدمه ستاندارد لعدم إمكانية الحصول على كواركات حرة في الطبيعة. فبالرغم من أن الكوارك يمكن دفعه ليصبح حرًّا خارج البروتون (مثلًا) فإن ذلك يتطلب مصادمته بطاقة عالية للغاية من أجل فصل الرابطة القوية التي تربطه بالكواركين الآخرين، إن هذه الطاقة لن تُطلق كواركًا فحسب لكنها ستنتج أيضًا زوجًا من كوارك ومضاد كوارك، وسيلتحم كوارك هذا الزوج مع الكواركين الباقيين في البروتون المطروق فينتج بروتونًا مرة أخرى، بينما يتعادل الكوارك المضاد بالكوارك الذي انطلق من المصادمة ليُكَوِّن ($q,\bar{q}$). ومن ثم تكون النتيجة النهائية هي إنتاج جسيم البيون Pion وليس انطلاق كوارك حر.

إذا كان ستاندارد في هذا المبحث قد قدم التفسيرين المحتملين لعدم وجود كواركات حرة في الطبيعة، فإنه في نفس الوقت عرَّفنا بـ **«قوة اللون»** المسئولة عن القوة النووية القوية التي تربط الجسيمات النووية داخل الذرة.

بنى غير كواركية
الليبتونات

رأينا فيما سبق، أن **الكواركات** هي اللبنات الأساسية للجسيمات النووية (البروتونات والنيوترونات)، كما تشارك في بعض الجسيمات المخلقة، لكن ليست كل الجسيمات تتكون من كواركات.

إن الجسيمات التي تتكون من كواركات نطلق عليها اسم **«هادرونات** Hadrons»[1]، وترتبط كواركات الهادرونات ببعضها عن طريق القوة النووية القوية. وبالإضافة إلى الهادرونات، هناك أيضًا جسيمات أساسية أخرى - كالإلكترون والنيوترينو - لا تتكون من كواركات ومن ثم لا تستشعر القوة النووية القوية، وهذه نطلق عليها اسمًا جامعًا هو (**ليبتونات** Leptons) ويعني «خفيف Light».

وبالتالي أصبح لدينا مجموعتان رئيسيتان من الجسيمات الأساسية: الهادرونات والليبتونات، كلاهما يستشعر القوة النووية الضعيفة وقوة الجاذبية، وإذا كانت هذه الجسيمات ذات شحنة فإنها تستشعر أيضًا القوة الكهرومغناطيسية. أما الهادرونات فهي فقط (وليس الليبتونات) التي تستشعر القوة النووية القوية الناتجة من قوة اللون بين الكواركات التي تكونها.

اقتربنا من فهم
بنية المادة

يلخص ستاندارد العرض السابق في أن لدينا **ستة أنواع رئيسية من الكواركات**، التي هي جسيمات أساسية لا تتكون من بنى أصغر منها، وهي التي تكون **الهادرونات**.

(1) الهادرونات كلمة تعني قوي، ومنها جاء اسم أكبر مسرِّع للجسيمات النووية وهو «مصادم الهادرونات الكبير» في سيرن في سويسرا.

وهناك أيضًا **ستة «ليبتونات»**، وهي أيضًا جسيمات أساسية كالكواركات: وهي الإلكترون (e) وجسيمان آخران مشحونان أيضًا؛ هما: ميون[1] μ = muon وتو[2] τ = tau

ولكلٍ من هذه الليبتونات الثلاثة (الإلكترونات والميونات والتوات) **النيوترينو** المقابل لها، بذلك يكون هناك ستة ليبتونات.

وهذه الجسيمات الأساسية الـ 12 تنقسم إلى ثلاث مجموعات، كل مجموعة منها تتكون من **أربعة جسيمات أساسية**: حيث تتكون كل مجموعة من: 2 كوارك + ليبتون + النيوترينو المصاحب لليبتون، وتسمى كل مجموعة **«جيل** Generation» (جدول - 1).

جدول - 1

الأجيال الثلاثة من الجسيمات الأساسية (1 - 2 - 3)

Generations	1	2	3
كوارك Quarks	u d	c s	t b
ليبتون Leptons	e	μ	τ
نيوترينو Neutrino	ν_e	ν_μ	ν_τ

يشتمل كل جيل على:

- 2 كوارك
- ليبتون مشحون (إلكترون e - ميون μ - تو τ)
- النيوترينو المصاحب لليبتون المشحون (ν)

ويمكننا تلخيص **جوهر ثورة فيزياء الجسيمات**، في أننا كنا نظن أن أهمية فيزياء الطاقة العالية تقف عند أنها تطلعنا على عدد الهادرونات (الجسيمات الكواركية) التي

(1) muon: جسيم أولي يشبه الإلكترون لكن كتلته أكبر 200 مرة وله شحنة كهربائية (- 1) ومقدار غزله 1/2.

(2) tau: جسيم أولي يشبه الإلكترون لكن كتلته أكبر منه 3520 مرة، له شحنة كهربائية (- 1) ومقدار غزله 12.

يمكن أن تتشكل بالتصادمات، ثم ثبت أن هذه ليست هي الفائدة الأهم بعد أن أدركنا أن هناك عددًا غير محدود لطرق تَجَمَّع الكواركات يتوقف على مستوى الطاقة العالية التي نستخدمها. أما الإنجاز الأكبر، فهو أن هذه الفيزياء قد **مكنتنا من معرفة المكونات الأساسية للمادة**. وكانت المفاجأة عندما أدركنا أن هناك ثلاثة أجيال من الجسيمات الأساسية. لكن؛ كيف ولماذا اعتبرناها أجيالًا ثلاثة وما دلالة ذلك؟ هذا هو السؤال المحوري حقًّا.

لماذا ثلاثة أجيال؟!

يخبرنا ستاندارد، أن الأمر المحير هو أن **المادة التقليدية** الموجودة حولنا تتكون من جسيمات الجيل الأول؛ نوعي الكوارك (u - d) المكونين للنيوترونات والبروتونات[1] مع الإلكترون. كم تكون الطبيعة بسيطة ومريحة لو توقفت عند هذا الحد.

هل يمكن أن نعتبر أن الجيلين الآخرين هما أقل أهمية، باعتبار أنهما يشكلان المادة غير المستقرة؟

لا.. مطلقًا.. إن الأمر ليس بهذه البساطة... ويستطرد ستاندارد شارحًا المعضلة:

إن السمة المميزة لجسيمات الجيل الأول التي تنبني منها مادتنا أنها **تشتمل على الكواركين الأخف**، بينما تكون كواركات الجيلين الآخرين (التي تحمل سمات الغرابة والفتنة والقمة والقاع) هي الأثقل. وكلما كان الكوارك أثقل كان أكثر قابلية للتحلل إلى كواركات أخف مع انطلاق الطاقة الزائدة، لذلك **كان طبيعيًّا أن تنبني المادة المستقرة من الكواركات الأخف.**

دعنا الآن نبادل المواقع، إذا افترضنا أن كوارك الغرابة (مثلًا) هو الأخف، فإن كل مادة الكون ستكون من هادرونات الغرابة الأخف، وفي هذه الحالة كنا سنعتبر أن بروتوناتنا ونيوتروناتنا الحالية هي من الجسيمات الأثقل غير المستقرة، وأنها يمكن أن تتحلل إلى مادة «الغرابة» الأخف المعتادة!

(1) يتكون كلٌّ من البروتون والنيوترون من ثلاثة من هذين النوعين (u - d) من الكواركات، فنجد أن:
البروتون يتكون من: uud
النيوترون يتكون من: udd

يبين هذا التصور الافتراضي أن خصوصية هادرونات البروتونات والنيوترونات الحالية هي أنها الأخف، وكان يمكن أن تتبادل الموقع مع الهادرونات المخلقة في المسرعات إن كانت هذه هي الأخف. معنى ذلك أننا أمام ثلاثة أجيال من الجسيمات تتشابه في الأهمية ويمكن أن تتبادل المواقع، و هذا يعود بنا إلى السؤال الملغز:

لماذا توجد ثلاثة أجيال من الجسيمات؟

الإجابة؛ **لا ندري حتى الآن**... وعلى الذين يتبنون أن الكون قد نشأ بالصدفة، أن يضيفوا إلى قائمة المصادفات السعيدة صدفة جديدة!

قوى الطبيعة والوسيط الثالث

يتكون الوجود المادي من كيانين؛ جسيمات المادة والقوى التي تربط بينها. وقد ناقشنا فيما مضى من الفصل بنية المادة (التقليدية والمخلقة) وعرفنا سمات الجسيمات التي تتكون منها، وهذا يفتح الباب للسؤال عن **طبيعة القوى التي تربط بين هذه الجسيمات.**

مختصر الأمر، أنه كما قامت فيزياء الكوانتم على أن «الطاقة» تصدر على هيئة كَمَّات وليس كسيالٍ مستمر، ففي إنجاز مهول مماثل، أطلعتنا أبحاث مسرعات الجسيمات النووية على أن **تأثير «القوى» المتبادل بين جسيمين يتم من خلال تبادل جسيم ثالث وسيط** The exchange of an intermediary third particle.

عودة إلى بحر الجسيمات الافتراضية

يبدأ ستانارد استعراض هذا الإنجاز العظيم بما ذكرناه عند مناقشة مصدر الطاقة المظلمة ، من أن ما أسميناه «**المكان الفارغ**» هو في الأرجح بحر من الجسيمات الافتراضية التي تقفز إلى الوجود وتخرج منه دون أن نستطيع رصدها، ويحدث ذلك تبعًا لمبدأ هيزنبرج للاحتمية الذي يسمح باستعارة قدر من الطاقة لفترة محدودة. إن هذا التقلب في الطاقة لا يشارك في تشكيل رؤيتنا للمكان فحسب، بل وأيضًا رؤيتنا للجسيمات تحت الذرية كالإلكترون.

ففـي إطار **مفهوم الجسـيمات الافتراضيـة**، أصبحنا ندرك أن **الإلكـترون المنفرد** ليس مجرد جسـيمًا مسـتقرًّا في المكان لا يفعل شـيئًا؛ إنه يبعث فوتونًا تلو الفوتون طوال الوقت ثم يعود لامتصاصه فورًا لذلك لا نرى ضوءًا، بذلك فالإلكترون يشـبه **البلياتشـو** الذي يلقي بالكرات ثـم يتلقفها مرة أخـرى. إن الطاقة مطلوبة لإنتاج هذه الفوتونـات الافتراضية سريعة الزوال، وهذه الطاقة يبثها الإلكترون ثم يستردها فورًا في إطار مبدأ اللاحتمية[1].

الفوتون.. وسيط القوة الكهربائية

من خلال فعل البلياتشو (إصدار الفوتونات وامتصاصها) يمكننا فهم القوى التي تربط بين الجسـيمات المشحونة كهربائيًّا. ويوضح ستانارد ذلك بتأمل ماذا يحدث لو مر إلكترون بجوار إلكترون آخر؟

في هذه الحالة، سيشـارك البلياتشـوان في عرض السيرك، إذ **سـيتبادل الإلكترونان الكرات**؛ فالفوتـون الـذي يبثه كل إلكترون يمتصه الإلكـترون الآخر القريب. إنه «تبـادل الفوتونات Photons Exchange» هو الذي يسمح لأي **جسيمين مشحونين** - كالإلكترونات - أن يؤثرا في بعضها البعض من خلال **القوة الكهربائية** Electric force.

ولبيـان ذلـك، يمكننا تصور إلكـترون (1) الذي يبعث فوتونًا وسـيطًا كالمقـذوف في اتجاه إلكترون (2)، عندها سيرتد Recoid الإلكترون (1) للوراء (كالمسدس الذي يطلق رصاصته). وعندما يستقبل إلكترون (2) هذا الفوتون فإنه سيكتسب زخمه (طاقة تحريكه) ويرتد بعيدًا عن الإلكترون (1). وتكون المحصلة أن يتباعد الإلكترونان، ويتكرر أمر الفوتون الوسـيط مـرة أخرى وأخرى، فيتباعد الإلكترونان أكثر وأكـثر، هكذا يحدث **التنافر بين الإلكترونين** سالبي الشحنة الكهربائية.

ملخص الأمر، أن هذا الجسيم الوسيط (الفوتون) الذي يستعير طاقته من الإلكترون (1) لا يردها إليه (كما يحدث مع البلياتشـو المنفرد)، لكن يتم انتقاله إلى الإلكترون (2) حيث يسدد الطاقة التي سبق أن استعارها منه الفوتون الذي استقبله الإلكترون (1)، وهكذا.

(1) نقوم بدراسة هذا المعنى بالتفصيل في الفصل التالي.

هذا هو تفسير قوى التنافر بين جسيمين متشابهين في الشحنة الكهربائية (مثل إلكترونين) من خلال جسيم وسيط، فماذا عن **قوى التجاذب بين جسيمين مختلفين في الشحنة؟** إنها تقريبًا نفس الآلية: إنه أيضًا «**الفوتون**»؛ وبدلًا من أن يقذفه البلياتشو/ الجسيم في اتجاه الجسيم الآخر، مما ينتج عنه ارتداد الجسيمين بعيدًا عن بعضهما (تنافر الإلكترونين)، ففي هذه المرة سنستخدم تشبيه «**البوميرانج الوسيط**» boomerang (قطعة خشبية ملتوية ترتد إليك عند قذفها). في هذه الحالة، سيطلق جسيم (1) الفوتون الوسيط بعيدًا عن الجسيم (2)، عندها سيدور الفوتون/ البوميرانج ويرتد إلى الناحية المعاكسة من الجسيم (2)، أي أن الجسيم (2) سيستقبل طاقة من الاتجاه العكسي تدفعه ناحية الجسيم (1). وفي نفس الوقت يقوم لاعب البوميرانج الآخر (الجسيم 2) ببث فوتون آخر بنفس الطريقة تجاه الجسيم (1)، فتكون النتيجة أن يتقارب/ يتجاذب الجسمين.

معنى ذلك، أن القوة الكهربائية (تنافر أو تجاذب) بين شحنتين تنشأ نتيجة لتبادل الجسيم الوسيط (الفوتون = حزمة ضئيلة من طاقة الضوء) بشكل متكرر بين الجسيمين المشحونين، مما يؤدي إلى تنافر الشحنات المتشابهة (مثال البلياتشو) وتجاذب الشحنات المختلفة (تشبيه البوميرانج).

الجلون.. وسيط قوة اللون

والسؤال الآن، هل طاقة اللون Colur force القوية - التي تربط الكواركات وتتسبب في القوة النووية القوية - التي تربط البروتونات - يمكن تفسيرها بنفس المبدأ؛ أي **تبادل الجسيم الوسيط بين الكواركات**؟ نعم.. إن الكواركات يتم لصقها معًا لتكون الهادرونات عن طريق تبادل جسيم أولي وسيط هو «**الجلون** Gluon» (بمعنى اللاصق) والذي توجد منه ثمانية أنواع.

هذا، وسبق أن ذكرنا أن قوة اللون القوية تختلف عن بقية القوى التي قابلتنا في مدى تأثيرها. فقوى الجاذبية والكهربائية والمغناطيسية مداها طويل، ومن ثم تعطي تأثيرات يمكن رصدها؛ كالمحافظة على الكواكب في مداراتها. أما القوة النووية القوية التي تنتج من قوة اللون فمداها لا يتجاوز الـ 10^{-15} متر، وهذا هو حجم النواة، لذلك لا تتجاوز هذه القوة حدود النواة.

القوة النووية الضعيفة

تحدثنا كثيرًا عن القوة النووية القوية، فماذا عن القوة النووية الضعيفة؟

ذكرنا من قبل، أن القوة الضعيفة هي المسئولة عن تحلل الجسيمات، ويضيف ستانارد أنها المسئولة عن تفاعلات **جسيمات النيوترينو**!. لك أن تعارض وتقول، كيف ذلك! لقد سبق أن ذكر ستانارد أن النيوترينو يكاد لا يتفاعل مع أي شيء؟ نعم، فالبلايين من النيوترينوات تنتج عن عمليات شمسية وتخترق أجسادنا كل ثانية دون أن نلاحظها، ومع ذلك فهي أحيانًا تتصادم، ونادرًا جدًّا ما تدخل في تفاعلات مع جسيمات أخرى. ولما كانت النيوترينوات لا تحمل شحنة لون ولا شحنة كهربائية، فإنها لا تمارس تأثيراتها من خلال القوة القوية ولا الكهربائية، ومن ثم ينبغي أن تمارس تأثيراتها من خلال قوة أخرى؛ إنها هي «**القوة النووية الضعيفة** Weak Nuclear Force».

من أجل أن نقترب من فهم هذه القوة، لنرجع خطوة للوراء. ففي ستينيات القرن التاسع عشر نجح ماكسويل في وضع قوانين واحدة تجمع القوتين الكهربائية والمغناطيسية (= القوة الكهرومغناطيسية). ثم تقدم **ستيفن واينبرج**[1] (شكل - 50) (1967) و**محمد**



(**شكل** – 50)
ستيفن واينبرج



(**شكل** – 51)
محمد عبد السلام



(**شكل** – 52)
شيلدون جلاشو

(1) Steven Weinberg: عالم الفيزياء النظرية الأمريكي الكبير، ولد عام 1933. حصل على جائزة نوبل في الفيزياء مشاركة مع محمد عبد السلام وشيلدون جلاشو.

عبد السلام[1] (شكل - 51) (انطلاقًا من أبحاث **شيلدون جلاشو**[2] (شكل - 52) عام 1968 خطـوة إلى الأمـام في الربط بـين القوي، حين نجحـا في الربط بين القـوة النووية الضعيفة والقوة الكهرومغناطيسـية في قوة واحدة هي Electroweak force (**القوة الكهرو ضعيفة**). قد يبدو ذلك غريبًا في البداية، فتأثيرات القوة الكهرومغناطيسـية أكثر تواجدًا ورصدًا من تأثيرات القوة الضعيفة، لكن نحن لا نعني بالضعيفة أنها أضعف من القوة الكهرومغناطيسية لكننـا نعـني أنها تعمل في مدى أقـصر، حتى أقصر من القوة النوويـة القوية المركزة في نواة الذرة (مداها 10^{-15} متر) ذلك أن مدى القوة الضعيفة هو 10^{-17} متر.

الجسيمات الوسيطة للقوة النووية الضعيفة

إن تحقيق حلم توحيد القوى الطبيعية الأربع، يتطلب أن تمارَس القوة الموحدة (شاملة القوة النووية الضعيفة) من خلال **جسـيم وسـيط**. وسـبق أن ذكرنا أن الفكرة الأساسية وراء تبادل الجسـيم الوسـيط تعتمد على مبدأ اللاحتمية لهايزنبرج؛ الذي يسمح باسـتعارة قدر من الطاقة لفترة محدودة لتكوين الجسـيم الوسـيط الذي يتم تبادله ثم يختفي. وكلما كان الجسيم الوسيط أخف كلما كان قدر الطاقة المعارة أقل وكان وقت بقائه أطول، مما يُمَكِّنه من الانتقال لمسـافة أطول بين الجسيمين.

وقد عرفنا أن الجسـيم الوسـيط في القوة الكهرومغناطيسية هو الفوتون. وتختلف الطاقة المطلوبـة لإنتاج الفوتون الوسـيط تبعًا لطول موجة الضوء الذي ينتمـي هذا الفوتون إليه؛ فكلما زاد طول الموجة كانت طاقة الفوتون الذي يحملها أقل. بالتالي، إذا اسـتخدمنا موجة طويلـة للغاية كانت الطاقة المطلوبة للفوتون في حدهـا الأدنى، وكان وقت التبادل أطول، وبالتـالي كان مدى القوة غير محـدود. وبالعكس؛ لما كان مدى القوة الضعيفة قصيرًا، فذلك يعني أن جسـيماتها الوسـيطة تكون عالية الطاقة وتقطع مسافة قصيرة قبل أن تختفي سريعًا مرة أخرى.

ويعرفنا ستانارد أن **نظرية واينبرج - سلام** قد تنبأت بأن هناك **ثلاثة من الجسيمات الوسيطة**

(1) Mohanad Abdusalam: (1926 - 1996) عالم الفيزياء النظرية الباكستاني.

(2) Sheldon Glashow: أستاذ الفيزياء النظرية الأمريكي بجامعتي بوسطن وهارفارد. ولد عام 1932.

مسئولة عن القوة الضعيفة؛ (W^+ ، W^- ، Z^o)، وقد قدما هذا التنبؤ في وقت لم نكن نعرف شيئًا عن هذه الجسيمات، لذلك نجحت النظرية نجاحًا مدويًا عندما تم اكتشافها عام 1983. لقد ظهر أن كتلة الجسيم W تعادل 85 مرة كتلة البروتون (85mp) وكتلة Z (97mp). ولا ندري سبب الاختلاف الكبير في كتلة هذين الجسيمين عن كتلة الفوتون وسيط القوة الكهربائية، بالرغم من أنهما يخدمان نفس القوة (القوة الكهرو ضعيفة).

الجسيم Z^o عنق زجاجة الليبتونات والكوراكات

إن Z^o جسيم مثير، فقد ثبت أنه غير مستقر مثل بقية الجسيمات الجديدة المخلقة. و يتوقف متوسط حياته على أنماط تحلله، فكلما زادت هذه الأنماط كان التحلل سريعًا وكانت حياة الجسيم أقصر يتحول بعدها إلى نيوترينو ومضاد نيوترينو، ومن ثم كلما كانت أنواع النيوترينو أكثر كانت أنماط التحلل المتاحة للجسيم Z^o أكثر وكانت حياته أقصر. وقد ثبت بالفعل أن عمر Z^o يتماشى مع وجود ثلاثة أنماط من النيوترينو وهذا هو عددها بالفعل، مما يسمح بوجود **ثلاثة أزواج فقط من الليبتونات** (جدول - 1).

و يربط ستاندارد بين عدد الليبتونات وعدد الكواركات، باعتبار أننا نستطيع من الملاحظة السابقة توقع عدد أنواع الكواركات: لقد عرفنا أن أزواج الليبتونات تنتظم مع **أزواج الكواركات** لتشكل أجيال الجسيمات الأولية. وبالتالي، إذا كان هناك ثلاثة أزواج فقط من الليبتونات، ستكون هناك ثلاثة أجيال، ومن ثم ثلاثة أزواج فقط من الكواركات، أي يصبح عدد الكواركات ستة فقط.

إن هذه النتيجة مهمة للغاية؛ فمن السمات المربكة للكواركات، أن كل كوارك يتم اكتشافه يكون أثقل من سابقيه، وتبعًا لما توصلنا إليه فإن كتلة الكواركات تتراوح بين 80mp, 0.002mp (mp = كتلة البروتون). و إذا كانت الكواركات الأثقل تعني هايدرونات أثقل يصعب الحصول عليها في المسرعات إذ تحتاج لطاقة أكبر، فإن ذلك يثير القلق حول **احتمال وجود كواركات أثقل لن نتمكن من رصدها** لعجزنا عن بناء المسرعات ذات الطاقة الهائلة المطلوبة لذلك. ولكن بفضل ما ذكرناه عن عمر الجسيم Z^o تلاشى القلق، إذ أصبح لدينا من الأدلة ما يكفي للاقتناع بأن **عدد الكواركات ستة فقط**، وأيضًا ما يكفي للاقتناع بأن

الكواركات جسيمات أساسية ابتدائية. ذلك أنه إذا كانت الكواركات تتكون من جسيمات أصغر (ظنوا من قبل أنها قد تتكون من بريونات Pereons) لكان لدينا عدد غير محدود من توليفاتها، أي عدد غير محدد من الكواركات، و بالتالي يكون لدينا عدد غير محدود من أجيال الجسيمات وأيضًا من النيوترينوات التي تتحلل إليها الكواركات. ولكن لما كان تحلل Z^o يُنتج ثلاثة أنماط من النيوترينوات فقط فإن ذلك يستبعد الشك في أن الكواركات تتكون من بريونات و يثبت أنها **جسيمات أساسية**.

الكتلة وجسيم هيجز

لعل من أكثر الأسئلة بداهة و إثارة لاهتمام الفيزيائيين هو؛ **كيف تحصل الجسيمات (وبالتالي المادة) على كتلتها؟** وقد أعانت الفيزياء عالية الطاقة على الاقتراب من حل اللغز. وكالعادة كلما انكشف لغز تكشفت ألغاز، فيا ترى: ماذا انكشف وماذا تكشف؟

يمهد ستانارد لعرض الأمر بطرح ثلاث ظواهر:

1) تصور كرة تتحرك خلال وسط سائل، كالماء أو العسل، في هذه الحالة ستحتاج الكرة إلى قوة لتحافظ على سرعة حركتها التي تعوقها **مقاومة (قوة) لزوجة الوسط.**

2) يمارس المجال الكهربائي قوة على الجسيم المشحون تحرفه عن مكانه؛ لذلك تنفق الجسيمات المشحونة **قوة تقاوم بها المجال الكهربائي** للمحافظة على موضعها[1]، و يعتمد مقدار هذه القوة على شدة المجال.

3) أخيرًا، تصور جسيمًا يتحرك وتتزايد سرعته (يتسارع) في فضاء فارغ، إنه يحتاج إضافة قوة للمحافظة على التسارع (العجلة)، لماذا نحتاج هذه القوة بالرغم من أن الجسيم يتحرك في فراغ، أي دون مقاومة؟ الإجابة التقليدية هي أن **الجسيم له قصور ذاتي**، بسبب كتلته، و بالتالي فهو يحتاج للقوة لتحافظ على تسارعه.

(1) لذلك تعتمد بنية مسرعات الجسيمات (مثل سيرن) على كيانين رئيسيين:
1) مجال كهربائي يدفع الجسيمات المشحونة للتسارع.
2) مجال مغناطيسي يحافظ على الجسيمات في مسارها، فلا تنحرف بسبب المجال الكهربائي.

دعنا ننظر نظرة تأملية إلى الظواهر الثلاث السابقة: إن كنا قد احتجنا لقوة لنحافظ على موضع الجسيم المشحون في المجال الكهربائي، وأيضًا لنحافظ على سرعة الكرة في الوسط اللزج، **لكن لماذا نحتاج لقوة لنحافظ على تسارع الجسيمات في الفراغ**؟!

جسيم هيجز



(شكل - 53)
بيتر هيجز

في العام 1964، قدم الفيزيائي الإسكتلندي **بيتر هيجز**[1] (شكل - 53) الإجابة عن هذا السؤال، وتبنى أنه إذا كان الفراغ لا يشتمل على مادة معوِّقة (كالظاهرة - 1)، ولا على مجال معوِّق معروف (كالظاهرة - 2)، فإنه يمتلئ بنوع آخر من المجال المعوِّق للتسارع، فلنسمه **مجال هيجز** Higgs Field.

ويشرح ستانارد الأمر قائلًا:

إن مجال هيجز (المفترض) يمارس مقاومة لتسارع الجسيم. وإذا صح هذا التصور، فينبغي وجود **جسيم وسيط لهذه القوة المقاوِمة** (مثلما ذكرنا مع القوى الكهربائية والضعيفة والملونة القوية). لذلك تم افتراض وجود «**جسيم هيجز** Higgs Particle» ليقوم بهذه المهمة. والمتوقع أن يكون ثقيلًا للغاية (120mp) على الأقل، وربما أثقل من ذلك مئات المرات. ويضيف ستانارد: يأمل البعض أن يستطيع مسارع سيرن (بعد أن تم تطويره) أن يمدنا بالطاقة اللازمة لإنتاج هذا الجسيم.

إن آلية هيجز تفسر **لماذا نحتاج إلى قوة لتُسارِع جسيمًا ذا كتلة**، وتفسر أيضًا **لماذا تتسم الأجسام والجسيمات بالقصور الذاتي**. إن هذا الموقف يطرح سؤالًا يصفه ستانارد بأنه **مشحون بالأمل**:

هل يوجد جسيم هيجز؟

ويجيب ستانارد في كتابه «نهاية الاكتشاف»: حتى كتابة هذا الكتاب، لم يكن تم العثور

(1) Peter Higgs: عالم الفيزياء الرياضية، حصل على جائزة نوبل لأبحاثه على فيزياء الجسيمات عام 2013. ولد عام 1929.

على جسيم هيجز، والأمل أن يتمكن العاملون في مسرع سيرن من أن يكتشفوه في الوقت الذي تقرأ فيه هذا الكتاب أو بعدها بقليل، وربما يظل الأمر غامضًا.

مـن الممتع - قـارئي الكريم - أن تقرأ حلمًا كبيرًا بثه أحد العلـماء الكبار في أحد كتبه، ثم يحدث أن يكون الحلم قد تحقق وقت قراءتك للكتاب.

لقـد تـم بالفعل التوصل إلى ما أُطلـق عليه **بوزون**[1] **هيجـز** Higgs boson بعد أبحاث مكثفة (2011 - 2013) في مسرع سيرن اعتمدت على تصادم بروتونين. وقد ظهر أن جسيم هيجز ليس له شحنة كهربائية ولالونية، وأنه لا يغزل، وأنه غير مستقر بل يضمحل فورًا. ولأسـباب لا اعتبار لها تعارف العوام على تسـمية الجسيم بـ **«جسـيم الإله»**! وقد حرصت على أن أعرض حلم سـتانارد كما سـجله في كتابه، حتى نحيا معه مشـاعر العلماء الفياضة تجاه أبحاثهم.

كتلة بلانك

حتى الآن لم نناقش السـؤال الذي افتتحنا به هذا المبحث؛ وهو: كيف تحصل الجسـيمات (وبالتالي المادة) على كتلتها؟. يجيب سـتانارد عن هذا السـؤال قائلًا: حتى لو اكتشـفنا جسيم هيجز، فستظل هناك مسافة تفصلنا عن تفسير مصدر كتلة الجسيمات.

اعتدنـا أن نحدد كتلة الجسـيمات بأن ننسـبها إلى بعضهـا البعض، كأن نقـول أن الليبتون تو Tau تبلغ كتلته 3520 مرة كتلة ليبتون الإلكترون. لكن، هل من وسيلة لقياس هذه الكتل بمقياس طبيعي له وجود حقيقي في الكون؟

اسـتحضِر هنـا ما ذكرناه من وجود وحـدات «طبيعية» للطول وللزمـن (وحدات بلانك)، فبنفس الطريقة قد نسـتطيع أن نؤسس وحدات «طبيعية» للكتلة (اعتمادًا على نفس الثوابت الأساسـية الثلاثة التـي اعتمد عليها بلانك في الطـول والزمن، وهي (h, c, G)، ولنسـمي هذه الكتلة «الطبيعية» **كتلة بلانك** .planck mass (mp)[2].

إن كان هـذا التصـور العبقري، والذي ربما تأخر كثيرًا عن شـقيقيه (طـول بلانك وزمن

(1) نشرح معنى مصطلح «بوزون» والفرق بينه وبين «الفيرمون» عند عرض نظرية التناظر الفائق، في نهاية الفصل.

(2) $Mp= (hc/ 2 \pi G)^{1/2} \approx 2.2 \times 10^{-8}$ kgm

بلانـك) يؤسـس لوحدة طبيعيـة لقياس الكتلـة، فإنه لم يجب عن السـؤال الذي يمثـل جدارًا استكشافيًّا صعبًا، وهو:

كيف نفسر كتلة الجسيمات؟

يبدو أننا لا نزال بعيدين كثيرًا عن الإجابة عن هذا السؤال...

النموذج القياسي/ العياري

The Standard Model

مما سـبق، يمكننا أن نلخص **نتائج أبحاث الفيزياء عالية الطاقة بخصوص طبيعة المادة**؛ فقد توصلت هذه الأبحاث إلى أن **الجسيمات الأولية والقوى العاملة بينها** تنحصر في:

أ) ستة **كواركات** وستة **ليبتونات**

ب) **13 جسيم وسيط** تتكون من: 8 جلونات، فوتون، W^+، W^- ، Z^o.، هيجز

وهذه الجسـيمات الوسـطية مسـئولة عن ثلاث من قوى الطبيعة الأربعة (الكهروضعيفة= الكهرومغناطيسية + النووية الضعيفة، القوة النووية القوية).

جـ) **الجسيمات المضادة** للجسيمات السابقة.

د) لدينا من الشـواهد ما يشير إلى **وجود جسيم وسيط لقوة الجاذبية** (قوة الطبيعة الرابعة)، وليكن اسمه (الجراڤيتون[1] Graviton).

لقد صار هذا الطرح لبنية المادة وللقوى الكهرو ضعيفة والقوية التي تربط بين جسيماتها يُعـرف بـ **«النمـوذج القيـاسي** The Standard Model» وقد تم تقديمه في بدايات سـبعينيات القرن العشرين، وتلقى الدعم الذي وَثَّق مصداقيته بعد اكتشاف جسيمي تو وهيجنز.

إنه **إنجاز هائل**، أثبت بـ **«الدليل التجريبي»** وجود الجسـيمات التقليدية والمخلقة وسماتها

(1) سنناقش الجراڤيتون في الفصل الأخير من الباب عند الحديث عن نظرية جاذبية الكوانتم.

ودورها في الطبيعة وعلاقاتها ببعضها. ومما يزيد من روعة النموذج القياسي أن هذه المعلومات سبق التوصل إليها **«نظريًّا»** بدقة، ومن ثم **يعتبر النموذج القياسي مثالًا مشرفًا لتفاعل التنظير مع التجريب**. وقد صمد هذا النموذج أمام كل الاختبارات، حتى أصبح **أفضل فهم - حتى الآن - لطبيعة المادة ولتفسير سلوكها**. لذلك أعتبر **أن النموذج القياسي يقف كتفًا بكتف مع نظريتي الكوانتم والنسبية كإحدى الدعائم الثلاث التي تقوم عليها ثورة الفيزياء الحديثة**.

وبالرغم من حجية النموذج القياسي وقدرته التفسيرية العالية في مجال فيزياء الجسيمات إلا أنه لا يزال عاجزًا عن تفسير **ثلاث معضلات تقف بينه وبين الاكتمال**:

1) معلة **عدم التماثل الباريوني**. والمقصود به تفسير عدم التوازن بين مادتنا المعتادة (المادة الباريونية) التي تتكون من ذراتنا المعتادة وبين مضادات المادة[1] (الباريون المضاد)، والذي يرجع إلى وقت نشأة الكون.

2) **تفسير الجاذبية** كما تطرحها النظرية النسبية العامة.

3) **تفسير المادة المظلمة وأيضًا الطاقة المظلمة** المسئولة عن تمدد الكون.

4) عدم القدرة على الربط بين القوى الطبيعية الثلاث في إطار **نظرية واحدة**.

وفي مواجهة هذه النشوة بهذا الإنجاز العلمي الكبير، ينبهنا المتخصص ستانارد إلى أنه من أجل أن نحقق تكامل النموذج القياسي واكتمال مصداقيته، ومن أجل أن يُصبح قابلًا للتطبيق بشكل كامل، فإنه يحتاج إلى **معرفة قيمة (19) ثابت فيزيائي** Parameter تمثل سمات هذه الجسيمات وغير معروفة حتى الآن، بل إنه ليست لدينا طريقة عملية لمعرفة مقدار الكثير من هذه الثوابت: مثل كتلة الكواركات والليبتونات ومقدار القوى بينها. إننا لا نزال في مرحلة وضع «قيم تقديرية» لهذه الثوابت في حساباتنا الفيزيائية تجعلها متماشية مع ملاحظاتنا.

لذلك يصبح من الحواجز المرتفعة التي تقيد اكتشافاتنا هو هذا السؤال:

(1) تتمثل الباريونات المضادة في كوننا الآن في: النيوترينوات، الإلكترونات الحرة، جسيمات المادة السوداء، جسيمات التناظر الفائق، الأكسيونات (جسيمات ديناميكا الكوانتم اللونية)، والثقوب السوداء.

هل يمكننا تحديد قيم الثوابت المطروحة في النموذج القياسي؟

يعتقد البعض أن الحصول على نظرية حقيقية مُرضية ينبغي أن يمكننا من تقدير هذه الثوابت بأنفسنا، لكننا لا ندري حقًّا كيف نفعل ذلك بدقة، ولا ندري عواقب نجاحنا أو عجزنا عن ذلك!

ولعل من أهم ما بشر به النموذج القياسي وشجع عليه هو دعم الحلم بالتوصل إلى نظرية التوحيد الكبرى.

فرضية التناظر الفائق

للأسباب الأربعة السابقة، خاصة العجز عن وصف القوى الطبيعية الثلاث معًا بصورة موحدة (نظرية التوحيد الكبرى)، ظهر أن النموذج القياسي غير كاف لتفسير كل شيء ويحتاج لتوسيعه، وهذا ما يحاول **«مبدأ التناظر/ التماثل الفائق**[1] Super Symmetry» - الذي يحبه الفيزيائيون النظريون - القيام به.

يخبرنا ستاندارد، أنه بالإضافة لنظرية التوحيد الكبرى **المعنية بالتوحيد بين قوى الطبيعة الثلاث** (الكهرومغناطيسية والنووية القوية والضعيفة) يسعى العلماء **لتوحيد من نوع آخر يتعلق بالجسيمات**. فإذا كان النموذج القياسي يطرح علينا **نوعين رئيسيين من الجسيمات؛ الجسيمات المشكلة للمادة** (الفيرمونات) وهي: الكواركات والليبتونات، **والجسيمات الوسيطة للقوى (البوزونات)**[2] وهي الفوتونات والجلونات وW وZ وهيجز، فإن نظرية توحيد أخرى، تسعى للتوحيد بين هاتين المجموعتين من الجسيمات وهي نظرية **«التناظر الفائق»**.

(1) التناظر هو عدم التغير في كيان بالرغم من إحداث تغيير فيه. مثلًا، لو قمنا بتدوير مربع فلن نستطيع التمييز بينه قبل وبعد التدوير، ويُسمى هذا تناظرًا تدويريًّا Rotationel Symmetry. ويوجد الكثير من حالات التناظر في الرياضيات، وهي أساس مهم جدًّا في الفيزياء النظرية. بل إن النموذج القياسي نفسه مليء بالتناظرات، لكن الفيزيائيين النظريين ذهبوا بهذا المفهوم إلى حدود أبعد، وهي التناظر الفائق.

(2) قيمة غزل البوزونات يكون عددًا صحيحًا، ولا تكون قيم غزل الفيرمونات أعدادًا صحيحة.

وتتبنى هذه النظرية، أن هذين النوعين الرئيسيين من الجسيمات ليسا مختلفين كما نظن، بل إن **لكل منها شريكًا من النوع الآخر**، أي لكل بوزون يوجد فيرمون وبالعكس، حتى إنه يمكن - في تفاعل ما - استبدال كل جسيم بشريكه الفائق Super Partner من النوع الآخر، دون الإخلال بالتفاعل، مما يعني أننا سنحصل على وضع مماثل Symmetry، ومن هنا جاء اسم النظرية.

إن ذلك - لو ثبت - يعني أن هناك نسخة أخرى من النموذج القياسي مكونة من جسيمات فائقة التناظر، كما يعني **التوحيد بين المادة وبين القوى**. كذلك يتبنى الفيزيائيون النظريون أن هذا المبدأ يعالج جوانب قصور النموذج القياسي التي ذكرناها.

لماذا هذه الفرضية؟

يخبرنا ستانارد أن الدافع الأول وراء طرح هذه النظرية هو **دافع تقني مرتبط بالتذبذبات الكمومية** التي تنتج أزواجًا افتراضية من الجسيمات. إن **الحسابات الرياضية المتعلقة بهذه التذبذبات** تدخلنا في متاهة ما لم نتوصل لقيم متناغمة للثوابت الـ 19 في النموذج القياسي والتي تحدثنا عنها منذ قليل، وهذا أمر غير محتمل بالمرة.

هنا يكمن جمال واتساق فرضية «أزواج التماثل الفائق»، إذ إنها - في حال ثبوتها - ستلغي تلقائيًّا الاحتياج المستعصي لتتناغم قيم الثوابت. كما أن الأزواج الفائقة تعتبر جزءًا مهمًّا من بنية نظرية الأوتار التي نطرحها في الفصل الأخير من الباب.

لا ينبغي أن ننبهر بهذا الجمال والاتساق، فالفرضية تمثل حائطًا اكتشافيًّا كؤودًا إذ تطرح على كل المهتمين بها السؤال:

هل سيمكننا إثبات فرضية التماثل الفائق؟
ولماذا لم نرصد - حتى الآن - أيًّا من هذه الأزواج المتماثلة؟

ربما يرجع عجزنا عن رصد أيٍ من هذه الأزواج المتماثلة الفائقة - مما يعوق إثبات الفرضية - إلى أنها أثقل كثيرًا من كل الجسيمات التي نعرفها، وقد يستطيع مسرع سيرن التعرف عليها مستقبلًا. وللأسف ليس لدينا - حتى الآن - انطلاقًا من النماذج السائدة للنظرية - طريقة

لتوقـع كتل هـذه الأزواج. ومما يزيد من قلقنا، أن ثبوت نظرية التناظر الفائق سـيضيف 105 ثوابـت إضافية مطلـوب معرفة قيمتها بالإضافة إلى الـ 19 ثابتًا التـي يتطلبها النموذج القياسي. و يبقـى أن التناظـر الفائق هو مبدأ فيزيائي، مما يعني أنه لو ثبت خطأ أحد نماذجه أو صياغاته النظرية فلن يلغي ذلك المبدأ ذاته.

نظرية التوحيد الكبرى

لعـل إحدى أهم مهام الفيزياء هـي **فهم مختلف الأحداث الطبيعيـة بطريقة موحدة**، وقد سبق أن:

1- وَحَّدَ نيوتن قوانين الميكانيكا الكلاسيكية (الأرضية والسماوية) في القرن السابع عشر.

2- وَحَّدَ ماكسـويل سلوك الكهرباء والمغناطيسية في القوانين الكهرومغناطيسية في القرن التاسع عشر.

3- وَحَّدَ آينشـتين هندسـة الزمان والمكان مع نظرية الجاذبية في نظرية النسبية العامة بين عامي 1905 - 1916.

4- وَحَّدَت فيزياء الكوانتم الكيمياء مع الفيزياء الذرية في عشرينيات القرن العشرين.

5- في عام 1979 حصل العلماء الثلاثة (عبد السـلام - وينبرج - جلاشـو) على جائزة نوبل لتوحيدهم الجزئي بين القوة الكهرومغناطيسية والقوة النووية الضعيفة.

فهل نحلم بالربط بين **القوة الكهرومغناطيسـية والقوة النووية وقوة اللون القوية (= القوة النوويـة القويـة)؟** لقد أطلقوا على النظرية الحلم التي تحقق ذلـك اصطلاح «**نظرية التوحيد الكـبرى** Grand Unification Theory GUT». كـما يعتبرون أن هـذه النظرية هي مرحلة في الطريـق إلى نظرية أخرى تحلم بضم قـوة الجاذبية إليها، ويطلقون عليها «**نظرية كل شيء** Theory Of Everything TOE».

إن التوصل إلى هذه النظرية يعني فهم التفاعلات التي تحدث بين الجسيمات تحت الذرية في إطـار واحد مما يعين على تحقيـق فهم أفضل لطبيعة الذرة. كما تعين النظرية على فهم الظروف

التـي مرت فيها مراحـل تكوين الكـون المبكرة عندما كانـت درجة حرارتـه مرتفعة جدًّا، فالأرجـح أن في هذه المرحلة **كانـت قوى الطبيعة الأربع متوحدة في قوة واحدة**. ولا شـك أن ذلك كله يعين على تحقيق فهم أفضل لطبيعة العالم الذي نعيش فيه.

ومن منطلق خبرته مع الفيزياء عالية الطاقة، يبين لنا ستانارد أن التوصل إلى نظرية التوحيد الكـبرى يعني أن **«مقدار» القوى الثلاث ينبغي أن يتسـاوى في نطاق الطاقات العالية**. ويدعم هـذا المفهوم أنـه إذا كان للقوى المختلفة مقادير مختلفة في المعمـل، فكلما زادت الطاقة (كما في المسرعـات) تَقَـارَب مقـدار القوى من بعضـه. وهناك إشـارات تؤيد تقـارب القوى؛ ففي المعمـل نجد أن القـوة القوية هي الأقوى كثيرًا (كما يشـير اسـمها)، بعدهـا القوة الأضعف (وأسـميناها أضعف باعتبار مداهـا وليس مقدارها)، ثم تأتي القوة الكهرومغناطيسـية، أما في المسرعـات؛ نجد أن مقدار القوة القويـة يتناقص، والأضعف يتناقص ببطء، بينما تتزايد القوة الكهرومغناطيسية.

وإذا كانـت نظرية التوحيد الكبرى صحيحة، فذلك يعـني أن هذه **الطاقة الهائلة المطلوبة لتوحيـد القوى** كانت موجودة في مراحـل الانفجار الكوني العظيم المبكـرة. والمتوقع أن قوى الطبيعـة الأربـع كانت متوحدة خلال زمـن بلانك بعد حدوث الانفجـار. وبانتهاء هذه الفترة القصـيرة للغاية، تمايزت قوة الجاذبيـة عن القوى الثلاث، وذلك عندما أصبحت أضعف منها، ثم انفصلـت القوة القوية عند 10^{-36} ثانية عندما انخفضـت درجة الحرارة إلى 10^{28} كلڤن، وذلك قبل أن يبدأ مباشرة طور التضخم القصير للغاية (بدأ عند 10^{-36} ثانية، وانتهى عند 10^{-32} ثانية).

استحالة تقديم الدليل التجريبي المباشر

مما سبق، يتوقع ستانارد أن نصل إلى التوحيد بين هذه القوى الثلاث عند طاقة (10^{15} GeV) التـي تعادل درجة حرارة 10^{28} كلڤن، وهي ظروف بعيدة كثـيرًا عن قدرات مسرعاتنا الحالية (والمسـتقبلية)، فأكـبر مسرع اليوم هو مصـادم الهيدرون الكبير في سـيرن، وهو يوفر طاقة مقدارهـا (1.4×10^4 GeV). إن **الفرق بين الطاقات المتاحة والمطلوبة محبط تمامًا** لمن يبحثون عـن الأدلة التجريبيـة لكل شيء، فكيف نبين تجريبيًّا أن القوى تندمج عندما نصل إلى طاقات لا نستطيع الوصول إليها؟!

وهذا يطرح السؤال الذي يبدو ألا إجابة عنه:

هل نستطيع أن نجزم بصحة نظرية التوحيد الكبرى (لو توصلنا إليها) بالرغم من أننا لا نستطيع الوصول إلى الطاقات العالية اللازمة لاختبارها تجريبيًّا؟

يبدو أن كل ما نستطيع قوله، هو أن القوى تتقارب في إطار الطاقات التي نستطيع الوصول إليها، ويكون القول بتساوي الطاقات هو «**استنتاج**» نتبنى بعده «**إيمان**» دون دليل تجريبي.

وفي مواجهة هذا العجز عن تقديم الدليل المباشر على نظرية التوحيد الكبرى، يتساءل ستانارد:

هل من دليل تجريبي غير مباشر؟

إذا كنا عاجزين - لأسباب تقنية - عن الوصول للطاقة المطلوبة لتوحيد القوى في مسرعاتنا، فهل يمكن اختبار النظرية تجريبيًّا بشكل غير مباشر في إطار طاقات أقل؟

الإجابة المدهشة التي يقدمها ستانارد هي: نعم.

دليل تحلل البروتونات

إن نظرية التوحيد الكبرى لا تعني توحيد القوى فحسب، لكنها تعني أيضًا **توحيد الكواركات والليبتونات**. استحضر ما ذكرناه من أن الليبتونات تختلف عن الكواركات في أنها لا تتأثر بالقوة القوية، وهذا الفرق سيتلاشى إذا ثبت أن القوة الضعيفة والقوية هما مجرد مظهرين لقوة واحدة (كما تفترض نظرية التوحيد). عندما يسقط هذا الحد الفاصل بين القوتين، يمكن للكواركات أن تتحول إلى ليبتونات وبالعكس، إن ذلك يعني أن البروتونات الكواركية يمكن أن تتحلل؛ فتتحول مثلًا إلى بوزيترون (مضاد الإلكترون) مع بيون متعادل.

انطلاقًا من هذا التوقع، تصبح **محاولات رصد تحلل البروتون** كدليل غير مباشر على النظرية مهمة للغاية. وللتحقق من ذلك، تم تصميم جهاز الرصد Super kamiokande الموجود على عمق 1000 متر تحت الأرض في اليابان، وهو عبارة عن أسطوانة قطرها 39 مترًا وارتفاعها 41 مترًا وتحوي 50.000 طن من الماء النقي للغاية؛ إنه يحتوي على (7.5×10^{33}) بروتون، ولكن

حتـى الآن لم يتـم رصد تحلل بروتـون واحد في هذا الجهـاز. وحتى لو بنينا جهـازًا أكبر من هـذا (غير متوقع إطلاقًا) فلن نرصد تحلل بروتون واحد، ذلك أن عمر البروتون طويل للغاية (10^{35} سنة).

وبالتالي، تصبح أحد الأسئلة التي تمثل حائطًا استكشافيًّا لا يمكننا تخطيه هو:

إذا كان تحلل البروتون يعتبر دليلًا غير مباشر على صحة نظرية التوحيد الكبرى، فهل سنتمكن من التحقق من تحلل البروتون تجريبيًّا؟

لا ندري... هذه هي إجابة ستاندارد...

دليل القطب المغناطيسي الأحادي

في بحثهم عن **الأدلة التجريبية على صحة نظرية التوحيد الكبرى**، أطلت برأسها فكرة من عالَم فيزياء المغناطيسية.

كلنا يعلم أن أقطاب المغناطيس تكون في هيئة مزدوجة (قطب شمالي وقطب جنوبي). وفي حالة ثبوت صحة نظرية التوحيد الكبرى فإن ذلك يعني **إمكانية وجود جسـيمات تحمل قطبًا مغناطيسـيًّا واحدًا**، مثلما توجد جسـيمات تحمل شـحنة كهربائية منفردة (-) إلكترون، (+) بوزيترون)، لكننا لم نحصل على هذه الجسيمات واحدية القطب المغناطيسي.

إن ذلك يؤرقنا قليلًا، فبالرغم من أن هذه الجسيمات قد تكون ثقيلة للغاية بحيث لا نستطيع الحصـول عليها في مسرعاتنا، فإنه ينبغي أن تكون قد تكونت أثناء المراحل هائلة الحرارة التي أعقبت الانفجار العظيم، ومن ثم ينبغي أن نرصد بعضها في الطبيعة كبقايا لهذا الحدث الهائل، لكننا لم نرصد جسيمًا واحدًا منها. قد يرجع ذلك إلى أن تَكَوّن هذه الجسيمات أحادية القطب ينبغـي أن يكون قد وقع في ظروف الحرارة الهائلة قبل طور التضخم الذي صحبه تمدد الكون الوليـد تمددًا هائلًا، ثـم جاء التضخم فبعثر هذه الجسـيمات بعيدًا في فضـاءات هائلة وخففها وخلطها بباقي جسـيمات مادتنا المغناطيسـية ثنائية القطب التي تشـكلت بعد أن برد الكون نسبيًّا، فصارت نادرة للغاية فلا نستطيع رصدها.

أن هذا يطرح السؤال:

لماذا لا نستطيع الحصول على شاهد على وجود الأقطاب المغناطيسية الأحادية؟

هل يرجع العجز عن ذلك إلى أن إمكانياتنا الكشفية قاصرة، أم أن ليس هناك وجود لمثل هذه الجسيمات؟

المحصلة، أن نظرية التوحيد الكبرى **جذابة للغاية**، لكنها حتى الآن ما زالت فرضية منطلقة من النموذج القياسي.

لعلك تتسائل، قارئي الكريم، إذا كانت المحاولات السابقة للاستدلال على نظرية التوحيد الكبرى لم تؤت ثمارها، **فلماذا يشغلنا عمرو شريف بها؟** أصدقك القول؛ لقد حرصت على أن أعرض هذه المحاولات كنموذج للجهد العقلي والتجريبي المثابر الهائل الذي يبذله العلماء، وذلك حتى يدرك المتطاولون على العلم أن البحث العلمي ليس بالأمر الذي يستطيع أنصاف المتعلمين والصبية أن ينتقصوا منه، مثلما نرى - للأسف - هذه الأيام... ليت الرسالة تكون قد وصلتهم.

القارئ الكريم...

أكرر هنا ما ذكرته في تقديمي لهذا الفصل عن عظمة إنجاز علماء فيزياء الجسيمات، من أنه إذا كانت فيزياء الجسيمات لم تلق من الشيوع ما لقيته نظريتا الكوانتم والنسبية، فذلك يرجع إلى ما لهاتين النظريتين من انعكاسات فلسفية ذات علاقة بالأسئلة الوجودية للإنسان، ومن ثم كانت النظريتان بمثابة الطفلين المدللين للفلسفة والفكر والثقافة على حساب فيزياء الجسيمات الجافة المرهقة.

وأحسب أن رسل ستانارد، باعتباره متخصصًا في الفيزياء عالية الطاقة، قد نجح إلى حد بعيد في تقديم هذا الطفل العنيد لقرائه، بل ونجح في عقد صداقة بينه وبيني.

الفصل الحادي عشر

عالم الكوانتم

- طبيعة الضوء
  - الضوء جسيم
  - الضوء موجات
  - آينشتين وازدواجية الموجة - الجسيم
- طبيعة الإلكترون
  - ازدواجية الإلكترون
- ذرة دو بروي
  - مشكلات ذرة نيلز بور
  - دو بروي يقدم الحل
- إلغاز الموجة والجسيم
  - أنت مزدوج الطبيعة
  - إما انتقال و إما تفاعل
- الطبيعة الموجية: الاحتمالية
  - موجات الاحتمالية
  - الدالة الموجية ومعادلة الموجة لشرودنجر
- الطبيعة الجسيمية: الارتياب
  - الارتياب: إما الموضع و إما الزخم
  - معادلات الارتياب لشرودنجر
  - هل من مفر من الارتياب؟

- تفسير ميكانيكا الكوانتم
- ما دلالة الدالة الموجية؟
- انهيار الدالة الموجية
- قطة شرودنجر: حقيقة أم جهل؟
- هل الدالة الموجية هي كهف أفلاطون؟!
- نظرية المجال الكمومي
- فرضية العوالم المتعددة!!!
- التعالق
- تجربة افتراضية للتعالق
- اختلاف العمالقة: هل نظرية الكوانتم ناقصة؟!
- العالم الحقيقي المستعصي
- تفسير كوبنهاجن وطبيعة الوجود
- ستاندرد والكوانتم والعالم الحقيقي
- لماذا نعتبر أن ملاحظاتنا هي العالم الخارجي؟
- الكوانتم تمشي على الحبل!

تـردد ذكر «**نظريـة الكوانتم**» عدة مرات خلال الفصول السـابقة، ومـن أجل أن نعرف الخطـوط العريضة للنظريـة، نقوم بهذه الجولة مع تطور نظرة العلماء إلى **شـعاع الضوء** الذي هو **شفرة الوجود**:

طبيعة الضوء

الضوء جسيم

مر تاريخ دراسـة الضـوء بمراحل مختلفة، بدأت بـأن اعتبر الفلاسـفة الإغريق أن الضوء يتكون من **جسيمات**.

وفي القرن السـابع عشر قدم **كريسـتيان هيجنـز**[1] و**روبرت هوك**[2] (كل منهما بشـكل مسـتقل) تصورهما بأن الضوء يتكون من **موجات**. وفي نفس الوقت، **قاد إسحق نيوتن** الفريق الذي يتبنى الطبيعة الجسـيمية للضوء، وأطلق على جسـيماته اسـم «**الكُرَيَّات** Corpuscles»، وكان طبيعيًّا بعد أن قدم نيوتن نظريته المبدعة في الجاذبية (فيما بعد) أن ينحاز المجتمع العلمي إلى رؤيته بخصوص الضوء.

الضوء موجات

بعد وفاة نيوتن بقرابة 45 عامًا اسـتطاع **توماس يونج**[3] (شكل - 54) أن يثبت بشكل مقنع **الطبيعة الموجية للضوء**.

---

(1) Christiaan Huygens: (1629 - 1695) الفيزيائي والفلكي والرياضياتي الألماني، من أشهر رموز الثورة العلمية.

(2) Robert Hooke: (1635 - 1703) الفيلسوف والرياضياتي والمعماري الإنجليزي.

(3) Thomas young: (1773 - 1829) الفيزيـائي والرياضياتي البريطاني الشـهير. كان له اهتمام كبير بعلم المصريات، حتى إن أبحاث شامبليون في اللغة المصرية القديمة انطلقت من أبحاثه.



(شكل - 54)
توماس يونج

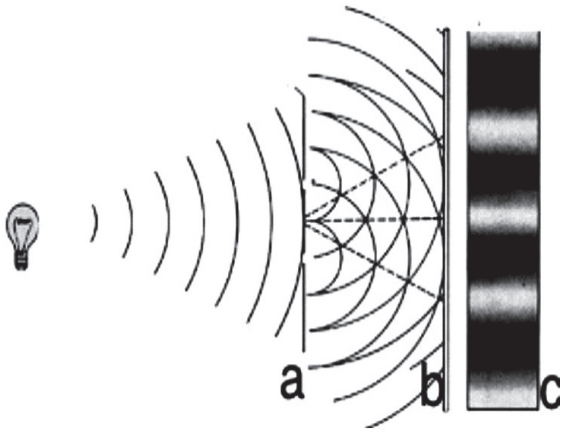
فقبل زمن يونج، احتار الفيزيائيون بخصوص **مظهر الظلال**. فإذا أمررت ضوءًا خلال ثقب واسع في حاجز، واستقبلت الضوء المار من الثقب على شاشة بعيدة خلفه، فستجد أن حواف الظل المحيط بضوء الثقب على الشاشة تكون «محددة Sharp»، أما إذا كان الثقب ضيقًا فإن حواف ضوء الثقب تكون «غير واضحة indistinct»؛ وقد عُرِفَت هذه الظاهرة بـ **«حيود الضوء** Diffraction».

كان يمكن تفسير هذا السلوك بأن «جسيمات» الضوء تناثرت عند احتكاكها بحافة الثقب الضيق، لكن يعارض هذا التفسير ملاحظتان؛ الأولى هي أن النمط الملاحَظ على الشاشة لم يتوقف على طبيعة مادة الحاجز التي يُفترض أنها سببت التناثر، والملاحظة الأخرى؛ كانت عدم القدرة على تفسير لماذا يزيد تبعثر الجسيمات كلما كان الثقب أضيق. لقد كان التفسير الأيسر للملاحظتين هو أن **الضوء يتكون من موجات**، ذلك أن الموجات تنتشر بعد أن تمر من الثقوب، مثال ذلك موجات البحر التي تنتشر بعد أن تمر من فتحة ضيقة في الجسر.

وجاء **إسهام يونج الكبير** في هذه المعضلة عام 1801، عندما فتح في الحاجز ثقبين (أو قل شقين ضيقين Double Slit Experiment) قريبين كثيرًا من بعضهما، بحيث أن الضوء المار من كل ثقب - بعد أن عانى الحيود - يتراكب على الشاشة مع حيود ضوء الثقب الآخر. كانت المفاجأة أن يونج لم يجد بقعتين متداخلين من الضوء تقابلان الشقين، ولكنه وجد سلسلة من البقع الطولية المضيئة والمظلمة بالتبادل، وهي ما أُطلق عليه **«التداخل الهدابي**[1] Interference fringes» (شكل - 55). معنى ذلك أن هناك مناطق من الشاشة لم يسقط عليها الضوء عندما كان الشقان مفتوحين، بينما كان الضوء يمر إليها إذا كان شق واحد هو المفتوح، أين ذهبت «كُرَيَّات» الضوء في الحالة الأولى؟!!

لقد كان ذلك إعلانًا بموت نظرية كريات الضوء؛ فليس من الممكن أن تنتثر جسيمات الضوء عند حافة الثقب الواحد وتمر إلى منطقة معينة على الشاشة، لكنها لا تستطيع أن تمر إلى هذه المنطقة (الخطوط المظلمة) إذا تم فتح الثقب الآخر في الحاجز!

(1) Fringes: أهداب - هداب، مثل أهداب (رموش) العين، وشراشيب السجادة، وتضليعات القماش القطيفة.



شكل - 55

التداخل الهدابي

يحدث عند مرور الضوء عبر شقي تجربة يونج

a) الحاجز ذو الشقين b) الشاشة

c) التداخل الهدابي كما يظهر على الشاشة

أما في إطار «**النظرية الموجية**»، فيمكن تفسير ظاهرة «**سلسلة التداخل**» بسهولة. فالموجات التي حدث لها الحيود عند مرورها من الشقين تتكون من تتابعات من القمم peaks والقيعان troughs، وعندما تتداخل موجات الشقين على الشاشة، تتراكب قمم بعضها معًا، وأيضًا قيعان بعضها، فتعطي بقعًا طولية من الضوء الساطع (**تداخل بَنَّاء** Constructive Interference)، كما تتراكب قمم بعضها مع قيعان البعض الآخر، فيلاشي بعضها بعضًا فتسبب بُقَعًا طولية من الظلام (**تداخل هَدَّام** Destructive Interference). كل ما يتطلبه حدوث ذلك أن يكون **اتساع الشقين والمسافة بينهما** متناسبًا مع طول موجة الضوء (= المسافة بين قمتي أو قاعي الموجة)، و إذا لم يتوافر هذا الشرط فلن يحدث التداخل.

فيما بعد، تلقت النظرية الموجية دعمًا من عدة جهات، ففي عام 1821، طرح **أوجستين فرسنيل**[1] فكرته بأن موجات الضوء تتذبذب بشكل متعامد على اتجاه حركة الضوء، ومن

(1) Augustin Fresnel: (1788 - 1827) المهندس المدني الفرنسي والفيزيائي المهتم بالبصريات. يرجع له الفضل في القضاء على بقايا النظرية الجسيمية للضوء لنيوتن.

ثم يمكن تفسير **الضوء المستقطَب**[1] بأن التذبذبات يتم تنظيمها في اتجاه معين. كذلك نجح المنظور الموجي في تفسير ظاهرتي **انعكاس** Reflection[2] **وانكسار** Refraction[3] الضوء، كما نجح في تفسير **ألوان طيف الضوء الأبيض** المختلفة باعتبار أنها موجات ذات أطوال مختلفة.



(شكل - 56)
مايكل فاراداي

وأخيرًا، وفي العام 1864، توقع **جيمس ماكسويل** (بناء على تجارب **مايكل فاراداي**[4] (شكل - 56) في الكهربائية والمغناطيسية) وجود **موجات كهرومغناطيسية** تنتقل بسرعة هائلة تعادل سرعة الضوء. وقد أثبت ذلك أن الضوء، وكذلك الأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو والميكروويف وفوق البنفسجية وأشعة X وأشعة جاما، كلها أشكال من الموجات الكهرومغناطيسية، وأن الفرق بينها هو طول الموجة وترددها فحسب. وبذلك استقر واقتنع الجميع بأن **الضوء موجة**.

آينشتين وازدواجية الموجة - الجسيم

يحذرنا ستانارد من الانطلاق وراء تفسير كل سمات الضوء من خلال طبيعته الموجية وحدها. فإذا كان التناول السابق يركز على أن الضوء ينتقل كموجات في الفضاء والزجاج وخلال الثقوب في الحواجز وخلال النظارات المستقطبة،.. فماذا يحدث للضوء عندما «يصل إلى مقصده»؛ عندما يصطدم بشيء فيتبادل معه بعضًا من طاقته وتسارعه (عجلته).

بالنظر إلى **الضوء باعتباره موجات** للقوة الكهرومغناطيسية، ينبغي أن نتوقع أن هذه الموجات عندما تصطدم بالشاشة خلف الحاجز ذي الثقوب، فإن طاقتها ستسبب اهتزاز إلكترونات ذرات الشاشة، وستتراكم قوة الاهتزازات (مثلما تتزايد سرعة حركة أرجوحة

(1) Polarised light: تكون موجات الضوء العادي (مثل الشمس أو المصباح) ذات ترتيب معقد وغير منتظم. أما الضوء المستقطب فتكون تذبذبات موجاته ذات ترتيب بسيط منتظم - كأشعة الليزر.

(2) انعكاس الضوء: مثلما ينعكس ضوء المصباح في المرآة.

(3) انكسار الضوء: هو المسئول عن أن تظهر الملعقة في كوب الشاي كأنها مكسورة عند مستوى السائل في الكوب. وقد استخدم الحسن بن الهيثم اصطلاحًا أكثر دلالة، وهو «انعطاف».

(4) Michael Faraday: (1791 - 1867) عالم الكهرومغناطيسية والكيمياء الكهربائية.

الأطفـال عند دفعها بانتظام) حتى تنجرف هذه الإلكترونات عـن مداراتها إلى مدارات أبعد، لكنها تظل في إطار نفس الذرة. هذا هو المتوقع أن يحدث في ذرات الشاشـة في إطار «النظرية الموجية» للضوء.

أما ما يحدث في الحقيقة فشيء آخر مدهش تمامًا...

لقد ظهر أن الضوء ما أن يسقط على سطح لوح معدني، فإن **بعض إلكترونات اللوح تنطلق منـه فـورًا**، مما يعني أن كل طاقة الضـوء قد تركزت في عدد قليل مـن الإلكترونات، فانطلقت بقـوة خارج اللـوح، دون أي تأثير عـلى معظم إلكتروناتـه، وتُعرف هذه الظاهـرة بـ «**التأثير الكهرضوئي** Photoelectric effect».

يرجع الفضل في هذه الثورة إلى **ألبرت آينشـتين**، فقد بَيَّن أن موجات الضوء عند وصولها إلى مقصدها لا تسلك باعتبارها موجات ولكن باعتبارها **تتابعًا من الجسيمات**! وما يحدث في التأثير الكهرضوئي هو أن **جسـيمات الضوء** تصدم إلكترونات محددة فتدفعها للخارج دون تأثير على الإلكترونات الأخرى، وكأن اللوح المعدني قد تعرض لوابل من إطلاق النار؛ إن رصاصات هذا الوابل هي «فوتونات/ جسيمات الضوء».

لقد ظهر أن للفوتونات - مثل الجسيمات الأخرى - طاقة[1] Energy وزخمًا[2] Momentum (= كمية التحريك) كالقوة التي تستخدمها لدفع سيارة معطلة.

إذا كنا جميعًا نعرف أن للضوء طاقة، هي المسـئولة عن تسـخين الأجسام المعرضة للشمس، فهل - حقًّا - للضوء زخم، أي «كمية تحريك»، أي قدرة على تحريك الأشياء؟!

نعـم... يمكـن رصد ذلك تجريبيًّا بتسـليط الضوء عـلى **عجلة ذات رِيَـش** معلقة على حامل معـدوم الاحتكاك (تقريبًا)، إن ذلك سـيجعل العجلة تدور! وتفسـير ذلـك أن الضوء قد دفع العجلـة بعـد أن انتقل زخمه إليهـا. ويمكن ملاحظة ذلك بشـكل أوضح وأكبر في سـلوك **ذيل**

(1) يمكن حساب طاقة الفوتون E بالمعادلة الشهيرة $E = h f$

حيث E = الطاقة، h= ثابت بلانك، f = تردد موجات الضوء

ويكون حساب تردد موجات الضوء بالمعادلة: $f = c/\lambda$

حيث f = تردد موجات الضوء، c = سرعة الضوء، λ = طول الموجة

(2) يمكن حساب الزخم (P) بالمعادلة: $P = h f / c$

المذَنَّبات، لقد كنا نظن أن المذنب عندما ينطلق في الفضاء فإن ذيله يمتد عبر المسار الذي سار فيه، ثم ثبت أن هذا ليس صحيحًا! الواقع أن الذيل لا يمتد عكس اتجاه حركة المذنب، لكنه يمتد بعيدًا عن الشمس، إذ إن زخم ضوئها يدفع جسيمات الذيل بعيدًا عنها.

لقد أثبت آينشتين تجريبيًّا أن **طاقة الفوتون** (E) تتناسب بشكل مباشر مع تردد (معدل ذبذبات) موجات الضوء[1]، وذلك عن طريق قياس طاقة انطلاق الإلكترونات من اللوح المعدني عند تغيير تردد موجات الضوء. وقد ثبت أن انطلاق الإلكترون من اللوح يحتاج إلى قدر محدد من الطاقة «**طاقة حرجة** Threshold Energy»، و إذا كانت طاقة الضوء الساقطة على اللوح أقل من هذا القدر الحرج (أي أن تردد الضوء أقل من قدر معين) فلن ينطلق الإلكترون، و إذا كانت أكثر من القدر الحرج فسينطلق الإلكترون إلى مسافة تزداد مع زيادة الطاقة بعد خصم القدر الحرج المطلوب لانتزاع الإلكترون من اللوح.

لقد كانت خطوة جريئة من آينشتين أن يعيد إحياء نموذج **جسيمية الضوء** في مواجهة النموذج الموجي السائد، لكنه بالفعل اتخذ هذه الخطوة عام 1905 وهو نفس العام الذي طرح فيه نظريته للنسبية الخاصة. وقد استحق آينشتين عن جدارة **جائزة نوبل** (عام 1921) لهذا الإنجاز الكبير الذي كان تحديًا لمفاهيم مستقرة، وكان أيضًا إرهاصًا بمفاهيم جديدة مهمة للغاية حول طبيعة الضوء باعتباره شفرة الوجود.

لقد كان التحدي أن تجارب انتقال الضوء من (أ) إلى (ب) (مثلًا) تدعم طبيعة الضوء الموجية، بينما أصبحت التجارب حول كيف يسلك الضوء عند صدوره من (أ) وكيف يسلك عند وصوله إلى هدفه (ب) تدعم الطبيعة الجسيمية للضوء. وقد أُطلق على هذا السلوك مصطلح: «**ازدواجية الموجة - الجسيم** Wave - Particle duality»، وكأن الضوء يعاني من «اضطراب الهوية التفارقي Dissotiative Identity Disorder»!!!

طبيعة الإلكترون

باعتباري جراحًا له اهتمام بالنفس الإنسانية، فقد صرت أنظر إلى آينشتين باعتباره الطبيب

(1) هذا واضح في معادلة طاقة الفوتون في الهامش (1) في الصفحة السابقة.

النفساني الذي شارك في تشخيص ازدواج شخصية شعاع الضوء. والآن أتساءل: هل هذه الازدواجية خاصة بالضوء فقط؟! **وماذا عن الإلكترون؟**

لطالما اعتبرنا أن **الإلكترون هو «جسيم نقطي** Point like Particle»، ويظهر ذلك في تفاعلاته عندما يتصادم مع إلكترون آخر أو مع بروتون. كذلك **عند تمرير تتابع من الإلكترونات خلال ثقب في حاجز**؛ وُجد أنه يتخذ مسارًا مستقيمًا ويترك أثرًا نقطيًا محددًا على الشاشة، مثلما يحدث عندما ترش على الشاشة رزازًا لأصباغ ملونة؛ لاحظ أن رزاز الأصباغ يتكون من جسيمات نقطية.

ازدواجية الإلكترون

عند طرح ستانارد لهذه القضية، يذكرنا بما يحدث مع أشعة الضوء في التجربة المماثلة. فنحن نحصل على أثر **محدد للضوء** إذا كان الثقب الذي يمر منه أوسع من طول موجة الضوء، ولا يُظهر حيود الضوء الأثر غير المحدد على الشاشة إلا عندما يكون اتساع الثقب مساويًا لطول موجته، **فماذا لو كانت للإلكترون خواص موجية (كحيود الضوء) لكنها لا تظهر لأن طول موجته أصغر من الثقوب التي نجري عليها تجاربنا؟**. كذلك رأينا في معادلة حساب زخم الفوتون، أنه يتناسب مع طول موجة الضوء، افترض أن الإلكترون له طبيعة موجية وأن نفس المعادلة تنطبق عليه، عندها سنستنتج أنه بما أن زخم الإلكترون أكبر كثيرًا من زخم الفوتون فإن طول موجة الإلكترون ينبغي أن يكون ضئيلًا للغاية، ومن ثم إذا أردنا رصد حيود موجته وتأثيرات التداخل الهدابي علينا أن نجعل الثقب ضئيلًا للغاية أيضًا.

وانطلاقًا من هذه الفكرة، استطاع **ديڤيسون وجيرمر**[1] في العام 1927 أن يرصدا حيود الإلكترونات تجريبيًّا باستخدام **بلورة النيكل**، ذلك أن الذرات التي تُكَوِّن البلورة تتراص بطريقة منتظمة كالشبكة ذات الخطوط المتوازية فتسبب حيود الإلكترونات عند مرورها عبر الفراغات الضيقة للغاية التي بينها، وبذلك تغلبا على مشكلة أن

(1) Clinton Davisson: (1881 - 1958) الفيزيائي الأمريكي الكبير. حصل على جائزة نوبل عام 1937 للمشاركة في اكتشاف حيود الإلكترون وطبيعته الموجية في التجربة التي اشتهرت باسم «تجربة ديڤيسون - جيرمر».
Lester Germer: (1896 - 1971) شارك ديڤيسون في تجربته الشهيرة التي أدت إلى اختراع الميكروسكوب الإلكتروني.

يكـون طول موجـة الإلكترون قصيرًا للغاية، ممـا مكنهم من إثبـات «**الطبيعة الموجية للإلكترون**»[1].

وعندما أُسـتخدمت هذه البلورات في محاكاة تجربة الشق المزدوج ليونج (عام 1961) ثبت حيـود الإلكترونات وتداخلاتها الهدبية. بذلك ثبتـت **ازدواجية الإلكترونات**، بعد أن ثبت أن للإلكترون السـمات المميزة للجسـيمات (كالطاقة والزخم) وأيضًا السمات المميزة للموجات (قيـاس طول الموجة والحيود). وقـد عُرف طول موجة الإلكترون بـ «**طـول موجة دو بروي** de Broglie wave lengh» نسـبة إلى الفيزيـائي الفرنـسي لويس دو بـروي الذي كان أول من لفت الانتباه عام 1923 إلى الصفات الموجية للإلكترون[2].

ذرة دو بروي

إذا كانـت الخواص الموجيـة للإلكترون كالحيـود والتداخل قد ثبتـت **تجريبيًّا** من خلال تجـارب البلورات عام 1927، فـإن دو بروي بنى قناعاته عن الطبيعـة الموجية للإلكترون قبل ذلك بأعوام، من خلال دراسة خواص الذرات. ويمهد ستانارد لشرح ذلك من خلال عرض:

مشكلات ذرة نيلزبور

لقـد كان **النموذج المقبـول للذرة** حين طرح دو بـروي نموذجه، هو الـذي قدمه **نيلزبور** ورزرفورد عام 1915، والذي يعتبر أن الذرة تتكون من نواة تحيطها الإلكترونات، لذلك نسمي نموذج بور بـ «**النموذج الكوكبي Planetary Model**».

وقـد طرح هذا التصور تحديًا، وهو تفسـير لماذا لا تنجذب الإلكترونات سـالبة الشـحنة الكهربائية إلى النواة الموجبة. كذلك يشـتمل نموذج بور على معلومة إضافية مربكة، وهي أن

(1) يقوم الآن علماء مسرعات الجسيمات بتسريع الإلكترون إلى طاقة معينة والوصول به إلى زخم معين. وبتطبيق المعادلة التي تربط الزخم بطول الموجة، يمكنهم دراسة بنية البلورات. وبذلك أصبح استخدام «موجات الإلكترونات» أداة بحثية مهمة في المعامل.

(2) قام دو بروي بحساب طول موجة الإلكترون بمعادلته $\lambda = h/p$؛

حيث λ = طول موجة الإلكترون، h = ثابت بلانك، p = زخم الإلكترون.

الإلكترونـات تتبع مدارات محددة، يتطلب كل منها **مسـتوى معينًا مـن الطاقة**. وقد توقع بور ذلـك عندما سَـخَّن الذرات فاكتسـبت الإلكترونات طاقة تنقلها إلى مـدار أعلى يتطلب طاقة أكبر، وعندما تبرد الذرات فإن الإلكترونات تعود إلى مدارها السـابق مع بث الطاقة المكتسبة عـلى هيئـة ضوء ذي طول موجة محـدد يتوقف على نوع الذرة. فذرة الصوديـوم - مثلًا - تصدر ضوءًا أصفر كالذي نستخدمه في إضاءة الشوارع، وتصدر ذرة النيون ضوءًا أحمر، لذلك يُمَكِّننا طول الموجة (لون الطيف) من معرفة نوع الذرة. ويشير طول الموجة المميز لكل عنصر إلى أن للفوتونات التي تنبعث من ذراته قدرًا محددًا من الطاقة يعادل **الفرق بين طاقة المدارين.**

من ذلك استنتج بور أن للإلكترونات في مداراتها قيمًا محددة من الطاقة تتناسب مع الطاقة اللازمـة لكل مـدار. لذلك، من أجل أن يُصـدر الإلكترون فوتونًا واحدًا عليـه أن يقوم بقفزة كمومية من مسـتوى طاقة محدد (في مدار معين) إلى مسـتوى محدد آخر أقرب لنواة الذرة. ومن ثم فإن فوارق طاقة الإلكترونات محددة القدر تبعًا للمدارات هي التي تؤدي إلى أطوال موجات محددة للضوء المنبعث.

لقد هَدَّأَ تفسـير بور للمدارات المحـددة من القلق الذي أثارة النمـوذج الكوكبي للذرات. ولكـن ينبغـي الانتبـاه إلى أن الإلكترونات تختلـف عن كواكـب مجموعتنا الشمسـية في أنها مشـحونة كهربائيًّا، **والجسـيم المشـحون تنبعث منه طاقة عندما يتسـارع في مسار دائري**[1]، وهذا يطرح الإشكالية: لماذا لا يفقد الإلكترون الذي يدور حول النواة طاقته، وبالتالي يهوي إليهـا تدريجيًّا تحت تأثير الجذب الكهربائي؟ أجاب بور عن السـؤال؛ بأن الإلكترون لا يمكن أن يفقد طاقته بشـكل مسـتمر تدريجي، إذ إن ذلك سينقله عبر دوائر وسطية تخالف المدارات المحددة المسموحة. بذلك تتبدل الإشكالية لتصبح: **كيف تتحدد هذه المدارات؟**

دو بروي يقدم الحل

في مواجهة إشـكالية: **كيف تتحدد مدارات الإلكترونات حول النواة؟** يظهر دو بروي في السيناريو، ويلخص ستانارد دوره قائلًا:

(1) لذلك تكون أنفاق مسرعات الجسـيمات التي تسـتخدم الإلكترونات مسـتقيمة، مثل مسرع سـتانفورد بكاليفورنيا الذي يبلغ طوله ميلين.

في عـام 1923، قـدم دو بـروي فرضيته بأن لجسـيم الإلكـترون طبيعة موجيـة، لقد كان افتراضًا جريئًا كجرأة افتراض آينشـتين للطبيعة الجسـيمية للضوء. ومـن خلال هذا النموذج الموجي، قدم دو بروي إجابته عن السـؤال السـابق؛ لقد تبـنى أن **الطبيعة الموجية للإلكترون** تتطلـب - مـن أجل الاحتفاظ بـه في مدار معين - أن **يتسـم بأطوال موجات محـددة لا تتجزأ**، ذلـك أنه لو اختلفت أطوال الموجات في المدار الواحـد لأدى ذلك إلى أن تُلاشي هذه الموجات مختلفـة الأطوال بعضُها البعض، إذ سـتعادل بعضُ القمم بعضَ القيعان، لذلك أصبح المسـموح بـه في كل مـدار هو أطوال معينة مـن الموجات ومن ثم طاقات محددة (وليس طاقات وسـط) للإلكترونات. وبذلك ثبت أن هناك مستويات محددة من الطاقة هي المتاحة للإلكترون، وإذا أضفنا إلى ذلك ما تم حديثًا من **رصد لحيود وتداخل الإلكترونات**، لتأكد لنا أن **الطبيعة الموجية للإلكترون قد أصبحت مستقرة مثل طبيعته الجسيمية**.

إلغاز الموجة والجسيم

أنت مزدوج الطبيعة!!!

بعد أن ثبتت ازدواجية الموجة - الجسـيم في حـق الفوتونات والإلكترونات، فماذا عن بقية عناصر المادة؟

كإجابة عن هذا السؤال، يبين ستانارد أن ازدواجية المادة - الجسيم لم تثبت فقط للفوتونات والإلكترونـات، بـل لقد **ثبتـت أيضًا لبقيـة الأنواع من جسـيمات المادة**؛ كحـزم البروتونات والنويـات الأثقـل، بل والذرات ذاتهـا وأيضًا الجزيئات! ولما كانت هذه الجسـيمات أثقل من الفوتونـات والإلكترونـات فإن لهـا زخمًا أكبر، وبالتـالي تكون أطوال موجاتهـا أقصر، لذلك يكون رصد تأثيرات حيوداتها وتداخلاتها أصعب، لكن **هذا الرصد تم بالفعل مع جميع أشكال المادة**.

ويضيف سـتانارد بأسـلوب السـاخر، إن ثنائية الموجة - الجسـيم **تنطبق على أجسامنا أيضًا**! فعندما تسـير، يتوقف اتسـاع خطوتـك (طول موجتك) عـلى زخمك، تمامًا مثـل أطوال موجات الضـوء والإلكترون وبقية الجسـيمات، وكلما سرت أسرع كان اتسـاع خطوتك أقصر. وعندما

تعـبر بابًا (ثقـب في حاجز) فإنك تحيد بمقدار مـا، ومع ذلك لا ينبغي أن يحاول السـكران الذي يخرج من الحانة إلى الشارع مترنحًا إقناع رجل البوليس بأنه يحيد بسبب طبيعته الموجية!

إما انتقال وإما تفاعل

إذا لخصنا ما سبق، نجد أن كل ما يشتمل عليه العالم (المادة والضوء) يسلك أحيانًا كموجة وأحيانًـا كجسـيم[1] له قدر محدد مـن الطاقة والزخم. كم هو أمر مربـك؛ كيف يوجد كيان على هيئة **موجات منتشرة** لها قممها وقيعانها وهو في نفس الوقت **جسيمات متموضعة**؟ حقًا إنه تناقض/ مفارقة الموجة - الجسيم Wave - Particle Paradox.

هنا يتدخل سـتانارد - كعادته - لإنقاذنا من هـذا الإلغاز، فيتبنى أن هناك قدرًا من المنطقية في هذا التصور. ذلك أن حكمنا بأننا نتعامل مع موجة أو مع جسـيم يتوقف على السـؤال الذي نحاول الإجابة عنه:

فإذا كان السؤال عن: **كيف ينتقل الكيان** في المكان وأين سيذهب؟ عندها نجد أننا نتحدث عن **السـمات السلوكية للموجات**. أما إذا كنا نتساءل عن كيان يتفاعل/ يتعامل Interact؛ مثل انتقال الطاقة والزخم من كيان لآخر، فعلينا أن نتحدث عن **سلوك الجسيمات**.

لذلك فإن الموقف الذي يحسم الأمر هو؛ هل نتحدث عن كيان ينتقل من (أ) إلى (ب) أم نتحدث عـن ماذا يفعل الكيان عند (أ) أو عند (ب). لن تسـتطيع أن تحصل عـلى إجابة واحدة إذا طرحت السـؤالين معًا، لن تسـتطيع أن تسـتخدم الوصفين في وقت واحد. أحسـب أن ذلك **يزيل الغموض والتناقض على المستوى العملي، وإن كان لا يخدمنا - بل ويثبت عجزنا - على المستوى التفسيري.**

الطبيعة الموجية الاحتمالية

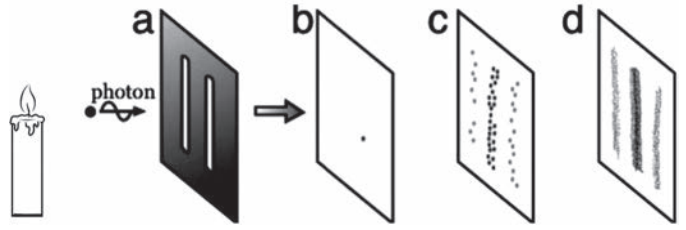
إن الموجة - كما نعرفها - هي **حركة وسـط ما**، كموجات البحر وموجات الصوت التي هي

(1) يصف المتخصصون الجسيم أحيانًا باصطلاح (كوانتم Quantum) باعتبار أن له قدرًا محددًا من الطاقة والزخم.

اهتزازات للهواء. ونعرف أيضًا الموجات التي **لا تعتمد على وسط**، كالموجات الكهرومغناطيسية، فهي بذاتها كيان فيزيائي، عبارة عن اهتزازات كهربائية ومغناطيسية. فهل الطبيعة الموجية للضوء والجسيمات الذرية التي تحدثنا عنها هي أحد هذين النوعين أم شيء آخر؟

موجات الاحتمالية

قدم الفيزيائي چيوفري إنجرام تايلور[1]، المفتاح لفهم **طبيعة هذه الموجات الجديدة** من خلال تجربته التي أجراها عام 1909، أي بعد أن قدم آينشتين أطروحته عن الطبيعة الجسيمية (فوتونات) للضوء بأربع سنوات. لقد كرر چيوفري تايلور تجربة الشق المزدوج ليونج، مع استخدام مصدر ضعيف للغاية للضوء (وصفه بأنه كشمعة مضاءة على بعد أكثر قليلًا من ميل) محاولًا بذلك أن يكون مقدار ما يمر من الضوء عبر الشق هو فوتون واحد. في هذه الحالة، ماذا نتوقع أن نرى على الشاشة؟ (شكل - 57).



(شكل - 57)

النمط الموجي كامن خلف الستار

a) الحاجز ذو الشقين

b) تستقر الفوتونات المنفردة التي تمر من أحد الشقين على الشاشة بهيئة نقطية

c) تبدأ الفوتونات المتتالية في اتخاذ الشكل الهدابي

d) اكتمال التداخل الهدابي

لقد وصل الفوتون إلى الشاشة (b) كنقطة واحدة (جسيم) ولم ينتشر على الشاشة كنمط التداخل الهدابي (الذي يشبه مسحة الزبد على الخبز) الذي حصل عليه يونج عندما أرسل

(1) Sir Geoffrey Ingram Taylor: (1886 - 1975) الفيزيائي والرياضياتي البريطاني، أحد أبرز المؤسسين لنظرية الموجات وديناميكيات السوائل.

دفعة كبيرة من الفوتونات، وهو النمط الذي يميز طبيعة الضوء الموجية. هل نستنتج من ذلك أن الضوء قد تخلى (لسبب ما) عن طبيعته الموجية؟ لا، اصبر قليلًا...

لقد أرسل المصدر الضوئي الضعيف للغاية فوتونًا ثانيًا ثم ثالثًا ثم رابعًا ثم... وقد استقر كل منها بهيئة نقطية على الشاشة، بمرور الوقت، وجد تايلور أن بعض المناطق على الشاشة قد استقبلت فوتونات كثيرة، وأن مناطق أخرى لم تستقبل فوتونات (c). وبعد فترة وجد تايلور أن نمط التداخل الهدابي (مناطق مضيئة ومناطق معتمة) الذي نحصل عليه من مجموعة كبيرة من الفوتونات يتكون تدريجيًّا على الشاشة نتيجة لتتالي وصول الفوتونات المنفردة (d)، أي أن **النمط الموجي للضوء قد أثبت نفسه حتى من خلال الفوتونات المنفردة**، أي أن هذا النمط يخص كل فوتون منفصل، وليس خاصًّا بمجموعات الفوتونات فحسب. لقد كان النمط الموجي - من خلف ستار المسرح - يوجه احتمالات استقرار الفوتونات المفردة المتتالية على الشاشة (أي يحدد أين سيذهب كل فوتون).

ما قيمة هذه التجربة؟

لقد أظهرت التجربة أن العلاقة وثيقة بين شقي «ازدواجية الموجة - الجسيم»، فلم تعد قاصرة على أن الطبيعة الموجية (للضوء مثلًا) تحدد هيئة الانتقال (موجات)، وأن الطبيعة الجسيمية تحدد هيئة الاستقرار (هيئة نقطية) وكيفية التفاعل مع السطح (تطرد إلكترون)، بل أصبحنا ندرك أيضًا أن **الطبيعة الموجية مسئولة عن توجيه كل جسيم إلى موضعه**؛ أي أن **الطبيعة الموجية تحدد المكان المحتمل لاستقرار الجسيم**، لذلك أُطلق عليها اصطلاح «**موجات الاحتمالية** Probability Waves».

إن الأمر ليس قاصرًا على «**الفوتونات**» فحسب، فقد أظهرت التجارب التي أجريت في سبعينيات القرن العشرين أن «**الإلكترونات**» التي تمر منفردة عبر الشق المزدوج تتصرف بنفس الطريقة. من ذلك استنتجنا أن «**الطبيعة الموجية**» **لجميع أنواع الإشعاع** (ضوء - إلكترونات - بروتونات - ذرات - جزيئات) يمكن النظر إليها جميعًا باعتبارها «موجات الاحتمالية».

يصارحنا ستانارد بأن فكرة أن كل ما نستطيع الحديث عنه هو «احتمالات» هي طرح غير مُرْض للعلماء بشكل كامل، فهل يمكن تقديم تفسير آخر لنتائج تجربة جيوڤري تايلور؛ كأن

نعتبر - مثلًا - أن الضوء **يحتفظ بطبيعته الجسيمية (فوتون) طوال الوقت**، وأن الموضع الذي يستقر فيه الفوتون على الشاشة تحدده الهيئة التي ينتشر بها عند احتكاكه بحافة الشق الذي يمر منه، ومن ثم يمكننا تحديد نمط توزيع الفوتونات على الشاشة عن طريق الفحص الدقيق لتفاصيل كيف ينحرف الفوتون عند حافة الشق.

إن تصور احتفاظ الضوء بطبيعته الجسيمية طول الوقت غير مقبول لسببين، الأول أن الطبيعة الجسيمية تعجز تمامًا عن تفسير كيف يؤثر إحداث الشق الثاني (الذي لم يمر الضوء من خلاله من قبل) في مسار الفوتونات، والسبب الثاني، هو أن نمط الانحراف لا يعتمد على مادة الحاجز الذي يمر الضوء من خلال شق فيه.

لقد أصبح علينا الإقرار بأننا **نتعامل فقط مع احتمالات توجهها الطبيعة الموجية** للضوء ولبقية جسيمات المادة.

الدالة الموجية ومعادلة الموجة لشرودنجر

وفي العام 1926، طرح إرڤين شرودنجر رياضيات التعامل مع موجات الاحتمالية، وذلك عن طريق ما نعرفه الآن بـ «**معادلة الموجة لشرودنجر** Schrödinger Wave Equation»، ويُطلَق على حلول هذه المعادلة مصطلح «**الدوال الموجية**[1] Wave Functions».

معنى ذلك أن **حل معادلة الموجة الاحتمالية لتجربة الشق المزدوج يمدنا بالدالة الموجية التي تحدد التوزيع الاحتمالي للضوء على الشاشة (أين يمكن أن تستقر الفوتونات).**

وبالإضافة لدور الوظيفة الموجية في التجريب وفهم سلوك الجسيمات، فإن لها دورًا مهمًّا في فهم بنية الذرة، فمثلًا، يمدنا حل معادلة شرودنجر لحالة الإلكترون في ذرة الهيدروچين بالدالة الموجية التي تحدد التوزيع الاحتمالي للإلكترون، أي تحدد **مواضع الإلكترون المحتملة** حول النواة داخل الذرة.

(1) «الدوال الموجية» هي جمع لمصطلح الدالة الموجية. ويمكن ترجمة «Wave Functions» أيضًا إلى «الوظائف/الحالات الموجية»، لكن «الدوال الموجية» هي الترجمة الأكثر استخدامًا.

الطبيعة الجسيمية
الارتياب

إن مفهـوم «الاحتماليـة» الغامـض! يتعارض مع مفهـوم «الحتمية» المنطقي الـذي اعتدناه وقبلناه بسهولة؛ تلك الحتمية التي جعلت لابلاس[1] (فلكي نابليون) يعلن أنه إذا أمكنه الحصول على المعلومات المهمة عن كل جسـيمات الكون (موضع الجسيمات وسرعتها أو زخمها)[2] فإنه يستطيع أن يتوقع مستقبل الكون بالتفصيل. لا بأس، لكننا أصبحنا متأكدين أن ذلك مستحيل؛ فهل ترجع هذه الاسـتحالة إلى أن كم المعلومات المطلوبة هائل للغاية (استحالة عملية) أم أنها استحالة حقيقية؟

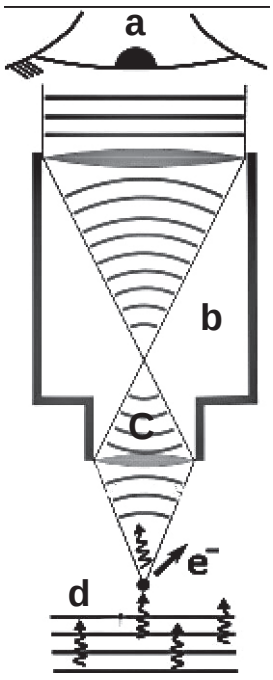
الارتياب: إما الموضع وإما الزخم

بمهارته الفائقة في تبسـيط الأمور، يجيب سـتانارد عن هذا السـؤال قائـلًا: لن نتحدث عن جسـيمات الكون كلها كما يحلم لابلاس، لكن دعنا ندرس إلكترونًا واحدًا، وذلك عن خلال تجربة ميكروسكوب أشعة جاما الافتراضية التي طرحها شرودنجر (شكل - 58).

نحتاج لدراسة **سرعة الإلكترون** أن **نُسقط عليه ضوءًا** لنرصد حركته تحت الميكروسكوب، إن فوتون الضوء يصطدم بالإلكترون فينقل إليه بعضًا من طاقته وزخمه، مما يؤدي إلى اضطراب الإلكـترون، وبالتالي لا نسـتطيع تحديد سرعته وزخمـه قبل اصطدام الفوتون بـه بدقة. وهذا «العجـز» عـن تحديـد قيمة القياس هو ما نسـميه بـ **«مبـدأ الارتياب/ اللا يقـين/ اللا تحديد** Uncertainty Principle».

(1) Pierre - Simon Laplace: (1749 - 1827) لخص المعارف الهندسية والرياضية والفيزيائية والفلكية السابقة عليه وأضاف إليها إضافات مهمة في كتاب من خمسة مجلدات، عنوانه «ميكانيكا الأجرام».

(2) يُقصـد بالمعلومـات المهمة؛ موضع جسـيمات الكون وسرعتهـا أو زخمها. وزخم الجسـيم Momentum هو «كمية التحريك»، وتعادل سرعة الجسـيم مضروبة في كتلته. ولما كانت السرعة تسـاوي المسـافة مقسـومة على الزمن، فإن معرفـة زخـم الجسـيم تعني تحديد (المسـافة والزمن والكتلـة)، وإذا أضفنا إليهـا الموضع نكون قـد حصلنا على كل المعلومات المطلوبة عن الجسيم.



(شكل - 58)

ميكروسكوب أشعة جاما (افتراضي)

تجربة لمحاولة قياس موضع وزخم الإلكترون

موجة الضوء تصدم الإلكترون فتُزيد من زخمه وتغير من موضعه

a) **عين الراصد** b) **الميكروسكوب** c) **أشعة جاما**

d) **مواضع الإلكترون الجديدة المحتملة** e) **الإلكترون**

إن السبيل لتحاشي حدوث اضطراب للإلكترون، هو تقليل طاقة تصادم الفوتون به إلى الحد الأدنى، و يتطلب ذلك استخدام فوتونات ذات زخم ضئيل؛ أي **طاقة ذات تردد منخفض للغاية** بحيث لا تسبب أي اضطراب للإلكترون، و من ثم يمكن تحديد سرعته وزخمه بدقة.

لكن هناك جانب سلبي لذلك القياس الدقيق، فالإشعاع قليل الزخم يكون **طول موجته كبيرًا** أي تكون موجته متسعة أكثر من الضوء المعتاد (تكون قمم وقيعان الموجة متباعدة)، وهذا يعني أننا لن نستطيع بدقة تحديد في أي موضع من موجة الإشعاع (المسافة بين قمتين أو قاعين) حدث الاصطدام بالإلكترون. و بالتالي إن كنا سنستطيع قياس سرعة وزخم الإلكترون

بدقـة عن طريق مصادمته بفوتون قليل الزخـم فإننا **لن نعرف موضع الإلكترون** داخل موجة هذا الإشعاع بالتحديد.

وفي المقابـل، إذا أردنـا أن نعرف **موضـع الإلكترون داخل الموجة بدقة**، علينا أن نسـتخدم موجات إشـعاع **قصيرة للغاية** (مثل أشـعة جاما، شـكل - 58)، وكلما اقـترب طول الموجة من صفـر كلما كانـت معرفتنا لموضع الإلكـترون داخل الموجة أدق. المشـكلة أن هذه الموجات القصـيرة للغايـة تكون طاقتها عاليـة، وبالتالي سـتدفع الإلكترون بقوة، ومن ثم **لن نسـتطيع معرفة سرعته وزخمه بدقة.**

والحل، هو استخدام **موجات ذات أطوال مختلفة**، بحيث تستطيع الموجات الطويلة تحديد سرعة وزخم الإلكترون بدقة، بينما تحدد الموجات القصيرة موضعه بدقة، ولكن **ليس في نفس الوقـت؛ إما هذه أو تلك**. أما في القياس المتزامن، فكلـما زادت دقتنا في أحد الرصدين قلَّت في الرصد الآخر، لكننا نحتاج إلى الدقة في كليهما إذا أردنا تحديد السلوك المستقبلي للجسيم.

معادلات الارتياب لشرودنجر

يغوص بنا سـتانارد إلى أعماق أبعد في مفهوم الارتياب، وأداته هذه المرة هي **الرياضيات**[1]، فيقول: بعد أن طرح شرودنجر عام 1927 تجربته العقلية الافتراضية؛ «تجربة ميكروسـكوب أشـعة جاما»، التي جسدت وفسرت مفهوم الارتياب في تحديد موضع وزخم الجسيمات، طرح سـؤالٌ نفسـه: هل العلاقـة بين هذين القياسـين متغيرة بشـكل مطلق أم أنهـا محكومة ومحددة رياضيًّـا؟ هنا جاء إبداع آخر لشرودنجر، إذ توصل إلى **العلاقة الرياضية بين الموضع والزخم**، والتي صارت معروفة باسمه، وهي:

«علاقة الارتياب/ اللا تحديد/ عدم اليقين Uncertainty Relation»

$$\Delta \chi \cdot \Delta p \approx h/2\pi$$

حيث $\Delta \chi$ هو **ارتياب الموضع**، وΔp هو **ارتياب الزخم، مضروبين في بعضهما.**

(1) من المعروف أن كل معادلة توضع في متن الكتاب تنتقص من عدد قرائه إلى النصف! وبالرغم من ذلك كان عليّ أن أثبت معادلات الارتياب لشرودنجر لأهميتها في فهم فيزياء الكوانتم.

وقـد رأينـا من قبل أن ثابت بـلاك (h) ضئيل للغاية، ومن ثم فالارتيـاب الذي نتحدث عنه هو أيضًا ضئيل، ولا يكون له اعتبار إلا على المستويات الذرية وتحت الذرية.

وتبـين هذه المعادلة أن الوصول بأحد الارتيابين إلى صفر يتطلب أن يكون الارتياب الآخر لا نهائي. أي أن المعرفة الدقيقة لإحدى السـمتين (الموضع مثلًا) تعني فقدان كل المعلومات عن السمة الأخرى (الزخم). ولا شك أن البديل الأفضل هو قدر معقول من المعلومات عن كليهما.

هكذا، ثبت رياضيًّا أن مبدأ الارتياب **«يمنعنا بشـكل حقيقي»** من الحصول على المعلومات الكاملة اللازمة للتنبؤ بمستقبل الجسيمات بدقة.

وإذا كان الارتياب/ اللا تحديد في العلاقة بين الموضع والزخم هو نمط اللاتحديد الأشـهر، فلا يعني ذلك عدم وجود أنماط أخرى، لعل أهمها هي **علاقة الارتياب بين الطاقة والزمن**، التي تمثلها المعادلة البديلة لعلاقة الارتياب:

$$\Delta E . \Delta t \approx h/2\pi$$

حيث يكون ΔE هو **ارتياب الطاقة**، ويكون Δt هو **ارتياب الزمن، مضروبين في بعضهما**.

إن هذه العلاقة تلقي الضوء على القضية التي ناقشـها سـتانارد من قبـل عن طبيعة الفضاء، حيث طرح فكرة زوجيّ **الجسيمات الافتراضية** التي تدخل إلى الوجود، وذكر أن هذه العملية تحتاج إلى طاقة. وقد ذكر سـتانارد أن اللا تحديد في الطاقة ΔE هو الذي يسـمح للجسـيمات الافتراضية بأن تستعير قدرًا من الطاقة لزمن قصير (لاتحديد في الزمن ΔE) من أجل أن تخرج إلى الوجود المادي. وها نحن هنا ندرك إن هذه العملية **(الخروج إلى الوجود عن طريق استعارة قـدر من الطاقة لزمن محدد) محكومة بمعادلة الارتياب** التي تحدد الزمن المتاح لتذبذبات الطاقة قبل أن يتم سدادها. فكلما كان زوج الجسيمات أكثر ثقلًا، احتاج لطاقة أكبر ليخرج للوجود، وقَصُر الوقت المسموح به للسداد، وبالعكس.

أن علاقة الارتياب في مجال الطاقة لا تنطبق فقط على الطاقة المعارة عند بزوغ الجسـيمات الافتراضية، بل إن مبدأ الارتياب يعتبر **ارتياب الطاقة ΔE ارتيابًا حتميًّا** لا يمكن تجاوزه **عند كل قياس للطاقة**، وعندها يكون **ارتياب الزمن Δt** هو الارتياب الذي لا يمكن تجاوزه أيضًا في زمن عملية القياس. مثلًا: افترض أننا دفعنا إلكترونًا بالتسـخين إلى مسـتوى طاقة أعلى، وأنه سـيرتد

إلى المستوى الأدنى عندما يبرد، إن قياس طاقة الإلكترون الأعلى غير المستقرة هو قياس لطاقته أثناء وجوده في المدار الجديد خلال هذه الفترة المحددة. وتبعًا لمعادلة ارتياب الطاقة والزمن يكون هناك حدًّا أعلى وحدًّا أدنى لعدم تحديد Δt الزمن الذي تتم فيه عملية القياس (قبل أن يبرد الإلكترون). وتبعًا للمعادلة أيضًا، **لا نستطيع قياس طاقة الإلكترون بدقة كاملة** ($\Delta E = 0$) إلا إذا كان ارتياب زمنه لا نهائيًّا ($\Delta t = \infty$) وهذا بالطبع أمر مستحيل.

هل من مفر من الارتياب؟

قد تتساءل؛ أما من سبيل للالتفاف حول علاقات الارتياب من أجل الحصول على كل المعلومات المطلوبة عن الإلكترون بدقة؟

أجيبك؛ بأن **آينشتين** قد حاول مع بعض الفيزيائيين الآخرين خلال ثلاثينيات القرن العشرين التوصل إلى طرق تحقق تحديد كل من موضع وزخم الجسيم في آن واحد بدقة.

وقد لعب **نيلزبور** الدور الأكبر في إجهاض هذه المحاولات حتى صارت المساجلة بين آينشتين ونيلزبور حول هذا الأمر مشهورة في تاريخ العلم. وقد عَبَّر آينشتين عن رفضه لأن يكون الارتياب حقيقيًّا بمقولته التي طبقت الآفاق: **«إن الإله لا يلعب النرد»**. وقد دفع نيلز بور هذا المنطق بمقولته - الأقل شهرة -: **«لا أحد يخبر الإله بما ينبغي أن يفعل»**. وللأسف، لقد أدركنا تدريجيًّا أنه سواء كان مبدأ الارتياب حقيقيًّا (نيلز بور) أو أنه يرجع إلى قصور معرفي وتقني (آينشتين) فإننا لن نستطيع إثبات أحد الاحتمالين. **وحتى لو كان كل من موضع وزخم الإلكترون محددين بالفعل، فلن نستطيع في كلتا الحالتين التوصل إليهما بدقة.**

وقناعتي، أن هذا الموقف الذي نواجهه يجعل كلتا مقولتي آينشتين ونيلز بور صواب؛ فلو كان الارتياب حقيقيًّا، وهو ما ينزه آينشتين الإله عنه، فإن تفسير ذلك هو وجود قوانين أعلى توجهه أو أنه سمة ذاتية في بنية الجسيمات، وهذا يعني أن الإله لا يلعب النرد (آينشتين)، كما يعني أن لا أحد يخبر الإله بما ينبغي أن يفعل (نيلز بور) إذ يكون الإله قد أبدع كل هذا الوجود الهائل من خلال ارتياب حقيقي.

تفسير ميكانيكا الكوانتم!!!

قارئي الكريم؛ أشارك ستانارد الرأي بأن «ثنائية الموجة - الجسيم» إن كانت من أساسيات فيزياء الكوانتم فإنها لا تمثل مشكلة على المستوى العملي، فالإلكترون - مثلًا - ينتقل كموجة ويتفاعل مع الأشياء كجسيم، ولن يكون علينا عمليًّا الجمع آنيًّا بين انتقاله وتفاعله، فهو إما ينتقل أو يتفاعل.

لكن هذا الحل العملي لا يُرضي الفيزيائيين، ولا يروي تعطشهم لمعرفة: ما هو الإلكترون؟ أي معرفة **طبيعة الأشياء** وليس فقط سلوكها (انتقال وتفاعل).

ولتجسيد المشكلة؛ افترض مثلًا أن هناك إلكترونًا منفردًا في زاوية من الغرفة!، ونحن لا ندرس انتقاله ولا تفاعله، فماذا ستكون طبيعته؟ هل هو موجة يحدث أحيانًا أن «**تتخوشن** gritty»، أم هو جسيم يحدث أحيانًا أن «**يتسامى**»؟

وإذا كان كل الفيزيائيين متفقين على كيف «**نطبق** Apply» ميكانيكا الكوانتم لحل مشكلاتنا، من خلال تطبيق معادلة شرودنجر الموجية، فإن هناك دائمًا التعارض في **كيف** «**نفسر** Interpret» ميكانيكا الكوانتم. أي كيف نجيب عن السؤال: ما معني ذلك كله، ماذا يحدث في الحقيقة؟!!

إن رسل ستانارد لا يتركنا تائهين في مواجهة هذا السؤال، بل يجيب عنه، لكنها إجابة لا تروي ظمأ من يُقَدِّسون العلم ويعتبرونه قادرًا على كل شيء. إنه يقول: ليس هناك اتفاق بين العلماء حول هذا الموضوع! ومن أجل أن يشركنا في القضية بشكل إيجابي، فإنه يطرح علينا وجهات النظر المختلفة عن الأمر، ويطالبنا بأن **نختار ما نرتاح إليه** :

ما دلالة الدالة الموجية؟

من أجل أن نتحرك بخطى ثابتة، يعود ستانارد بنا إلى «الدالة الموجية»، التي هي الحلول الرياضية لمعادلة الموجة لشرودنجر، فيتساءل: ما دلالة Significance ما نطلق عليه الدالة الموجية Wave Function؟، وللإجابة عن هذا السؤال يأخذنا ستانارد إلى قلب الصراع بين العمالقة، فيخبرنا:

أ) تـرى مدرسـة «**التفسـير الجمعـي** The Ensemble Interpretation» أن الدالة الموجية ليسـت إلا مجموعة من القياسـات. ففي حالـة التداخل الهدابي في تجربة الشـق الثنائي - مثلًا - تحدد الدالة الموجية احتمالات انتشار جسيمات الضوء على الشاشة؛ أي كيف يمكن أن تتوزع «**مجموعة الفوتونات**» على الشاشة.

وبذلك تعتبر هذه المدرسة أن الدالة الموجية تعبر عن سلوك «**مجموعة**» من الكيانات، لكنها **لا تفـسر لماذا يذهب «فوتون معين» إلى موضع محدد على الشاشـة**. إن هذا التفسـير الجمعي مناسب تمامًا لهؤلاء الذين يعتبرون أن **نظرية الكوانتم غير كاملة** (وعلى رأسهم آينشتين)، إنهم يعتبرون أن النظرية صحيحة تطبيقيًّا لكنها قاصرة عن تقديم تفسير كامل للوجود.

ب) أمـا **نيلز بـور** فيعارض هذه المدرسـة. لقـد كان بور دائمًـا يعارض فكـرة أن الفوتون والإلكـترون يسـلكان مثل الجسـيمات التقليديـة، أي **يعارض أن يكون لهـما في كل الأوقات موضع وزخـم محددين**، ويعارض أنهما يتحركان في الفضاء بطريقـة حتمية. لذلك يرفض بور القـول بأن عدم التحديد يرجع إلى أن تقنياتنا للقياس قـاصرة عن إمدادنا بالمعلومات الكاملة، وبالتالي يرفض أن هذا التصور هو الذي يدفعنا للتعامل مع الجسيمات الدقيقة بأسلوب احتمالي إحصائي[1].

لذلـك يتبنى بور، **أن دقة قياسـات ثوابت (مثل موضع وزخم) الجسـيم هـي بدائل متنافية Mutually Exclusive بشـكل حقيقي**، بمعنى أن دقة أي منهما تتعارض مع دقة الآخر؛ إما هذه أو تلك، وبالتالي يستحيل أن تحصل على قيم دقيقة لكليهما في نفس الوقت.

ومن ثم، فإن الدالة الموجية **لا تصف كيف تسـلك «مجموعة» من الجسـيمات فحسب**، بل الأهم أنها **تصف سـلوك كل جسـيم**، إذ إن **الاحتمالية كامنة في كل جسـيم** يصل إلى الشاشة. ويطلق على هذا المفهوم مصطلح «**تفسـير كوبنهاجن** Copenhagen Interpretation» نسبة إلى عاصمة الدنمارك، وهي المدينة التي كان بور يعمل فيها.

(1) ذكرنا في الفصل الثاني من الباب الأول أن الحاجة إلى دراسـة سـلوك الذرات بأسـلوب إحصائي ظهرت في ظل نظرية الغازات؛ فمن المسـتحيل دراسـة سـلوك كل ذرة من الغاز المحفوظ تحت ضغط داخل أنبوبة البوتجاز مثلًا، أي أنها كانت اسـتحالة إجرائية. أما في ظل مبدأ الارتياب في الكوانتم، فإن تفسـير كوبنهاجن يتبنى أن هذه الاسـتحالة هي استحالة حقيقية ترجع إلى طبيعة الجسيمات.

ومما يزيد الأمر تعقيدًا وحيرة، أن مصطلح تفسير كوبنهاجن يغطي في الحقيقة عددًا من الأفهام المختلفة، حتى صار من المهم التمييز بينها. وتتفق هذه الأفهام فيما بينها في أنها تعتبر أن **الدالة الموجية تنطبق على «كل موقف مستقل»**، وليست وصفًا لسلوك «مجموعة» من المواقف المتشابهة، أي أنها تصف احتمالية ارتطام «كل فوتون» بالشاشة وليست وصف لـ «احتمالية ارتطام كل مجموعة الفوتونات» على الشاشة. إن ذلك يعني أن كل حدث منفرد يقوم على الاحتمالية. لقد أصر بور على أن **الارتياب/ اللا تحديد متأصل في سلوك كل جسيم**، وذلك يستبعد تمامًا إمكانية أن تحدد أين سيستقر إلكترون أو فوتون معين على الشاشة.

القارئ الكريم، يطالبنا ستانارد أن نختار من بين الرأيين ما نرتاح إليه!، وإن أردت الاطلاع على رأيي فلترجع إلى الفقرات تحت عنوان (هل من مفر من الارتياب؟).

انهيار الدالة الموجية

يظن الكثيرون من غير المتخصصين أن «انهيار الدالة الموجية» يعني خطأها!!! لكنه مصطلح علمي حافل بالمعاني وبالمشكلات! كيف؟:

إن اعتبار أن الدالة الموجية - أي الاحتمالية - تنطبق على كل حدث Event (مثل سلوك فوتون واحد)، يفتح الباب للسؤال المحوري التالي: كيف تتحول الاحتمالية إلى واقع محدد؟

يجيبنا ستانارد، بأن أشهر التفسيرات، هو أن نعتبر أن **الدالة الموجية «هي وصف للحالة الحقيقية في كل لحظة للحدث الذي ندرسه**. افترض - مثلًا - أننا ندرس مرور إلكترون خلال ثقب في حاجز؛ نحن نعرف موضع الإلكترون لحظة مروره من الثقب، ويمكن أن نجعل تحديدنا أكثر دقة بأن نجعل الثقب أضيق. وبعد مرور الإلكترون من الثقب لن نعرف بدقة أين سيتجه، إذ إنه سيتأثر بظاهرة «الحيود» وبالتالي فإن الدالة الموجية ستنتشر، ولن نعرف إلا أن الإلكترون سيتجه إلى منطقة واسعة من الشاشة يحددها نمط الحيود الذي تحكمه عناصر التجربة.

معنى ذلك، أننا في اللحظة التي تسبق وصول الإلكترون للشاشة قد اعتبرنا أن الدالة الموجية للإلكترون (أي احتمالات موضع تواجده) منتشرة في منطقة واسعة، ثم في لحظة وصول الإلكترون إلى الشاشة تغير الموقف، فقد عدنا لنعرف موضع الإلكترون بالتحديد

مثلما كنا نعرفه أثناء مروره من الثقب. معنى ذلك أن **الدالة الموجية قد تحولت في لحظة وصول الإلكترون إلى الشاشة من منطقة منتشرة إلى نقطة محددة**.

إن هذا يثير مشكلة عويصة؛ إنه يعني تغيرًا لحظيًّا فوريًّا في الدالة الموجية، من احتمالية إلى تحديد، وهذا ما نسمية: **انهيار الدالة الموجية** Collapse of the Wave Function.

إن هذا التفسير يتطلب اعتبار أن الدالة الموجية قد **استقبلت معلومات** تحدد أين سيتموضع الإلكترون، وهذا يتطلب وصول إشارة المعلومات في نفس لحظة وصول الإلكترون إلى الشاشة، مما **يعني انتقال الإشارة بأسرع من سرعة الضوء** مما يتعارض مع النظرية النسبية، وهذا سبب آخر لرفض آينشتين تفسير كوبنهاجن وتفضيله «التفسير الجمعي» للدالة الموجية.

وفي محاولة لتأمل هذا التفسير لانهيار الدالة الموجية بشكل ملموس، قدم شرودنجر عام 1935 تجربته العقلية الشهيرة؛ **قطة شرودنجر**، عندها هدأت الاعتراضات التي واجهت اعتبار أن «الدالة الموجية» هي وصف حقيقي لنظام فيزيائي، فهل حقًّا حَلَّت القطة المشكلة؟!

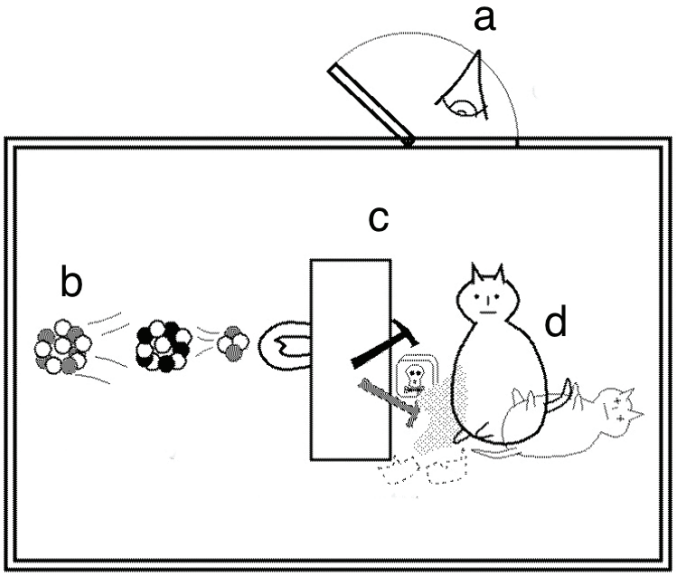
قطة شرودنجر: حقيقة أم جهل؟!

افترض شرودنجر وجود قطة في صندوق حديدي ومعها زجاجة بها حامض البروسيك Prussic acid السام (شكل - 59)، وفي الصندوق أيضًا كمية ضئيلة للغاية من مادة مشعة، وإذا تحللت ذرة واحدة من تلك المادة فإنها تُشع جسيم ألفا الذي يرصده عداد جايجر، فيرسل شحنة كهربائية تحرك مطرقة تكسر الزجاجة وتطلق الغاز السام وتقتل القطة.

وطالما ظل الصندوق مغلقًا، لا يستطيع الباحث أن يعرف إن كانت ذرة مشعة قد تحللت أم لا، ومن ثم لن يعرف إن كانت القطة حية أم ميتة. معنى ذلك أن الدالة الموجية للقطة (الاحتمالية) ستظل **تراكبًا** Superposition من أن القطة حية وأنها ميتة (يعادل هذا التركيب الأهداب المضيئة والمظلمة على شاشة تجربة يونج).

عندما بدأنا التجربة وأغلقنا الصندوق، كنا متأكدين 100 % أن القطة حية (ملاحظة - 1)، ثم **تغيرت هذه الاحتمالية** تدريجيًّا مع مرور الوقت، إذ تتزايد فرصة تحلل المادة المشعة، ومعها تتزايد احتمالية موت القطة. لذلك يعتبر شرودنجر أن حال القطة هي مزيج من الحية

والميتة حتى نرفع غطاء الصندوق لنتأكد (ملاحظة - 2) عندها تعود الاحتمالية لتصبح 100 % حية أو تصبح 100 % ميتة.



(شكل - 59)

تجربة «قطة شرودنجر» العقلية

a) **عين الراصد**

b) **جسيم ألفا ينطلق من تحلل مادة مشعة**

c) **عداد جايجر يطرق المطرقة ويكسر زجاجة السم**

d) **القطة حية/ ميتة**

إنها نفس مشكلة **انهيار دالة الإلكترون الموجية**، ذلك أن الإلكترون الذي كنا نعرف موضعه بدقة 100 % عند مروره من الثقب (ملاحظة - 1) قد تحول إلى دالة موجية، لنعود لنعرف موضعه بدقة 100 % عندما يصطدم بالشاشة فتنهار الدالة الموجية (ملاحظة - 2). إنها **معضلة الانتشار الموجي الذي يعقبه تيقن 100 %**. لكن مثال القطة يُعتبر أكثر قدرة على نقل الفكرة بالنسبة للكثيرين منا باعتبارها شيئًا ملموسًا أكثر من سلوك الإلكترونات.

فهل حقًّا كانت القطة حية وميتة في وقت واحد؟ وكيف يؤدي رفع غطاء الصندوق في لحظة إلى الانتقال من مزيج حية - ميتة إلى احتمال واحد مطلق؟

إن تجربة قطة شرودنجر تشكل عدة مشكلات لفريق من فرق تفسير كوبنهاجن، وهم من يعتبرون أن **الدالة الموجية تصف الحالةالحقيقية للقطة/ الإلكترون**، وهذا هو الفريق الذي يقصده من يهاجمون تفسير كوبنهاجن.

وهناك فريق كوبنهاجني آخر؛ يعتبر أن الدالة الموجية لا تصف الحالة الحقيقية للنظام الفيزيائي؛ القطة/ الإلكترون، لكنها **تصف معلوماتنا** Knowledge عن هذا النظام. ذلك أننا عند إغلاقنا لغطاء الصندوق كنا «نعرف» أن القطة حية 100 %، ثم تقل احتمالية حياة القطة بمرور الوقت، وتخبرنا الدالة الموجية كم تتغير هذه الاحتمالية، إنها **لا تخبرنا بحالة القطة في أية لحظة**، إنها **تخبرنا فقط بمقدار احتمالية ما نعثر عليه لو رفعنا الغطاء في أية لحظة**. لقد كنا نعرف مقدار الاحتمالية قبل فتح الصندوق، وبعد فتح الصندوق نتأكد من الوضع. ولما كان فتح الصندوق يُعَرِّفنا بموقف القطة الحقيقي فحسب، فلن يكون هناك مجال لطرح السؤال عن إشارات تحمل معلومات تنتقل أسرع من الضوء. بهذه النظرة للدالة الموجية لن تمثل قطة شرودنجر أية مشكلة.

والواقع أن شرودنجر طرح تجربته العقلية ليسخر من فكرة أن الدالة الموجية تصف الحالة الحقيقية للنظام الفيزيائي، وليجسد كيف أنها تعكس **«رؤيتنا» للأمر** الذي كنا لا نعرفه ثم تأكدنا منه. كذلك إن كنا لسنا متأكدين إلى أي الفريقين يميل نيلز بور، لكن يبدو أن الطرح الثاني هو الأقرب لفهمه.

ومن أجل فهم الأمر بشكل أوضح، **يطرح ستاناردنموذجًا معدلًا لتجربة قطة شرودنجر بحسم الأمر**؛ نموذج يستبدل فيه القطة بباحث فيزيائي: إن الباحث الفيزيائي الكمومي الأول (1) سيضع زميله الفيزيائي (2) داخل الغرفة التي تحتوي على المادة المشعة وزجاجة السم. ثم ينتظر الفيزيائي (1) وقتًا يكفي لأن تكون احتمالية حياة وموت الفيزيائي (2) 50 %.

كيف ينظر الفيزيائي (2) للموقف خلال فترة الانتظار؟

إنه يعرف يقينًا إن كان هو حيًّا أم ميتًا! كيف يعرف؟... بطريقتين:

بشعوره الذاتي بأنه حي، وبملاحظته لزجاجة السم إن كانت سليمة أم مكسورة. وطالما ظل الفيزيائي (2) حيًّا ويرصد أن زجاجة السم سليمة، فإن الدالة الموجية الخاصة به «من وجهة نظره» تشير إلى أنه حي 100 %، بينما تكون الدالة الموجية للفيزيائي (2) من «وجهة نظر

الفيزيـائي(1)» 50/50 حي: ميت. السـؤال: أي الدالتين تصف بدقـة «حالة» الفيزيائي (2) في هذه اللحظة؟

الإجابـة: لا هـذه ولا تلك!... **إن الدالتـين تصفان فقط «معرفـة» كلا الفيزيائيين**. و يرجع اختلاف النسبة إلى أن كلًّا منهما يعمل من **موقف مراقبة مختلف للظاهرة**.

تصفيق لسـتانارد... تعديل بسـيط في التجربة أكد لنا أن **الدالة الموجية تعكس معرفتنا عن الواقع ولا تعكس الواقع ذاته.**

لكن انتظر...

هل الدالة الموجية هي كهف أفلاطون[1]؟!

لا شـك أن تفسـير قطة شرودنجر باعتبارها تعكس **«معرفتنا»** بالأمر يبدو تفسيرًا معقولًا مقبولًا للغاية، لكن إذا كان الأمر كذلك فلماذا لا يوافق كل الفيزيائيين على هذا الفهم لتفسير كوبنهاجن؟ يخبرنا ستانارد بأن التحفظ ضد هذا الفهم لا يرجع إلى شيء يبينه، لكنه **يرجع إلى شيء لا يبينه** !

إن هـذا الفهم يحدثنا عن ملاحظات؛ إنها معلومات عن أحداث نرصدها في لحظات معينة، لكـن **ماذا يحـدث في الوقت بين هذه اللحظـات؟** هنا لا يجيب تفسـير كوبنهاجن بكلمة، إنه صامت تمامًا.

وقد أدرك بور ذلك وصرح به، فذكر أن **كل ما نتحدث عنه هو ملاحظاتنا للعالم فحسب**، أمَّـا مـا بين الملاحظـات وخارجها من الوجـود الحقيقي فنحـن لا نعرفه البتة، وسـيظل مجهولًا دائمًا. لذلك يعتبر بور أن كل ما في قاموس الفيزياء من كلمات: موجة، جسـيم، طول الموجة، الموضـع، الطاقة، الزخـم، الإلكترون،... هي **كلـمات تصف ملاحظاتنا عـن العالم**، ونخطئ في استخدام اللغة إذا حاولنا أن نصف بهذه المصطلحات الوجود الحقيقي خارج ملاحظاتنا.

و إذا اجترأنا على هذه الخطوة الخطأ (التي تعتبر أن ملاحظاتنا تمثل الوجود) فإننا **سـنتورط في تضاد**. فمثلًا: سـنجد أنفسـنا عاجزين عن وصف كيان حقيقي يجمـع بين أن يكون الشيء

(1) عَرَّفنا كهف أفلاطون في هوامش الفصل الأول من الباب الأول.

موجـة منتشرة وهو في نفس الوقت جسـيم محدد، أو أن نجمع بين مفهـوم أن تنتقل المعلومات «آنيًّا/ لحظيًّا» عبر المكان وبين أن سرعة الضوء هي أعلى سرعات الكون تبعًا للنظرية النسبية.

يجـب أن نـدرك أن الملاحظات هي **ملاحظات كالتي وصفهـا أفلاطون على جدران كهفه**، وليست هي الواقع القابع في عالم المثال!

لقـد كان **مـاكـس بـورن** أول من طرح فكـرة أن تكـون **الدالة الموجيـة هي وصف لمعلوماتنا عن النظام الفيزيائي وليست وصفًا للنظام الفيزيائي ذاته**. وفي نفس الوقت، كان يعتبر أن النظام الفيزيائي الذي تمثله هذه المعلومات يسـلك بهيئة تقليدية. وقد رأينا الآن، كيـف أن بور ذهـب أبعد من ذلك حين أعتبر أننا **لا نعلم شـيئًا عن النظـام الفيزيائي بين فترات ملاحظاتنا**.

ومـن أجل أن ندرك حجم المشـكلة الكبير؛ فلنسـترجع **تجربة ميكروسـكوب أشـعة جاما لهايزنبرج**؛ التي حاولنا فيها قياس كلٍّ من موضع وزخم الإلكترون عن طريق تعريضه لموجات كهرومغناطيسـية ذات أطوال مختلفة. إن تجربتنا هذه تُسَـلِّم مسـبقًا بوجود إلكترون له موضع وزخم محددان، أي أنه جسيم تقليدي. ومن ثم فإن **محدودية قدراتنا على القياس** (نحن مضطرون لأن نصدم الإلكترون المسـكين بقذائفنا الفوتونية الطائرة ذات الطاقة العالية) هي المسئولة عن الارتياب (عدم اليقين في القياسات) إذ تحرف الإلكترون عن موضعه كما تمده بزخم إضافي. هذا هو التفسـير الذي قدمه هيزنبرج بنفسـه حين قدم هذه التجربة الافتراضية.

لقـد **جادل بور** صديقـه **هيزنبرج** في ذلك، إذ لا ينبغي اعتبار أن الإلكترون هو «جسـيم» مصمت له موضع وزخم محددان، وهو التصور الذي يتنكر لكل الشواهد الصحيحة (كالحيود) على الطبيعة الموجية للإلكترون، ومن ثم **ينبغي إعطاء كل من الطرحين (الجسـيمي والموجي) نفـس الوزن** بالنسـبة لطبيعة الإلكترون. ونظرًا لأن الموجة ليس لهـا موضع محدد، فمن الخطأ اعتبار أن الإلكترون هو جسيم متربع هناك في موضع محدد وأن له زخمًا محددًا.

لذلك، لا ينبغي أن يكون موقفنا من مبدأ الارتياب هو محاولة الوصول إلى طريقة للدوران حول تأثير طاقة الأشـعة العالية على موضع وزخم الإلكترون اللذين نتوهم ثباتهما. وإذا كان الكثـير من العلماء الأفـذاذ قد قاموا بالعديد مـن التجارب العبقرية لتحقيـق الالتفاف حول علاقة الارتياب إلا أن أيًّا منها لم ينجح في تحديد موضع وزخم محددين بدقة للإلكترون.

ونتيجـة لهذا العجـز، يتبنى بور أنه لا ينبغـي أن يدعي أحد أن للإلكـترون موضعًا وزخمًا محدديـن، ولا أن يُرجع الارتياب/ اللا تحديد إلى اضطرارنا لاسـتخدام طاقة الفوتونات العالية في عملية القياس.

سريعًا، أفحمت حجج بور هيزنبرج نفسه، فأعلن فيما بعد: «من الممكن الآن أن نتساءل؛ هـل يوجد وراء إدراكنا الإحصـائي للكون «كون حقيقي» يعمل فيه قانون السـببية. إن هذا الطـرح يبـدو لنـا خاليًا من القيمـة ومن المعـنى، فالفيزياء يجـب أن تحصر نفسـها في وصف العلاقات بين مدركاتنا[1]».

وقناعتـي، أن هذا الطرح لها يزنـبرج لا ينكر الوجود الحقيقي للكون ولا ينكر السـببية، لكنه يبين أن **الفيزياء تعجز عن أن تسبر حقيقة الكون وقوانينه العليا**، وعليها أن تقتصر على ما نرصده من ظواهر وما يحكمها من قوانين مباشرة. وهذا حق...

نظرية المجال الكمومي

من أجل أن نستكمل المفاهيم المهمة في تفسير ميكانيكا الكوانتم، ينبغي أن تكون لنا هذه الوقفة مع نظرية المجال الكمومي.

يـتردد كثـيرًا في فيزيـاء الطاقات مصطلـح «**المجـال** Field»، فنقرأ - مثلًا - عـن المجال المغناطيسـي للأرض والمجال الكهرومغناطيسي الناشئ عن البث الإذاعي والتليفزيوني و... وتشترك هذه المجالات - والكثير غيرها - في أنها تكون **ممتدة دون انقطاع في المكان** الذي تشغله.

وفي ضـوء ذلك، يمكننا تعريف **«المجال»** بأنه **كيان يشـتمل على طاقة ويشـغل مكانًا**، وبالتالي فإن وجوده ينفي وجود الفراغ الحقيقي.

وفـي مقابـل المجالات الممتـدة دون انقطاع، تقابلنـا **مجالات/ طاقات تكـون متقطعة**؛ موجـودة في أماكـن وغائبة عن أماكن بينهـا، أي تكون «مُكَمَّـاه Quantised» مثلما تكون كمَّات الضوء الصادرة من مصدرها. لذلك توصَف مثل هذه المجالات بـ **«المجال الكمومي»**،

(1) W. Heisenberg، Zeitschrift für physic, 43, 197 (1927).



(شكل - 60)
باسكوال جوردان

وقد وضع **باسكوال جوردان**[1] (شكل - 60) لتوصيفها «نظرية المجال الكمومي Quantum Field Theory». وتبعًا لذلك نقسم المجالات إلى نوعين؛ المجالات الكلاسيكية الممتدة والمجالات الكمومية المتقطعة.

وتقابلنا المجالات الكمومية في **ميكانيكا الكوانتم**، ومثالها أن تكون للإلكترونات حول نواة الذرة مدارات محددة ذات طاقات محدودة، دون أن توجد طاقات وسطى بين هذه المدارات. وكذلك تقابلنا في **فيزياء النسبية**، فنجد مجالات كهرومغناطيسية وجاذبية حول الأجرام السماوية، ولا نجد مثل هذه الطاقات بين هذه الأجرام. بذلك يمكننا القول إن نظرية المجال الكمومي **تربط بين نظريات المجال وميكانيكا الكوانتم والنسبية الخاصة**.

وتنظر «نظرية المجال الكمومي» **للجسيمات** باعتبارها حالات موضعية مستثارة **لحقول الطاقة**، وبالتالي تصبح **المجالات هي الصورة الأساسية التحتية للجسيمات الأساسية**. كما تفسر النظرية الظواهر الفيزيائية بمنظور أن التفاعلات بين الجسيمات الأساسية تتم على مستوى حقولها الأساسية. لذلك تُستخدم النظرية في طرح نماذج فيزيائية للجسيمات تحت الذرية خاصة في الحالات التي يحدث فيها ظهور أو اختفاء بعض الجسيمات، مثل **«العدم الفيزيائي»**.

فرضية «العوالم المتعددة»!!!

بما أننا نتحدث عن التفسيرات المختلفة لميكانيكا الكوانتم، لم يفت ستانارد أن ينتقل من أطروحات شرودنجر وماكس بورن وبور المعقولة إلى الطرف المعاكس تمامًا والذي يقوم على **خيال علمي سقيم للغاية**، لذلك كانت له هذه الوقفة مع «فرضية العوالم المتعددة The many worlds Hypothesis» التي قدمها الفيزيائي الأمريكي هيو إيفيريت[2] عام 1957.

(1) Pascual Jordan: (1902 - 1980) الفيزيائي الرياضياتي الألماني. مؤسس نظرية المجال الكمومي. اشترك مع ماكس بورن وهيزنبرج في نشر عدة أبحاث عن ميكانيكا الكوانتم.

(2) Hugh Everett: (1930 - 1982) الفيزيائي النظري الأمريكي، أول من قدم فرضية العوالم المتعددة لفيزياء الكوانتم.

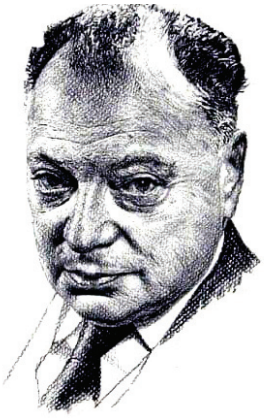
تتبنى الفرضية أنه عندما يعبر «فوتون» خلال منظومة الشـق المزدوج فإن العالم ينقسم إلى **عـدد هائل من العوالم بحيث أن كل احتمال يمكن أن تسـجله الملاحظة يقابله عالم يناسـبه**، وكل هذه العوالم تشتمل - بداهة - على الملاحظ ذاته. وعندما يصل الإلكترون إلى الشاشة، فإن الملاحظ ينقسـم إلى العديد من الملاحظين، كل منهم يرصد الإلكترون في موضع مختلف. ومن ثـم ليس هناك حاجـة إلى اختيار أين يذهب الإلكترون، فكل الاحتـمالات الممكنة موجودة بالفعل في كل هذه العوالم. وتضيف الفرضية؛ إن كل هذه العوالم العديدة تكون **مسـتقلة** عن بعضها البعض، فما أن تتشـكل حتى تتباعد، لذلك لا تتواصل إحدى نسـخ الملاحظ مع نسخة أخرى.

تبعًا لهذا التفسـير، فإن الدالـة الموجية تتكون من هذه المجموعة الهائلـة من العوالم. وما حـدث عندما وصل الإلكترون الأول إلى الشاشـة من انقسـام للعوالم يحـدث مع الإلكترون الثاني. كذلك فكل عالم من العوالم اللا نهائية التي تشكلت عندما وصل الإلكترون الأول إلى الشاشـة سينقسـم إلى عدد لا نهائي من العوالم لتفسير الأحداث التالية، والشيء ذاته يحدث مع الإلكترون الثالث والرابع وهكذا.

إن ذلـك يحدث مـع **كل حدث يقع في العالم**؛ انقسـام وانقسـام وانقسـام، إنهـا باختصار **لا نهائية تتراكب فوق لا نهائية فوق لا نهائية**. إنه تصور أكثر غلوًا وتطرفًا من تصور **«الأكوان المتعددة»** التي تحاول أن تفسر المبدأ البشري. ثم يحسـم سـتانارد موقفه من هذه الفرضية قائلًا: العجيب أن تفسير العوالم المتعددة قد لاقى قبول عند بعض الفيزيائيين، وإن أردت أن أكون مهذبًا في وصف هذه **التخاريف**، أقول إنه طرح خال من القدرة التفسيرية؛ إنه توهم لا يمكن إثباته ولا تكذيبه!

التعالق Entanglement

تتبقـى لنـا وقفة مع لغز مهم من ألغـاز الكوانتم قبل أن نترك الكلام عـن هذه الفيزياء الأعجوبة، إنه **مفهوم التعالق**. إن التعالق هو **نوع من الارتباط تتسـم به بعض الجسـيمات تحـت الذريـة ذات الحركة المغزلية** Spin، التي تشـبه كثـيرًا دوران الأرض حول محورها،



(شكل - 61)
وولفجانج باولي

و يرجع الفضل للفيزيائي البريطاني **وولفجانج باولي**[1] (شكل - 61) في وضع «**نظرية الغزل** Spin Theory».

فإذا نظرنا إلى محور واتجاه غزل **الأرض** (دورانها) وجدناهما ثابتين، فالأرض تغزل حول محورها المائل[2] في عكس اتجاه عقارب الساعة. ولدراسة غزل **الجسيمات الدقيقة** نستخدم مكشافًا Detector ذا مجال مغناطيسي لقياس التغيرات المغناطيسية الضئيلة المصاحبة للغزل. وتدلنا القياسات على أن **اتجاه غزل الجسيم** يكون في نفس اتجاه المجال المغناطيسي للمكشاف أو يكون في الاتجاه المعاكس له، ولا يكون الغزل في اتجاه مائل بين هذين الاتجاهين، ومن ثم فنتيجة الرصد تعتمد على كيف نضع المكشاف.

تجربة افتراضية للتعالق

بعد أن عَرَّفنا الغزل، ماذا عن علاقته بالتعالق؟

نجيب عن السؤال من خلال تجربة افتراضية يطرحها ستانارد: تصور جسيمًا غزله صفر (لا يدور حول محوره)، وأن هذا الجسيم يتحلل إلى جسيمين X، Y يغزلان. إن **قانون بقاء الزخم الزاوي**[3] Angular momentum يحتم أن يكون مجموع غزل الجسيمين صفرًا كالجسيم الأصلي، وذلك يتطلب أن يكون اتجاه غزل الجسيمين X، Y عكسيًّا ومتساويًا. علينا الآن أن نباعد بين الجسيمين بمسافة كبيرة، بحيث لا تربط بينهما أية قوى فيزيائية (أي تتلاشى القوى الجاذبية والكهرومغاطيسية)، ولتقف أنت بجوار الجسيم X ولأقف أنا بجوار الجسيم Y البعيد.

(1) Wolfgang Pauli: (1900 - 1958) الفيزيائي الرياضياتي النمساوي السويسري الأمريكي، حصل على جائزة نوبل بعد أن رشحه لها آينشتين باعتباره مكتشف قانون باولي لرياضيات الكوانتم والذي قامت عليه نظرية الغزل التي تقوم عليها نظريات بنية المادة.

(2) ميل محور دوران الأرض هو 23.4°.

(3) الزخم هو كمية التحريك = كتلة الجسم × سرعته. والزخم الزاوي هو كمية التحريك الدورانية.

لقـد قررت أنـت أن تقيس غزل الجسـيم X فوضعت المكشـاف Detector بحيث يكون مجاله المغناطيسي في اتجاه عشـوائي معين (لم تتعمد تحديده). مهما كانت النتيجة التي ستحصل عليها، فيمكن أن تستنتج ما سأحصل عليه أنا إذا وضعت مكشافي في نفس اتجاه مكشافك؛ إن جسيمي Y سيغزل حتمًا في عكس اتجاه جسيمك X وبنفس مقداره، وذلك حتى تكون محصلة زخمهما الزاوي صفرًا كالجسيم الأصلي.

ولما كنتَ قد وضعت مكشـافك لقياس غزل X بعد أن انفصل عن Y، فإن Y لا يعرف اتجاه مكشاف X، ومن ثم فإن جسيمي Y يكون مستعدًّا لكل الاحتمالات، وينبغي أن يكون **حاملًا للمعلومات الكاملة التي ينبغي أن ينقلها لي مهما كانت الاحتمالات**.

إن نفس الفكرة تنطبق على بقية سمات الجسيم، **كالموضع والزخم**. فقد تُقرر مثلًا أن تقيس بدقة موضع (أو زخم) الجسـيم X، وهذا سـيُمَكنك من حسـاب موضع (أو زخم) جسـيمي Y بدقـة، ويمكـن التأكد من ذلك بأن أقـوم بالقياس بنفسي. إن جسـيمي Y لا يعرف مسـبقًا أي السـمتين سـتقيس، الموضع أم الزخم، وبالتالي عليه أن يكون مسـتعدًّا لـكل الاحتمالات، أي يكون مسـتعدًّا ليمدني بدقة بالموضع أو بالزخم، معنى ذلك أن الجسـيم Y تكون متوافرة لديه المعلومات عن كلا السمتين.

اختلاف العمالقة: هل نظرية الكوانتم ناقصة؟!

وكمحاولة لتفسـير ظاهرة التعالق قدم **آينشـتين وبودولسـكي وروزن**[1] عام 1935 ورقتهم البحثيـة بعنـوان: «هل يمكن اعتبار أن وصـف فيزياء الكوانتم للعـالم الفيزيائي الواقعي هو وصف كامل[2]؟». ويطلق على التفسير الذي قدموه مصطلح **«متناقضة آبر** EPR Paradox[3]» وكان محصلة للمناظرات الشهيرة بين آينشتين وبور.

---

(1) Eistein & Podolsky and Rosen.

Poris Podolsky (1896 - 1966): الفيزيائي الروسي الأمريكي.

Nathan Rosen: (1909 - 1995) الفيزيائي الأمريكي.

(2) Can quantum mechanical description of physical reality be considered complete?

(3) EPR هو الحرف الأولي من أسماء العلماء الثلاثة الكبار.

تتبنى متناقضة آبر، أن **كل جسيم يحتوي بالفعل على المعلومات الدقيقة (كالموضع والزخم) التي يمكن أن نسعى لرصدها**، وإن كان مبدأ الارتياب لا يسمح لنا بالتوصل إلى هذه القياسات بدقة ويضعنا في مواجهة إما دقة الموضع أو دقة الزخم. ومن ثم فإن الدالة الموجية لا تُعتبر تمثيلًا حقيقيًّا للعالم الخارجي الذي تحتوي جسيماته بالفعل على قياسات دقيقة، وبالتالي فإن هذا الارتياب لا بد أن يرجع إلى ثوابت خافية تفرضها **قوانين أعلى لا ندركها**، ومن ثم فإن **نظرية الكوانتم ليست نظرية متكاملة**.

وإذا نظرنا إلى تجربة ستانارد الافتراضية في ضوء متناقضة آبر التي تعتبر أن لكل من الجسيمين X وY قياساته الدقيقة، فإن تأثر سلوك وقياسات كل من الجسيمين بالجسيم الآخر تأثرًا آنيًّا (لحظيًّا) - بالرغم من بُعدهما - يتطلب تبادل المعلومات بينها **بسرعة أعلى من سرعة الضوء**، وهذا أمر مستحيل وعلينا أن نقدم له تفسيرًا آخر، وهذا أيضًا يعني أن الكوانتم نظرية غير متكاملة. وهذا ما حدا آينشتين لأن يُطلق على ظاهرة التعالق مصطلحًا ساخرًا وهو: «**الفعل الشبحي عن بُعد** Spooky action at a distance».

يمكن أن تتوقع أن ماكس **بور قد عارض متناقضة آبر**، لكن أين بالتحديد يكمن اعتراضه؟

يشرح ستانارد هذا الاعتراض فيقول: يرفض بور متناقضة آبر باعتبار أنها تتناول ما يحدث في الفترات بين عمليات الرصد، وقد ذكرنا من قبل إصرار بور على أننا لا ندري شيئًا عما يجري في العالم الخارجي في هذه الفترات.

وقد أرجع بور تناقض آبر إلى أنه ينظر إلى الجسيمين X، Y باعتبارهما كيانين متمايزين مختلفين، ومن ثم ينبغي تفسير تأثُّر أحدهما بالآخر آنيًّا بانتقال المعلومات بسرعة أعلى من سرعة الضوء. وللخروج من هذا التناقض يتبنى بور أنه إذا كان الجسيمان X و Y في الأصل جسيمًا واحدًا فإن **هذا الزوج يمكن وصفه بدالة موجية واحدة**، هي دالة الجسيم الأصلي، وبالتالي لا ينبغي أن نعتبرهما جسيمين متمايزين حتى وإن بديا كذلك. أي أننا **لا نتعامل مع نظامين فيزيائيين (جسيمين) مختلفين لكننا نتعامل مع نظام فيزيائي واحد يتكون من جسيمين متعالقين**، ومن ثم فإن قياسنا لإحدى سمات كلا الجسيمين هو قياس للنظام الفيزيائي الواحد الذي يخضع لدالة موجية واحدة، وبالتالي تكون **النتائج مرتبطة متعالقة دون الحاجة إلى تبادل المعلومات**. ويقصد بور بذلك أن ملاحظتنا لإلكترونين لا

يعـني أنهما كيانـان منفصلان في العالم الخارجي، بل هما **كيـان واحد يظهر بالرصد كأنه كيانان**.

لم يكن آينشـتين وحده هو المعارض لطرح بور، لكن العديد من العلماء كانوا غير سعداء بالطريقة الغامضةالتي ينفي بها بور متعارضة آبر، حتى بدا الاختلاف غير قابل للحل.

وكانـت المفاجأة عام 1965 حين طرح **جون بل**[1] - نظريًّا - **طريقة لحسـم الاختلاف بين المدرسـتين**. فمتناقضة آبر قد قامت على قياس غزل أحد الجسـيمين، ثم التأكد من أن الجسـيم الآخر يغزل بنفس المقدار وفي عكس الاتجاه عند وضع المكشـاف الثاني في نفس اتجاه المكشاف الأول. لكن ماذا لو وضعنا المكشاف الثاني بزاوية مختلفة؟ كيف سيكون غـزل الجسـيم الثاني؟ ما نتوقعه منطقيًّا، هو أن يكون غزل الجسـيم الثـاني أحيانًا في اتجاه غزل الجسـيم الأول وأحيانًا عكس اتجاهه، وسـتتوقف نسـبة الاحتمالين على مدى واتجاه اختلاف زاوية المكشافين.

أمـا ما لم يكن متوقعًا، هو أن جون بل بَـيَّن أن احتمالية اتجاه الغزل تعتمد أيضًا على **الرأي الـذي ينطلق منه الباحـث في تجربته**! إن كان ينطلق من أن الجسـيمين يمثـلان نظامًا فيزيائيًّا واحدًا (رأي بور وتفسـير كوبنهاجن)، أو ينطلق من أن الجسيمين منفصلان ويحمل كل منهما المعلومات اللازمة (رأي مدرسة آبر).

خلاصـة الأمر، أن بل قد وجد أنه يمكن طرح القضية للاختبار التجريبي، وبقي أن ننتظر أن يخرج علينا أحد بالتجربة المناسبة.

وفي بداية ثمانينيات القرن العشرين، قام الفيزيائي الفرنسي **آلين أسبكت**[2] وفريقه البحثي بالتجربـة المنتظرة، مسـتخدمًا فوتونات تمر عبر مسـتقطبات Polarisers، فـماذا وجدوا؟ لقد كانت نتائج أبحاث فريق أسبكت تدعم طرح بور. **فالفوتونات كانت متعالقة وتُكَوِّن نظامًا واحدًا من جسيمين**، وقد دعمت تجارب حديثة نفس هذه النتيجة.

وفي مواجهة هذه النتائج، يصارحنا سـتانارد: هذا ما لدينا، سواء أَعجَبَنا أم لا، لقد أصبحنا

(1) John Bell: (1928 - 1990) عالم الفيزياء الأيرلندي.

(2) Alain Aspect: الفيزيائي الفرنسي الذي نال شهرته من خلال أبحاثه على التعالق الكمومي، ولد عام 1947.

في مواجهة إما **القول بفعل شبحي حقيقي عن بعد**، بمعنى أن المعلومات تنتقل لحظيًّا/ آنيًّا عبر مسافات طويلة، و إما **القول بنظام فيزيائي واحد موجود في مكانين**!!!

هكذا تضعنا فيزياء الكوانتم مرة أخرى في مواجهة سؤال قد يكون غير قابل للإجابة:

كيف نفسر التعالق؟

إن سؤال التعالق الملغز يستثير **الجانب الفلسفي** في عقل من يفكر فيه؛ يا لها من مشكلة كأداء، بالرغم من أنها تتعلق بأكثر النظم بساطة؛ جسمين تحت ذريين منفصلين لا تربطهما أية قوى فيزيائية، والعلاقة بينهما أنهما كانا «معًا» جسيمًا واحدًا في الماضي.

إذا كان الأمر بهذا الإلغاز في مواجهة منظومة فيزيائية بسيطة للغاية، فكيف تكون الحال في مواجهة «أعقد المنظومات في الكون؛ **المخ البشري**»؟ كيف يكون التعالق بين وحداته ذات التواصل الفيزيوكيميائي اللصيق الغزير، ألم تكن تلك الوحدات العديدة خلية واحدة بدأ التواصل بين سلالتها منذ بداية انقسامها، لا شك أن محاولة فهم الآلة التي نفكر بها قد تدخل بنا إلى عوالم شديدة الغرابة والغموض بخصوص معنى إنسانية الإنسان.

كذلك؛ كيف يكون التعالق بين **أعضاء وأجهزة الجسم الإنساني** الذي بدأ كخلية واحدة ثم انقسمت إلى بلايين الخلايا محافظًا على واحدية الإنسان؟!

وأتساءل أيضًا، ما أعظم **الانفجار الكوني العظيم**، الذي أنشأ الكون من وحدة واحدة، انفجرت وتفتتت وتبعثرت، كيف يكون التعالق بين وحداته؟..

سبحانك ربي...

العالم الحقيقي المستعصي

من الأقوال الشائعة؛ أن **وظيفة العلم هي وصف الوجود**، أي تفسير العالم: مم يتكون؟، كيف يعمل؟، كيف صار هكذا؟. ولتحقيق ذلك علينا أن نتأمل الكون لنعرف طبيعته، علينا أن نلاحظه بدقة، وأن نجري عليه التجارب.

في ضوء ما سبق من هذا الفصل وفصول الباب، يمكنني القول إن خطأنا الكبير يكمن في أننا **ندون ملاحظاتنا في كتب الفيزياء** باعتبارها وصفًا حقيقيًّا للوجود، بينما الحقيقة، أن ما نكتبه في مراجع الفيزياء ليس وصفًا للعالم لكنه **وصف لنظرتنا للعالم وتفاعلنا معه**، أي أنه تسجيل لرؤيتنا للوجود. وإذا حاولنا أن نتجاوز ذلك لنصف العالم «ذاته»، سنقع في التناقضات التي ذكرناها من قبل بسبب قصوراتنا العقلية والتقنية وأيضًا **قصوراتنا** اللغوية. لذلك ستقل التناقضات إذا انتبهنا أننا نصف فقط **«ملاحظاتنا»**.

ولكن، ألا نستطيع من خلال هذه الملاحظات أن نستشف شيئًا عن **طبيعة الوجود** ذاته؟ ماذا تقول فيزياء الكوانتم حول هذا الأمر؟

تفسير كوبنهاجن وطبيعة الوجود

بخصوص العلاقة بين ما نلاحظه وبين طبيعة الوجود، يخبرنا ستانارد أن موقف نيلز بور يمثل الطرح القياسي (الشائع) **لتفسير كوبنهاجن**، والذي يتبنى أننا عندما نتحدث عن ملاحظاتنا للعالم، فنحن **لا ندري شيئًا عما يحدث في العالم ذاته في الفترات بين عمليات ملاحظاتنا**. وداخل هذا الاتفاق الكوبنهاجني، هناك طرحان متطرفان - ولكنهما متناغمان - لطبيعة الوجود:

الطرح الأول: نحن لا نستطيع أن نقول شيئًا عن الوجود بين ملاحظاتنا، ذلك لأن **بين ملاحظاتنا لا يوجد شيء**، أي أن **«الواقع الفيزيائي لا يتعدى ملاحظاتنا»**. معنى ذلك - بناء على هذا الطرح - فإن ملاحظاتنا الكمومية ليست سيالًا مستمرًّا بل هي عملية متقطعة. فمثلًا: إحدى ملاحظاتنا قد تكون قياس الموضع الدقيق للإلكترون، والملاحظة الثانية قد تكون قياسًا تاليًا لموضع الإلكترون بعد فترة زمنية. وإذا لم تكن هناك ملاحظة بين هاتين الملاحظتين - تبعًا لهذا الطرح المتطرف - لا يوجد شيء/ إلكترون بينهما. إن هذا الطرح يفرض سؤالًا يراه ستانارد ونراه غريبًا: **هل للعالم وجود بين عمليات ملاحظاتنا؟**

إن هذا الطرح تسهل معارضته، فنحن نعرف أن **هاتين الملاحظتين لموضع الإلكترون مرتبطتان**، بدليل أن موضع الإلكترون - مثلًا - لا يتغير في قياسين متتاليين بقدر يتجاوز سرعة الضوء، مما يعني أن الإلكترون هو موجود حقيقي بدليل أنه يلتزم بالثوابت الفيزيائية، وبالتالي

فمـن يتبنـون هذا الطـرح لا يملكون دفاعًـا مقبولًا عن طرحهـم، وبالرغم من ذلـك فالفكرة لا تزال تُطرح كل حين وآخر!

أما الطرح المتطرف الثاني، فيلتزم تمامًا بمعنى «الملاحظة Observation». فالملاحظة تتطلب ملاحظًا واعيًا، لذلك **«ينبغي أخذ الوعي في الاعتبار»**. وبالتالي يفترض هؤلاء أن أفكار الملاحظ هي المسئولة عن تحديد قيم قياسات الثوابت.

إن هـذا الطرح يعني أيضًا أن العالم ليس موجودًا عندما لا نرصده! لكن هذه الفكرة يمكن دحضها بسـهولة أيضًا. فنحن عندما نقوم بالملاحظة في إطار ميكانيكا الكوانتم فإننا **نستخدم جهازًا** يسجل موضع أو زخم الإلكترون، وسيسجل الجهاز القراءة سواء كان هناك من يدونها أم لا. إن ما يقوم بالقياس هو **الجهاز وليس الوعي**، وهذا يعني أنه يقيس عالمًا فيزيائيًّا حقيقيًّا.

بهـذا يتهـاوى الطرحان المتطرفـان المتناغـمان اللذان يتبنيـان أن **دون ملاحظاتنـا ووعينا لا وجود للوجود.**

وعندمـا قـدم بور فكرتـه المنطقية بأننا نصـف ملاحظاتنا ولا نصف حقيقـة الوجود التي يكون عليها بين عمليات ملاحظاتنا لم يوافقه الجميع. وكان من المعسـكر المعارض شخصيات ذات وزن؛ منهم آينشتين وشرودنجر وديراك.



(شكل - 62)
ديفيد بوم

ومن المعارضين أيضًا كان **ديڤيد بوم**[1] (شـكل - 62)، الذي قدم **«نظرية المتغيرات الخفيـة** Hidden Variables Theory» التـي تتبـنى أن **نظريـة الكوانتم تطـرح فقط وصفًـا إحصائيًّا لسلوك مجموعات من الجسيمات التي لها وجود حقيقي ويسلك كل منهـا بحتمية**، ليس على المسـتوى الكبِّري الواقعي فقط بل وأيضًا على المستوى تحت الذري.

أن الإلكترون - مثلًا - الذي يُنظر إليه باعتباره جسيمًا محددًا عندما يعبر خلال الشـق في تجربة الشـق المزدوج، كذلك تبنى

(1) David Bohm: (1917 - 1992) أحد أكبر علماء الفيزياء النظرية في القرن العشرين، له إسهامات كبيرة في النظرة غير التقليدية لفيزياء الكوانتم، وأيضًا العلوم العصبية والنفسية وفلسفة العقل.

بوم - بناء على اقتراح لدو بروي - أن هذا الجسيم تصحبه «**موجة مرشدة** A pilot wave» تقوم بتوجيهه. هذه الموجة هي التي تستشعر إن كان الشق الثاني مفتوحًا أم مغلقًا، وبالتالي توجه الإلكترون تبعًا لذلك. ومن ثم إذا كان الجسيم محددًا، فإن الموجة ليست كذلك، وهي قادرة على نقل المعلومات عن الشق الثاني للإلكترون بصورة آنية.

بالرغم من أن نظرية بوم تمت مناقشتها كثيرًا لفترة، فإنها لم تستقر في الوسط العلمي، لقد اعتبروها مصطنعة للغاية، حتى آينشتين لم يقبلها.

ومثلما اهتم ديفيد بوم **بإثبات الحتمية**، فقد ركز على **القول بواقعية الوجود**. فبغض النظر عما يدور من حوارات حول حال وسلوك الوجود عندما لا نلاحظه، فقد اعتبر أن هناك عالمًا حقيقيًّا حتى عندما لا نلاحظه.

ستانارد والكوانتم والعالم الحقيقي

في بداية طرح ستانارد لتفسيرات ميكانيكا الكوانتم وما بينها من اختلافات، طلب منا أن نستوعبها ثم نختار ما نراه مقبولًا. وهذا ما يفعله ستانارد مع نفسه أمامنا في ختام هذا الفصل الماتع. ولا شك أننا في مسيس الحاجة لأن نعرف **رؤية ستانارد** والاسترشاد بها، وذلك لقلة بضاعتنا بخصوص عالم الكوانتم الغامض.

يبدأ ستانارد طرح رأيه حول الكوانتم قائلًا: لقد اعتدت أن أتماشى مع المنظور التقليدي لتفسير كوبنهاجن، الذي **لا يتنكر لوجود عالم حقيقي مستقل عن الملاحظ، لكننا في نفس الوقت لا نستطيع تحديد ملامحه الحقيقية** (وهذا هو الرأي الذي أتبناه). وحتى يصبح هذا التفسير مقبولًا، علينا أن نرجع خطوة إلى الوراء لنجيب عن التساؤل الأساسي الذي يقوم عليه هذا الطرح: **لماذا نعتبر أن هناك عالمًا حقيقيًّا؟!!!**

قد يبدو السؤال غريبًا ولا ينبغي أن يُطرَح! فالقول بوجود العالم يبدو قولًا بديهيًّا، لكن العلم لا يكتفي بمجرد اعتبار أن الأمر بديهي، ولا بد من أدلة على ذلك.

يقول ستانارد: إن هناك عالمًا حقيقيًّا لأن ملاحظاتنا تخبرنا بوجودٍ لـ «الآخر/ الغيرية Otherness»، «**فنحن**» عندما نتخذ قرارًا؛ مثلًا، أن نقيس موضع الجسيم أو زخمه، فهذا القرار

لا يخبرنا بما ستكون عليه قيم القياس. ويبني بور على هذه الفكرة؛ أن كل ملاحظة تشتمل على عنصر جديد لا يمكن التحكم فيه، وهو ما نقوم بملاحظته. وبالتالي فنحن نُعَرِّف **العالم الخارجي** (الآخر = Otherness) بأنه هو **العنصر الذي لا يمكن التحكم فيه عند ملاحظة الظواهر**، هذا هو العالم الخارجي بالنسبة لنا، ولا نستطيع أن نقول عنه أكثر من ذلك.

لماذا نعتبر أن ملاحظاتنا هي العالم الخارجي؟

إن اعتبار أن الآخر (العالم الخارجي) هو العنصر الذي لا يمكن لملاحظاتنا التحكم فيه يبدو معقولًا. لكن إذا تعمقنا في هذا الاستنتاج بشكل أكبر سيكون علينا أن نجيب عن تساؤل أساسي:

لماذا نعتبر أن ملاحظاتنا التي نطلق عليها «العالم الخارجي World - in - itself» هي «غيرنا»؟ ألا يكون إطلاقنا مصطلح (العالم الخارجي) على ملاحظاتنا المرتبطة بنا! ليس إلا غطاءً لـ «عجزنا عن التفسير»؟.

للإجابة عن هذا التساؤل، يقول ستانارد: من أجل أن نعتبر أن «العالم الخارجي» مفهوم «حقيقي» - وليس مجرد ادعاء بأنه يمثل «الآخر» - علينا أن نضع أيدينا على **بعض أوصافه التي تكون مستقلة عنا**، فهل نحن قادرون على ذلك؟

ويجيب ستانارد (ببعض التحفظ): نعم... نحن قادرون على وصف ما نرصده بأوصاف عامة قليلة معقولة، وإن لم تكن كاملة الدلالة، فإنها كافية لأن تثبت أن **ما نرصده هو «غيرنا»**، أي أنه **«العالم الخارجي»**، من هذه الأوصاف:

1) إن الأجهزة التي نستخدمها للرصد تقوم بعملها وتسجيل قراءاتها سواء كنا موجودين لنقوم بتدوين هذه القراءات أو لم نكن موجودين، وهذا يعني أنها تقيس عالمًا فيزيائيًّا حقيقيًّا.

2) إن **كل ما نلاحظه يلتزم بقوانين الطبيعة** التي لم نخترعها، بل اكتشفناها[1]. إن ذلك يعني أن ما نرصده هو وجود منتظم وليس فوضويًّا.

وينبغي ملاحظة أن ستانارد عندما يصف «العالم الخارجي» بأنه ملتزم بالقوانين، فإنه لا يعني أن هذه القوانين التي ندركها بملاحظاتنا هي موجودة (كهيئتها تمامًا) في «العالم الخارجي».

(1) ناقشنا الأدلة على ذلك في الفصل الثالث من الباب.

فمثـلًا؛ إذا كانت ملاحظاتنا تُظهر ما نسـميه بـ «قانون بقـاء الطاقة» فذلك لا يعني اليقين بأن الطاقة باقية في «العالم الخارجي» ولا يعني حتى إن هناك طاقة في العالم الخارجي هيئتها تطابق تمامًا ما نرصده! إن ما نطلق عليه «الطاقة» هو **وصف لما نلاحظه**، وينبغي أن يبقى كذلك. إن ذلك يعني **أن هناك انضباطًا ما في العالم الخارجي يعبر عن نفسـه في ملاحظاتنا على هيئة قانون بقـاء الطاقـة**، ولا ينبغي أن نقفز إلى اعتبـار أن ما نرصده هو الوصف الحقيقـي الدقيق للعالم الخارجي[1].

3) إذا كان دليل ستانارد السابق على غيرية ما نرصده «العالم الخارجي» هو السلوك المنتظم الذي نصفـه بقوانين الطبيعة، فالمدهش، أن دليله التالي هو **عنـصر الاحتمالية** Contingency الـذي يظهر في ملاحظاتنا عبر الوقـت، وإذا كان هذان الدليلان يبـدوان متعارضين فإنهما في الحقيقة متكاملان!

فاليوم - مثلًا - نظرتُ داخل الصندوق فوجدت داخله إلكترونًا، وعندما أنظر غدًا «قد» لا أجـد الإلكترون. إن طريقـة الرصد لم تختلف، كما أن دوري في الملاحظة لم يتغير، ومع ذلك **كانـت نتيجة الملاحظة مختلفة**، من ثم لا بـد أن يكون هناك شيء مختلف في المرصود، مما يعني أن المرصود هو غيري.

إن **العلاقـة بين الاحتماليـة والانضباط** (بالقوانـين) عجيبة. ففي ممارسـتنا للفيزياء؛ نحن نفحص أحداثًا احتمالية؛ جسيمات محتملة في مواضع محتملة تتحرك بسرعات محتملة في أوقات محتملة. وتتغير احتمالية هذه الأحداث عبر الوقت باستمرار، لكنها تظل كلها خاضعة لقوانين قليلة بسيطة ثابتة، ونحن نصل إلى هذه القوانين من خلال دراسة هذه التغيرات العابرة سريعة الزوال. معنى ذلك أننا نصل إلى القوانين الثابتة من خلال أحداث محتملة في إطار هذه القوانين (أي أن احتماليتها ليسـت مطلقة)، ومن ثم فكلاهما (القوانـين والأحداث) ينبغي أن يكونا في «العالم الخارجي» (غيرنا - الآخر).

ونكـرر هنا مـا نقلناه عن سـتانارد مع الدليل الأول، وهـو أننا إذا كنا نتحـدث عن وجود

(1) إذا أردنا أن نُبسَـط الفكرة، تأمل «قوس قزح»، لا شـك أن السـماء لا تتشكل فيها دوائر ملونة عقب الأمطار، لكن هذا هو رصدنا لانكسار الضوء عند مروره في جزيئات بخار الماء الموجودة فعلًا خارجنا.

إلكترون في الصندوق اليوم وعدم وجوده غدًا، فذلك لا يعني - يقينًا - أن هناك كيانًا قادرًا على الظهور والاختفاء في العالم الخارجي، ولكن يعني **وجود كيان ما يبدو هكذا لملاحظاتنا.**

4) بالإضافة إلى السلوك المنتظم لما نرصده (قوانين الطبيعة) في إطار الاحتمالية، فإن من المظاهر التي تشير إلى «غيرية» العالم الخارجي هو **«ثبات ما نرصده عبر الوقت** Consistency over time». ويعني ستانارد بذلك أن القوانين (بالرغم من الاحتمالية) لا تتغير بمرور الوقت، فحفظ الطاقة يحدث اليوم وسيحدث غدًا وفي المستقبل الممتد. نحن نرصد اليوم الكواركات والإلكترونات، ونتوقع أن تظل سمة ثابتة في ملاحظاتنا. إن هذا الثبات يعكس ثباتًا في العالم الخارجي ذاته.

ينبغي هنا أن ألفت النظر إلى حديث الفلاسفة عن «مشكلة الاستقراء»، ويعنون بها أنه ليس هناك دليل على ثبات ملاحظاتنا. فمثلًا، يعتبرون أن ليس هناك دليل على أن الشمس ستشرق غدًا!!! نعم ليس هناك دليل عقلي (بالمفهوم الفلسفي) لكن هناك أدلة علمية حاسمة على ذلك. لذلك، نحن **نحمد الله أن تحرر العلم من الفلسفة وإلا لكنا اليوم نحيا في حضارة أرسطو!!!**

5) لعل من أهم الأدلة على غيرية العالم الخارجي هو **«العمومية** Publicity». فالعالم الذي تتفاعل أنت معه هو نفسه الذي أتفاعل أنا معه. إن المشترك بيننا ليس **القوانين المنتظمة** فحسب بل أيضًا **الأحداث الاحتمالية**. فإذا رصدتُ إلكترونًا في الصندوق، فإنك إذا نظرتَ فيه فسترصد الإلكترون أيضًا. إن كلانا يتعامل مع عالم له نفس السمات العابرة.

6) أيضًا، هناك سمة مهمة كثيرًا ما نتجاوزها للعالم الخارجي، ويبينها ستانارد من خلال هذا المثال: إذا أتاحت ملاحظاتنا معلومات تتماشى في العالم الخارجي مع ما نعتبره «إلكترون»، وإذا رصدنا مجموعتين من المعلومات تتماشى كل منها مع الإلكترون، فهل يعني ذلك أن لدينا في الخارج إلكترونين؟ ليس ضروريًّا... فتبعًا لمفهوم «التعالق»، قد ترجع ملاحظاتنا لما نعتبره إلكترونين إلى أننا نرصد **نظامًا فيزيائيًّا واحدًا موجودًا في مكانين في العالم الخارجي.**

7) إذا كانت الأدلة السابقة التي قدمها ستانارد على غيرية العالم الخارجي تدور حول استقلاليته عنا، فذلك لا يمنع أن يقدم دليلًا إضافيًّا يعتمد على قدرتنا على تغيير العالم الخارجي،

فنحن **نستطيع أن نؤثر في هذا العالم**، ومن ثم فإن الملاحظة التي نرصدها الآن ثم نتعامل معها يمكن أن تؤثر في الملاحظة التالية.

8) يمكنني أن أضيف دليلًا آخر لما قدمه ستانارد على غيرية العالم الخارجي؛ وهو أن ما نرصده كثيرًا ما **يتعارض مع أهوائنا ورغباتنا**! أما كان ينبغي إن لم يكن للوجود وجود خارجي أن نشكله تبعًا لمصحلتنا؟!

و يعلق ستانارد قائلًا:

إن هناك المزيد من الأدلة على أننا نرصد عالمًا حقيقيًّا خارجيًّا، لكن ما ذكرنا من أدلة منطقية يكفي لإثبات ذلك. ولأن أدلتنا هي خطوط **عريضة عامة** فقد لا تقنع العلماء ولا الفلاسفة الذين يرغبون دائمًا في توصيف دقيق للعالم حتى يقتنعوا بغيريته وبأنه كيان خارجي حقيقي يختلف عن عمليات الملاحظة التي نقوم بها.

الكوانتم تمشي على الحبل!

يخبرنا ستانارد، أن قناعته السابقة وسط بين طرفين؛ الأول، يتبنى أن **ليس هناك ما يمكن قوله البتة عن العالم الخارجي**، والطرف الآخر يمثله **القائلون بوجود هذا العالم، وأن العلم قادر على أن يصف حقيقة الوجود بجميع تفاصيلها.**

وهذا الموقف الوسط هو أننا **عاجزون عن وصف حقيقة أشياء موجودة بالفعل**، مثال ذلك طبيعة المكان والزمان وخواص المادة (مثل الشحنة الكهربائية والغرابة).

ولا شك أن الجدال السابق يطرح سؤالًا يمثل يقينًا حاجزًا معرفيًّا يقف بنا عند حدود معينة من الاكتشافات:

هل في قدرة العلم أن يصف العالم الخارجي ذاته، أم ينبغي التسليم بأن العلم يقتصر على الحديث عن ملاحظاتنا لهذا العالم؟

ولعل من أهم **الجوانب غير المرضية في تفسير كوبنهاجن** والتي تجعل الإجابة عن هذا التساؤل عسيرة، هي اعتباره أن طريقة ملاحظاتنا للمرصودات لا مشكلة فيها! بينما إذا التمسنا الدقة، لوجدنا إن وصفنا لما نرصد ينطلق من ظننا أن **أجهزتنا الرصدية** ترصد الوجود الخارجي

بصـدق، بينما الحقيقة غـير ذلك، حتى يمكننا القول، أنه خلال الـ 80 عامًا من الاختلاف حول هـذه القضية فإن أحدًا لم يُقَـدِّم وصفًا موضوعيًّا حقيقيًّـا (لا يتأثر بقدراتنا الرصدية) لإحدى سمات العالم الخارجي. وهذا ما أشار إليه بور من قبل.

ونختم طرحنا لنظرية الكوانتم، بأن الجدال الذي كان سـاخنًا حول تفسيرها في ثلاثينيات القرن العشرين لا يزال على حاله حتى اليوم. ويمكن القول أن معظم المتخصصين الآن يتبنون **إحدى أطروحات تفسير كوبنهاجن**، وإن كان الأمر لا يزال غير مرض لعديد من الفيزيائيين الكبار.

الفصل الثاني عشر

النظرية الحلم

- محورا الوجود غير متوافقين
- نظرية الأوتار، حلم حل التناقض
- نظرية الأوتار
- نظرية الأوتار في الميزان
- الكون ذو الأبعاد التسعة
- الحلول تولد مشكلات
- الأوتار وجاذبية الكوانتم
- نظرية كل شيء
- هل ستطلعنا النظرية M على حقيقة الوجود؟
- ثنائية (غير المادي - المادي)
- الثنائية ونظريات تفسير الوعي
- توهم التوهم
- الحل في شكل جديد للثنائية

إذا كان اهتمام الفيزياء الحديثة بدراسة **طبيعة الذرة وجسيماتها** قد نشط في النصف الثاني من القرن العشرين بعد بناء مسرِّع سيرن، فإن فهمنا الحديث للعالم الفيزيائي قد سبق ذلك عندما قام على محورين أساسيين، هما **نظرية النسبية العامة ونظرية الكوانتم**. الأولى، تصف ما هو كبير وهائل، وهي أفضل ما يقدم لنا توصيفًا للكون، وتتعامل الثانية مع ما هو ضئيل للغاية؛ الفيزياء الذرية وتحت الذرية. وقد صمدت كلتا النظريتين - كلٌّ في مجالها - أمام كل التحديات ومحاولات التكذيب.

محورا الوجود غير متوافقين

بالرغم من الأدلة الكثيرة على صحة نظريتي الكوانتم والنسبية مما يجعلنا مطمئنين لهما، فإن ستانارد يفاجئنا بأن بداخل العلماء قلقًا عميقًا تجاههما، ذلك أن النظريتين غير متوافقتين مع بعضهما البعض!!!

فنظرية الكوانتم «تفترض» وجود زمكان يمثل خشبة المسرح التي تدور عليها كل أحداث الوجود، إن **الزمكان** بالنسبة لها هو المسرح فحسب، **«ليس له دور إيجابي»** في الأحداث. بينما تتبنى **النظرية النسبية العامة** أن محتويات الكون تشكل و تقولب وتحدد مسرح الزمكان هذا، مما يتطلب **«تفاعلا وثيقًا»** بين ممثلي الدراما الكونية (أجرام الكون) وبين خشبة مسرح الأحداث. باختصار، إن **طبيعة خشبة المسرح «فرضتها» علينا** النظرية النسبية العامة، و«لم نفترضها نحن مسبقًا» كما هي الحال في الكوانتم.

لا يقف عدم التوافق بين النظريتين الأساسيتين عند اختلاف علاقتهما بخشبة المسرح فحسب، بل إن **السمات الأساسية** لكل منهما مختلفة كثيرًا. **فعالم النسبية العامة (الزمكان) ممتد متصل ومنحنى بلطف ومتغير بسلاسة**، ولكل نقطة متناهية الصغر منه سمات محددة، كذلك

فـإن كل **الثوابـت الفيزيائية** التي تتعامل معها النظرية محددة تمامًـا (مثلما هي الحال مع فيزياء نيوتـن). أما **نظرية الكوانتم** فعلى النقيض؛ فعـالم الكوانتم **متقطع غير متواصل** (نظرية المجال الكمومي) كما أنه عبارة عن قياسات منفصلة وعمليات رصدية مستقلة تفصلها فترات لا تخضع للرصد. والمناطق المحدودة من زمكان الكوانتم تكون معرضة باستمرار **لتذبذبات عنيفة** بسبب تكوين جسـيمات افتراضيـة، وكلما صغر مجال الزمـكان كلما كان التذبذب أكـثر عنفًا حتى ينفجـر عندما يصبـح المجال نقطة. وبالنسـبة للثوابت الفيزيائية، تؤكـد الكوانتم أنه لا يمكن قياسها بدقة في نفس الوقت، ولا حتى مجرد تعريفها، وذلك كتابع من توابع مبدأ الريبة.

وإذا كنا نسـتطيع أن **نحل التناقض بين النظريتين على المستوى العملي**، وذلك بأن نستخدم النسـبية للظواهر الكبيرة ونسـتخدم الكوانتم للظواهر الدقيقة، فلا شـك أننا **غير سعداء على المستوى التفسيري** بأن يقوم فهمنا للوجود على نظريتين مختلفتين كثيرًا منطلقتين من طريقتين غير متوافقتين في النظر.

وحتـى **على المسـتوى العملي، تواجهنا مواقف في الطبيعة يحـدث فيها تداخل** لا مهرب منه بين النظريتين. خذ مثلًا **الثقوب السوداء**؛ التي نبعت فكرتها من النظرية النسبية. فعندما ينفد وقود نجم هائل (سـوبر نوڤا) تنتهي فترة عمره النشـط، إذ لا يستطيع أن يحافظ على وجوده في مواجهة قوى الجاذبية داخله. عندئذ ينفجر السوبر نوڤا فينهار داخل نفسه إلى نقطة لا حجم لها، نسـميها مفـردة/ فردانية[1]. وهذا ينقلنا مباشرة من عالم النسـبية إلى مجـال العالم الدقيق، عالم الكوانتم، لنبدأ بانفجار كوني جديد للمفردة وبزوغ كون جديد.

وإذا كانت النظريتان تتفقان في أنهما تواجهان **مشكلات مع اللا نهائيات**، فهي مشكلات من نوع مختلف. فمشكلات **النسبية العامة** تكمن في الكثافة اللا نهائية في مركز الثقب الأسود وعنـد لحظة الانفجـار العظيم. بينـما تنبع **مشـكلات الكوانتم** من أن للمجـالات الكهربائية والمغناطيسـية قيـمًا مختلفة في النقط المختلفة الـلا نهائية في المكان، والتـالي يصبح هناك عدد لانهائي من هذه الثوابت الفيزيائية غير المحددة بشـكل كامل، مما يصيب المعادلات الرياضية بالخبل.

(1) شرحنا من قبل كيف تؤدي قوى الجاذبية إلى انفجار يعقبه انهيار داخلي، وذلك من خلال آلية تعتمد على جسـيمات النيوترينو.

ما أروع - قارئي الكريم - أن تقرأ مثل هذه **المقارنة السلسلة! العميقة! الرائعة!** بين محوري الوجود، الكوانتم والنسبية، من رجل عالي التخصص يعمل في مطبخ الأحداث.

ولكن، هل هذا القدر من عدم التوافق يستعصي على الحل، ومن ثم ينبغي تجاوزه والاكتفاء بالتعامل العملي مع النظريتين، **أم يمكن التوصل إلى صيغة تفسيرية تجمع بينهما؟**

نظرية الأوتار
حلم حل التناقض

كم حَلُم آينشتين بأن يُزيل التناقض بين هاتين النظريتين المحوريتين؛ النسبية العامة والكوانتم وأن يربط بينهما، لكنه لم يتمكن من ذلك. وقد ظلت النظرية المشتركة التي تجمع بينهما هي قِبلة الفيزياء المقدسة، ويمكن أن نطلق على هذه النظرية الحلم اسم «**جاذبية الكوانتم** Quantum Gravity» باعتبار أن النسبية العامة تدور حول الجاذبية.

ولعل **نظرية الأوتار** String Theory التي بدأ العمل فيها في العقد الأخير من القرن العشرين من أفضل محاولات الربط بين النسبية العامة والكوانتم، وهي لا تحقق هذا **الربط في كيان كلي متجانس** فحسب، لكنها أيضًا جعلتنا **نراجع نظرتنا لفيزياء الجسيمات الأساسية.**

نمهد لعرض نظرية الأوتار بتقديم طرح معاكس! فننطلق من بديهية أن التعمق في دراسة بنية المادة، من المتوقع أن يصل بنا إلى مكونات ليس لها حجم بالمرة ومن ثم ليس لها بنى داخلية أدق. لذلك كان منطقيًّا أن نعتبر أن الكواركات والليبتونات والجسيمات الوسيطة للقوى هي **جسيمات نقطية ليس قبلها أو دونها شيء**، لكن، ألا يمكن أن يكون الأمر غير ذلك؟

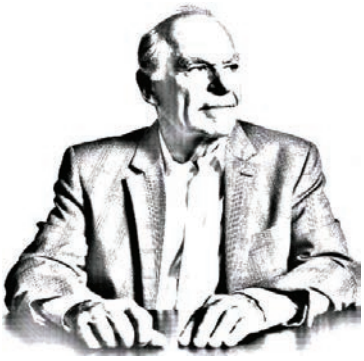
وعندما درس العلماء خصائص الجسيمات الأساسية التي تتشكل في المسرعات النووية، وجدوا بينها سمات متشابهة كثيرة، حتى يمكن اعتبار أن **الجسيمات الأعلى كتلة هي أنماط مستثارة من الجسيمات الأقل كتلة**، أي أن للأعلى كتلة نفس سمات الأدنى كتلة، لكن طاقتها الداخلية تكون أعلى، لذلك تكون كتلتها أعلى. بالتأكيد، لا يمكن تفسير الكتلة الأعلى بأن الجسيمات الأساسية تحتوي على مادة أكثر؛ لأن هذا التفسير يُسقط كونها جسيمات أساسية. لذلك **وجد الفيزيائيون في الطاقة الأعلى البديل المناسب تمامًا عن المادة كمصدر للكتلة الأعلى.**

نظرية الأوتار

لقد أثارت فكرة أن الفرق بين الجسيمات الأولية يكمن في اختلاف طاقاتها الداخلية استنتاجًا عبقريًا، بزغ في سبعينيات القرن العشرين، ونضج في الورقة البحثية المهمة[1] التي قدمها **چون شوارز**[2] (شكل - 63) و**مايكل جرين**[3] (شكل - 64) العام 1984.



(شكل – 63)
جون شوارز



(شكل – 64)
مايكل جرين

والآن، مع المتخصص رسل ستانارد ليعيننا في فهم «نظرية الأوتار»:

كان استنتاجًا عبقريًا أن يعتبر العالمان الكبيران أن **الجسيمات الأساسية الحقيقية قد لا تكون جسيمات نقطية، لكنها عبارة عن أوتار** Strings؛ أوتار دقيقة متناهية الصغر رفيعة ذات بعد واحد، بعضها مفتوح Open strings وبعضها مغلق Closed Strings (شكل - 65). ولها طول محدود، وبالرغم من محدودية طولها لا ينبغي اعتبار أنها تتكون من أجزاء مثل الأوتار المألوفة. إن الوتر الذي تفترضه النظرية هو كيان أساسي لا ينقسم، مثلما نظر الفلاسفة القدماء إلى الذرة.

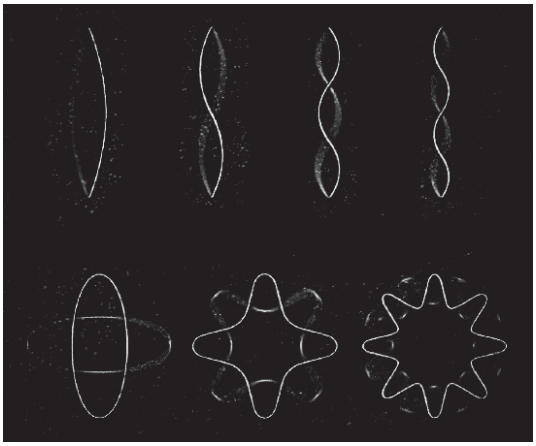
وتفترض النظرية أن الأوتار تكون **مشدودة** وأنها **تتذبذب** بترددات معينة، وتشبه في ذلك **أوتار الجيتار** إلى حد بعيد. ومثلما أن أوتار الجيتار ذات الطول المعين والتوتر (مقدار الشد)

(1) «Anomaly cancellation in supersymmetric D = 10 gauge theory and Superstring theory».

(2) John Schwarz: الفيزيائي النظري الأمريكي، من مؤسسي نظرية الأوتار، ولد عام 1941.

(3) Michael Green: الفيزيائي النظري البريطاني، من مؤسسي نظرية الأوتار، ولد عام 1946.

المعـين تُنتج ترددات ذات نغمات معينة وليس ترددات وسـطًا بين هـذه النغمات، فهذا يتماشى بالفعل مع أننا نحصل في المسرعات النووية على جسيمات ذات طاقة ومن ثم ذات كتل محددة وليس كتلًا وسطًا بينها.



(شكل - 65)
الجسيمات الأولية على هيئة أوتار متذبذبة
أعلى: أوتار مفتوحة
أسفل: أوتار مغلقة

لذلك تعتبر النظرية أن الجسيمات المختلفة التي نحصل عليها في المسرعات النووية ليست إلا **أنماطًـا مختلفـة من الترددات لأوتار متماثلة تمامًا**. أما سـمات الجسـيم المختلفة مثل شـحنته الكهربائيـة وشـحنته اللونيـة فترجع إلى سـمات مختلفة لنمـط الاهتزاز، ولعل مـن أهم هذه السمات، أنه كلما زاد معدل الترددات زادت طاقة الوتر ومن ثم زادت كتلة الجسيم.

ومـن الناحية النظريـة، هناك **عدد لا نهائي من معدل وأنماط الـترددات** التي يمكن أن تهتز بها الأوتار، ومن ثم هناك مدى كبير (لا نهائي) من الطاقات (ومن ثم من الكتل) التي يمكن أن تُنتجهـا الأوتار، مما يعني قدرًا لانهائيًّا من الجسـيمات، لكننا نحصـل فقط على ما هو في حدود قدرة تسريع مسرعاتنا النووية.

إذا كنـا في إطار التشـبيه بالجيتار قد تحدثنـا عن تردد الأوتار وأنماطه، فالسـؤال التالي - في نفس الإطار - سيكون: **ما طول هذه الأوتار؟** الإجابة المبدئية: لا نعرف.

ولكن، لما كانت هذه النظرية تربط بين النسبية العامة والكوانتم، فمن الطبيعي أن يكون طول الأوتار مشتقًا من القياسات الأساسية الثلاثة للنظريتين - والتي ناقشناها من قبل - وهي: c،h، G. لذلك توقعاتنا أن يكون طول هذه الأوتار الأساسية **في حدود طول بلانك**، أي 10^{-20} حجم البروتون. إنها صغيرة للغاية، وهذا ما جعلنا - في السابق - نتصور أن الجسيمات الأساسية هي كيانات نقطية.

ومهما كانت الأوتار قصيرة، فهي ليست قصيرة إلى ما لا نهاية، لكن لقصرها حد معين وهو طول بلانك. وطول الأوتار هو الذي يحدد مدى التذبذبات الكمومية، كما يجعلنا عاجزين عن سبر ما يحدث على مستوى أقصر من طول بلانك.

إن نظرية الأوتار تنطبق على كل الجسيمات الأولية، سواء المكَوِّنة للمادة أو الجسيمات الوسيطة للطاقة. إنه **مبدأ واحد يشمل الجسيمات والطاقات**. لذلك إذا اكتملت نظرية الأوتار فإنها ستصبح «**نظرية كل شيء**» التي يحلم بها الفيزيائيون.

نظرية الأوتار في الميزان

بعد أن استعرض ستانارد الخطوط العريضة لنظرية الأوتار، بدأ في تحديد إيجابياتها وسلبياتها، فيقول عن إيجابياتها: إن المفهوم المحوري الذي تقوم عليه النظرية - وهو أن **الجسيمات الأساسية ليست كيانات نقطية**، لكنها أوتار ذات طول - قد **قضى على الصعوبات والمشكلات** التي واجهتنا عند محاولة تفسير سلوك الجسيمات من خلال المنظور النُقَطي، بالإضافة إلى أن تفسير الكثير من مفاهيم النسبية والكوانتم يستلزم أن يكون للكيان الحقيقي طولًا قابلًا للقياس.

استحضر - مثلًا - كيف أننا عاجزين عن قياس موضع وزخم الإلكترون بدقة في وقت واحد. إن ذلك لم يكن بسبب مشكلات دقة توجيه الفوتونات التي نستخدمها في مهمة القياس، لكنها كانت - في ضوء نظرية الأوتار - بسبب أن **الإلكترون - بالفعل - ليس له موضع وزخم محددان**، فهذا التحديد الدقيق يتطلب طبيعة نقطية، أما الوتر ذو الطول فمن الطبيعي ألا يمكن اختزال موضعه وزخمه في نقطة.

واستحضر أيضًا كيف أننا عاجزون عن دراسة التذبذبات الكمومية عندما نقترب من

الحالـة النقطية. إن هـذا العجز يرجع إلى أننا **نسـتخدم أوتارًا ذات طـول (الفوتونات) لندرس حالة نقطية مفترضة!**

كذلـك فإن المشـكلات المرتبطة بـ **فكرة «المفـردة» في نظرية الانفجـار العظيم** تصبح لا معنى لها، إذ ترجع هذه المشكلات إلى فكرة الكيان النقطي الذي لا يمكن قياسه. ومن ثم، فإن المفردة النقطية للانفجار الكوني وأيضًا الموجودة في مركز الثقوب السـوداء تصبح توهمات في إطار مفهوم الأوتار. ليس معنى ذلك أنه في حالة ثبوت نظرية الأوتار ستنهدم نظرية الانفجار الكوني العظيم والثقوب السوداء، لكن الأمر سيتطلب إعادة صياغة هذين المفهومين - وغيرهما - في ضوء كيان كطول بلانك وليس في ضوء كيان نقطتي ليس له قياس.

ومن مميزات نظرية الأوتار الأخرى، أنه إذا كان النموذج القياسي يحتاج لضبط (19) ثابت/قياس Parameter فإن نظرية الأوتار **تحتاج لثابت واحد**، وهو «توتر/ قوة شد Tension» الوتر. وعند حساب التردد المطلوب لجسيم الجراڤيتون الافتراضي، ظهر أنه يتشكل عندما يكون توتر الوتـر مقداره 10^{39} طن؛ إن هذا التوتر الفائق يجعل الأوتار صلبة للغاية وقصيرة للغاية[1]، أي في مستوى طول بلانك. يا الله.. إن المطلوب ضبط قياس واحد فحسب؟ كم هذا رائع.

و يصف سـتانارد هـذه الإيجابيـات قائلًا: كم يـؤرق الفيزيائيـين و يعجزهـم التعامل مع **«المفردات النقطيـة»**، ومن ثم فإنهم يرحبون بأية نظرية تتجاوز هذا المفهوم، وهذا هو الذي جعل معظم الفيزيائيين النظريين خلال العقدين الأخيرين ينشغلون كثيرًا بنظرية الأوتار.

لقـد كانت الإشـارات المبدئية حول صحة النظرية **مشـجعة للغاية**، خاصـة عندما ظهر أن أحد أنماط تردد الأوتار يتماشى مع **جسـيم الجراڤيتـون** Graviton الافتراضي الذي تطرحه الكوانتم كوسيط لقوة الجاذبية، أي أن ملامح الجراڤيتون الافتراضي قد تشكلت بشكل طبيعي في إطـار النظرية مما يُرَجِّح كثيرًا صحتها، وبالمثل تشـكلت ملامح **عنـاصر النموذج القياسي التي نعرفها** في إطار النظرية بشكل طبيعي.

كم هي مفيدة وجذابة ومريحة هذه النظرية...

ثم بدأت الدلالات السلبية للنظرية في الظهور...

(1) هذا التردد الفائق جعل الفيزيائيين يطلقون على النظرية أيضًا اسم «نظرية الأوتار الفائقة Super String theory».

يخبرنا ستانارد أن من أهم الصعوبات التي أفرزتها النظرية، أنها طرحت أنماطًا ترددية تقابل جسيمات ذات **كتلٍ تخيلية**[1] Imaginary mass، وهي الكتل التي إذا تربعت قيمتها كانت نتيجتها كمية سالبة (مثل - 25).

لقد كانت بداية التفكير في مفهوم الكتل التخيلية عندما طرحت نظرية النسبية الخاصة فرضية أنه إذا كانت المادة الاعتيادية تتحرك بسرعات بين صفر وسرعة الضوء «C»، فهل توجد مجموعة من الجسيمات تتحرك بسرعات بين سرعة الضوء وبين اللا نهاية؟ وقد أُطلق على هذه الجسيمات الافتراضية اسم «**الجسيمات السريعة** = تاكيونات Tachyons»، وتتطلب هذه السرعة التي تفوق سرعة الضوء أن تكون كتلة هذه الجسيمات تخيلية.

حتى الآن، ليست لدينا أية دلالات على وجود مثل هذه الجسيمات، ومن ثم كان طرح احتمالية وجودها من خلال نظرية الأوتار محبطًا. وربما يقلل من هذا الإحباط ما ظهر من أنه يمكن تخطي هذه المشكلة عن طريق دمج مفهوم التماثل الفائق[2] Supersymmetry مع نظرية الأوتار، والواقع أنه تم طرح مفهوم أزواج التماثل الفائق - للمرة الأولى - في ضوء نظرية الأوتار. لذلك - في مرحلتنا الحالية - فإن كل نماذج نظرية الأوتار تتبنى التماثل الفائق، خاصة بعد أن ظهر أن الأنماط الترددية للأزواج المتماثلة تتماشى مع مفاهيم النظرية بشكل طبيعي.

الكون ذو الأبعاد التسعة

نسمع كثيرًا أن الفيزياء الحديثة تتحدث عن ثمانية وتسعة أبعاد مكانية وليس عن ثلاثة فقط كما يعهد، وكغير متخصصين لا يدرك معظمنا معنى ذلك؛ فما حقيقة الأمر؟:

من الطبيعي أن تتوقف أنماط اهتزاز/ تردد الأوتار على **عدد الأبعاد المكانية التي يمكن أن تهتز فيها**. فإذا كان في العالم بُعدان مكانيان فإن الوتر الذي يمتد في أحدهما يمكنه أن يتذبذب فقط في الاتجاه العمودي عليه (للأمام والخلف) كوتر آلة القانون. ويسمح وجود البعد الثالث بإضافة بُعد جديد للحركة، وهو من أعلى لأسفل، كأن يجذب العازف وتر القانون لأعلى ويتركه ليرتد لأسفل، وهذا هو **عالمنا ثلاثي الأبعاد المكانية**.

(1) ناقشنا مفهوم القياسات التخيلية في الفصل الخامس من الباب الأول وسنستكمل مناقشته بعد قليل.

(2) ناقشنا هذا المفهوم عند حديثنا عن المادة المضادة في الفصل السابع من هذا الباب.

إن كل بعد مكاني إضافي يتيح احتمالات أكثر للحركة. وقد ظهر أن الحصول على جميع الجسيمات الأساسية بسماتها المميزة (كتلتها وشحنتها و...) يحتاج لستة **أبعاد مكانية إضافية تتحرك فيها الأوتار مع أبعادنا الثلاثة التقليدية.**

لكن لك أن تتساءل؛ إن كل ما ندركه من الأبعاد المكانية هو هذه الثلاثة التي نعرفها، بل لا يمكننا تصور غيرها؛ **فـ«أين» يمكن أن توجد هذه الأبعاد الإضافية؟!**

كثيرًا ما أرقني هذا السؤال، وكنت كثيرًا ما أناقشه مع طلبتي أثناء تدريسهم مادة الجراحة. ولعل أهم ما تمخضت عنه هذه النقاشات هو النظر للمعضلة من منظور: هل عدم القدرة على إدراك أو تصور بُعد إضافي يعني أنه غير موجود؟

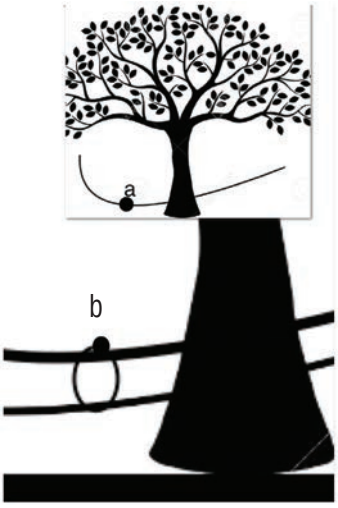
وكانت المفاجأة عندما قَدَّمت لي الإجابة عن تساؤلي العويص إحدى **«ديدان الأرض»** التي كنت أجمعها من الطين لأستخدامها كطعم لسنارة الصيد! فعندما أمسكت بالدودة - ذات مرة - سرحت بفكري معها؛ ماذا لو كانت هذه الدودة قادرة على إدراك بُعدين فقط؛ أمام - خلف ويمين - يسار؟ إن العالم بالنسبة لها سيكون كصفحة الكتاب التي تقرأ كلماتها الآن. وإذا نظرت الدودة إلى الكرة التي يضربها الصبي في الأرض فترتد لأعلى، فإن الدودة سترى أن الكرة تظهر (عندما تصطدم بالأرض) ثم تختفي (عندما ترتفع إلى أعلى= البعد الثالث الذي لا تدركه الدودة). كذلك سترى الدودة في الصباح الباكر أن الشمس موجودة في الشرق في مستوى الأرض، ثم تختفي، وبعد ساعات تجدها في الغرب في نفس المستوى، إن الدودة لن تبصر الشمس في البعد الثالث عندما ترتفع لأعلى. هكذا يبدو الوجود لكائن لا يدرك إلا بعدين اثنين، إنه عالم مسطح كصفحة الكتاب، وربما تسخر الدودة مني إذا أخبرتها بأن هناك بعدًا ثالثًا تدور فيه أحداث لا يمكنها أن تدركها.

أفيق من تأملاتي الدودية على طرح ستانارد الذي يرد سخرية الدودة في نحرها! فيُهدئ من حيرتي ويقرب الصورة؛ لقد طرح فيزيائيو الأوتار أن القياسات المكانية الإضافية المطلوبة لتحديد موضع الحدث في المكان، هي **أبعاد ملفوفة/ مبرومة** Curled - up عند كل نقطة، إنها أبعاد دقيقة للغاية. ويعطينا ستانارد - لتقريب الفكرة - مثالًا من نفس بيئة الدودة: تصور أنك ترقب حديقة عن بعد، ورأيت خطًا متعرجًا على العشب (شكل - 66 a). إذا أردت أن تصف نقطة معينة على الخط لن تحتاج إلا لقياس واحد، وهو بُعد النقطة عن أحد طرفي الخط.

وعندما اقتربت من الحديقة، اكتشفت أن هذا الخط هو **خرطوم رش المياه** (شكل - 66 b) عندها أدركت أن عند أية مسافة من طرف الخرطوم لا توجد نقطة فحسب، ولكنّ هناك قطاعًا عرضيًّا دائريًّا يقطع الخرطوم. ومن ثم إذا أردت أن تحدد موقع نقطة على الخرطوم لن يكفيك قياسٌ واحد من طرفه، لكنك ستحتاج أيضًا لقياس آخر لموضع هذه النقطة على محيط الخرطوم بالنسبة إلى نقطة أخرى تتخذها كمرجعية للقياس الدائري. هكذا **أصبحت النقطة على الخط ملفوفة**، وأصبحت تحتاج إلى قياسات أكثر لتحديدها.

وبالمثل، تتبنى نظرية الأوتار، أننا من أجل أن نحدد موضع حدث في الزمكان فإننا لا نحتاج لثلاثة أبعاد مكانية وبعد واحد زماني فحسب، لكننا نحتاج أيضًا إلى **ستة قياسات مكانية أخرى** لتحديد موضع الحدث في الأبعاد المبرومة/ الملفوفة الموجودة عند كل نقطة في المكان. وإذا عدنا إلى تشبيه الحديقة، يمكن أن نعتبر أن عالمنا المرصود ثلاثي الأبعاد هو الخط الذي نرصده عن بعد، بينما الزمكان الحقيقي هو الخرطوم الملفوف.

هكذا تفسر النظرية وجود الأبعاد المتعددة وقياساتها وشكلها المطلوبة لتحديد كتلة وشحنات وبقية سمات الجسيمات من خلال تذبذب الأوتار.



(شكل - 66)

خرطوم المياه في الحديقة

a) كما يبدو عن بُعد b) عند الاقتراب منه

والسؤال المنطقي (والمُلغز) التالي هو:

لماذا هناك ثلاثة أبعاد مكانية ممتدة (نرصدها)
وستة ملفوفة (لا نرصدها)؟

لا أحد يدري، وربما لن ندري، والأرجح أن يظل هذا السؤال يمثل حاجزًا معرفيًّا. وقد يرجع ذلك إلى أحداث - فقدنا معالمها الآن - وقعت في المراحل المبكرة للغاية بعد الانفجار الكوني.

الحلول تولد مشكلات

ويتعمق ستانارد بنا أكثر في تقييم نظرية الأوتار، فيقول:

ذكرنا أن من النتائج المدهشة لنظرية الأوتار أنها تحتاج لثابت واحد، وهو توتر الوتر، لكن انتظر... هناك مشكلة تنغص علينا جمال فكرة **الثابت الواحد**، فمن العجيب أن نظرية الثابت الواحد توقعنا في تعددية هائلة من البدائل! فمثلًا، ذكرنا أن مفهوم **«التماثل الفائق»** لا غنى عنه لنظرية الأوتار، وقد ظهر أن هناك خمس طرق مختلفة لتحقيق هذه العلاقة، منها مثلًا؛ أن تكون الأوتار مستقيمة (أي مفتوحة وطرفيها طليقين) أو يكون طرفاها متصلين (أي على هيئة دائرية) أو ... وبالتالي ليست هناك نظرية واحدة، بل أمامنا **بدائل عديدة**، ويبدو أننا لن نستطيع الترجيح بينها. وللأسف، تتجه مشكلة التعدد إلى الأسوء عندما نكتشف أن هناك **أنماطًا هندسية عديدة للغاية للأبعاد الملفوفة**. ومن ثم، فإن تعدد البدائل يجعل **عدد القياسات المطلوبة في تزايد وليس في تناقص**.

لقد أصبح هناك مدى واسع من صياغات نظرية الأوتار؛ أنماط هندسية مختلفة تؤدي إلى نماذج ترددية مختلفة، تؤدي بالتالي إلى توقعات مختلفة لسمات الجسيمات. والرائع أن هذه النماذج المختلفة تتفق جميعها في سمات تتناسب مع **جسيم الجراڤيتون**، مما يُرَجِّح صحة النظرية، لكنه - في نفس الوقت - يجعلنا عاجزين عن تحديد أي هذه النماذج هو الأصوب.

ومن السمات غير المريحة الأخرى للنظرية، ليس فقط أن الأبعاد الإضافية الملتفة المفترضة تكون من الصغر بحيث لا يمكن رصدها، ولكن أن **الأوتار ذاتها تكون في مستوى طول**

بلانك، وتحتاج من أجل رصدها ودراستها إلى مقذوفات إشعاعية يكون طول موجتها أقصر من الأوتار! و إذا قبلنا هذه الفرضية النظرية «**المستحيلة**»، فإن تحقيق ذلك يتطلب بناء مُسَرع قادر على سبر هذه الأطوال هائلة القصر، وهذا المسرع ينبغي أن يكون كحجم مجرتنا.

وعند الحديث عن مشكلات نظرية الأوتار، يتبنى الكثير من الفيزيائيين أن النظرية **تفتقر إلى القدرة التنبؤية**؛ بمعنى أنها لا تسمح لنا بطرح فرضية تنبؤية ثم نجري تجربة لإثباتها أو لنفيها، وهو الطريق الذي يتقدم العلم من خلاله. فحتى الآن لم تقدم النظرية إلا تنبؤات غير قابلة للاختبار، مثل أبعاد إضافية لا يمكن التأكد منها لأنها ملتفة، أو جسيمات ذات تماثل فائق لا يمكننا رصدها لأنها أثقل من قدرة مسرعاتنا.

ويعتبر فيزيائيون آخرون أن هذه النظرة غير عادلة وأن النظرية قد تنبأت بالفعل بأشياء مهمة، لعل أهمها أن صفات **جسيم الجراڤيتون** الافتراضي قد ظهرت بشكل طبيعي متناغم مع بنية النظرية، مما يمكن اعتباره **تنبؤًا ناجحًا بآليات الجاذبية**، التي لم نكن نعرفها إلا من خلال التجريب. كما يستشهد هذا الفريق على قدرة النظرية التنبؤية بأنها **أكدت وجود أزواج الجسيمات ذات التماثل الفائق**. و إذا عارضنا حماس هؤلاء بأننا لم نتوصل لأحد هذه الجسيمات الزوجية، فإن ردهم الجاهز هو أن الجسيمات ذات التماثل الفائق أثقل كثيرًا من أن نستطيع تخليقها، وقد يستطيع التطوير الحديث لمسرع سيرن (High Energy LHC) أن يقوم بذلك. وحتى إذا تحقق هذا الإنجاز التنبؤي الكبير لنظرية الأوتار فلن يكون ذلك دليلًا على صحة النظرية! ذلك أنه يمكن تمامًا الحصول على الجسيمات ذات التماثل الفائق في إطار النظرة النقطية للجسيمات.

والآن ننتقل من العلم المجرد إلى **فلسفة العلم**:

في ضوء العجز عن إثبات أو تكذيب المفاهيم الرئيسية لنظرية الأوتار يتزايد قلقنا، فقد يثبت في وقت ما أن حماسنا المبكر لنظرية الأوتار لم يكن إلا توهمات. وفي مواجهة هذا العجز، تحمس بعض فيزيائي الأوتار لفكرة أننا ينبغي أن **نعدل من القاعدة العلمية التي تشترط الاختبار التجريبي للتنبؤات**، فبعض النظريات تكون جذابة ومقنعة للغاية بحيث ينبغي قبولها. هل يمكن قبول النظرية باعتبارها «**لجوء إلى أفضل التفسيرات**» مثل نظرية التطور البيولوچي، وبالتالي يمكن اعتبارها نظرية علمية دون الإثبات التجريبي الذي تقوم عليه الفيزياء؟ لا شك أننا إذا قبلنا ذلك فإننا ننزل بحجية الفيزياء درجة في سلم اليقين.

ولا شـك أن هذا طريق وعـر خطير لو دخلنا فيه، فتاريخ العلم مـليء بالنظريات الجذابة التـي انهارت بعـد أن أثبت التجريب صحة نظريات تعارضها، ومنها على سـبيل المثال نظرية الكون المستقر Steady state وفرضية الكون المغلق.

إن هذا الفهم يطرح سؤالًا قد يصبح جدارًا منيعًا أمام الاكتشافات:

هل من سبيل لاختبار صلاحية أي شكل من أشكال نظرية الأوتار؟

يا ترى، هل سـيمكن **حسم الاختيار بين الجسيمات النقطية والجسيمات الوترية**، أم سيظل الأمر من الأسئلة غير القابلة للحل؟ علينا أن ننتظر لنرى.

الأوتار وجاذبية الكوانتم

لا نملـك عنـد الحديث عن حلم التوفيـق بين نظريتي الكوانتم والنسـبية إلا أن نطرق باب المتخصصين، هنا يخبرنا رسـل سـتانارد بأن الفيزيائيين يحلمون بتحقيق ذلك من خلال التوصل إلى مـا أطلقوا عليه نظرية «**جاذبيـة الكوانتم** Quantum Gravity». لذلك نتسـاءل هنا: **هل يمكن التوصل إلى هذه النظرية الحلم؟ وهل يمكن أن يصبح مفهوم الأوتار أساسًا لها؟**

يمهد ستانارد للإجابة عن هذا السؤال بأن **يربط بين نظرية الأوتار ونظرية الكوانتم** ذاتها، باعتبـار أن كلتيهما «تفترض» وجود خلفية الزمـكان كمسرح تتذبذب فيه الأوتار وأيضًا تتم فيه قياسات الكوانتم. هكذا تتفق النظريتان في أنهما تقومان في خلفية الزمكان السلبي، الذي لا يؤثر في ذبذبة الأوتار ولا قياسات الجسيمات.

وفي المقابل، ولاسـتكمال الصورة، أكرر ما ذكرته منذ قليل من أن **النسبية العامة** لا تعتمد على مسرح الزمكان، بل إن سمات الزمكان في هذه النظرية تتأثر بكل أشكال ما فيه من المادة والطاقة، إذ تشـارك طاقة حركتهما الدائبة في تشكيل الزمكان، مثال ذلك ما يحدث من تقعر الزمكان حول الكتلة والطاقة والذي هو مسئول عن تحرك الأجسام والطاقات تجاههما (الجاذبية).

في إطار العلاقة السـابقة بين الزمكان وبين نظريات الأوتار والكوانتم والنسـبية، يستنتج ستانارد أن **أية نظرية لجاذبية الكوانتم ينبغي أن تتسم بسمتين:**

1) تفسير الجاذبية على أسس كمومية[1].

2) أن تشارك هذه الجاذبية الكمومية في تشكيل الزمكان.

وبذلك يكون تسلسل النظرية الحلم: الكمومية ← تفسير الجاذبية ← تشكيل الزمكان.

معنى ذلك أن تقوم جاذبية الكوانتم بناء على أسس كمومية بتشكيل سمات الزمكان[2]، وهذا عكس طرحنا المعتاد لفيزياء الكوانتم الذي يبدأ بالمسرح (الزمكان) ثم تجعل الجسيمات تتحرك فيه. إن البداية الكمومية لتفسير الزمكان تجعله **كموميًا**، مما يعني أنه ليس سيالًا مستمرًا ممتدًا، بل إنه ينقسم إلى أجزاء صغيرة للغاية تعادل طول بلانك (المجال الكمومي)، أي تعادل طول الأوتار، ويؤدي وضع هذه الأطوال الكمومية (الأوتار) بجوار بعضها إلى توهمنا بالزمكان الممتد المنبسط.

لذلك فإن نظرية الأوتار (كما نتصورها) تمهد الطريق إلى النظرية الحلم لجاذبية الكوانتم. لكنها (الأوتار) لن تكون هي نفسها النظرية الحلم، إلا إذا وضعنا تصورًا لنظرية الأوتار لا يعتمد على خلفية الزمكان (مثل نظرية الكوانتم)، باعتبار أن قوة الجاذبية الناشئة عن تردد الأوتار هي التي تشكله. هل سنتمكن من ذلك؟ وبالتالي:

هل سنكون قادرين على تقديم صياغة مُرضية لنظرية جاذبية الكوانتم؟

أم سيظل إزالة التعارض بين النظرية النسبية العامة وبين نظرية الكوانتم حلمًا لا يخرج إلى الواقع؟

(1) تدورأسس حلم تفسير الجاذبية تفسيرًا كموميًا حول التوصل إلى وجود جسيم «الجراڤيتون» باعتباره الجسيم الوسيط المحتمل لقوة الجاذبية.

(2) ينطلق الملاحدة (خاصة الفيزيائي الأمريكي لورانس كراوس) من هذا الطرح لتفسير نشأة الكون دون سبب أول؛ فيتبنون أن قوة الجاذبية وحدها قادرة على إنشاء الكون. ويفسرون ذلك بأن الجاذبية الكمومية أدت إلى تقعر هائل في الزمكان، مما أدى إلى تباطؤ الزمان، فأدى ذلك إلى بقاء الجسيمات الافتراضية التي تتكون في العدم الفيزيائي لفترات أطول من زمن بلانك، بذلك خرجت طاقة الكون ومادته إلى الوجود.

لم يخبرنا هؤلاء عن مصدر طاقة الفراغ التي يموج بها العدم الفيزيائي ولا عن مصدر الجاذبية الكمومية التي سببت استطالة الزمن.

نظرية كل شيء

إذا كان عنوان هذا الفصل هو «النظرية الحلم»، فينبغي - حتى لا يحدث التباس - أن نبين أن هذا المصطلح يستخدم لوصف **ثلاث نظريات**. الأولى هي جاذبية الكوانتم التي انتهينا حالًا من وصفها، والأخريان هما نظرية التوحيد الكبرى (ناقشناها في ختام الفصل العاشر) ثم نظرية كل شيء.

ذكرنا أن نظرية التوحيد الكبرى GUT تحاول أن تجمع بين القوى الثلاث (الكهرومغاطيسية والنووية القوية والنووية الضعيفة) ولم تشمل الجاذبية باعتبارها ليست قوة حقيقية (من منظور النسبية) لكنها ترجع إلى انزلاق الأجسام في تقعرات الزمكان.

والآن، تطرح نظرية الأوتار - ومن قبلها فيزياء الجسيمات - جسيم **«الجرافيتون»** باعتباره جسيمًا وسيطًا مُحتَملًا لقوة الجاذبية، وهذا هو الدافع لاعتبار أن نظرية الأوتار هي نموذج لنظرية «جاذبية الكوانتم»، وبالتالي فهي تفسر الجاذبية (النسبية العامة) في ضوء الاوتار (الكوانتم). ومن ثم فهي مثال للتوافق المنشود بين النسبية والكوانتم.



(شكل - 67)
إدوارد وتن

في خضم هذه الحيرة، جاء حدس إبداعي للفيزيائي الأمريكي **إدوارد وتن**[1] (شكل 67). لقد قدم وتن عام 1995 تصورًا آخر لمفهوم الأوتار، اعتبره مفهومًا أعلى A truly fundamental meta - theory قادرًا ليس فقط على الربط بين النسبية والكوانتم، بل وأيضًا بين قوى الطبيعة الأربع. وقد أطلق على هذا الطرح وقتها مصطلح «النظرية إم[2] M - theory»، إنها نظرية فريدة، تأخذ في الاعتبار الأنماط الخمسة الرئيسية المحتملة لنظرية الأوتار، التي تحدثنا عنها من قبل.

تقوم النظرية M على أن الأوتار ليست خيوطًا أحادية البعد، لكنها **أغشية membranes**

(1) Edward Witten: أستاذ الفيزياء النظرية الأمريكي، المهتم بالكوانتم والأوتار، ولد عام 1951.

(2) لا ندري ما هي إم M: هل meta أم Mother أم Mystery أم Membrane.

ثنائيـة البعـد (كالورقة)، تمتد في بعد مـكاني إضافي مجهول، وبذلك تُدخِل هـذه النظرية بعدًا مكانيًّا إضافيًا، فنصبح في مواجهة عشرة أبعاد مكانية بالإضافة إلى البعد الزماني.

هل ستطلعنا النظرية M على حقيقة الوجود؟

بعـد أن حَرَّمنـا مع أحلام الفيزيائيين، آن الأوان لأن نعود إلى واقع العلم الحالي، فقد كانت رحلة طويلة شـاقة، انتقلنا فيها من الجسـيمات النقطية إلى الأوتار ثم إلى الأغشية، كل ذلك ما زال فرضيـات. وفي كل الأحوال، لا ندري أي أطروحـات الأوتار هي الأقدر - بقدر الإمكان - عـلى وصف الوجود الحقيقي، أي أن تقـدم لنا **معرفة حقيقية بالوجود** وليس عمليات رياضية فحسب.

وكالعادة، يجد البعض المفر من هذه المعضلة في **فرضية الأكوان المتعددة**. فتجدهم يفترضون أن كل نمـاذج نظرية الأوتار التـي تقبلها/ تطرحها نظرية كل شيء هـي صحيحة، وكل منها يعمل في كون منفصل من الأكوان اللا نهائية.

وهذا يجعلنا نطرح أحد الأسئلة المستعصية:

هل توجد نظرية M، وإن كان، فأي صياغاتها هي الصحيحة؟

يعلق سـتانارد على السؤال قائلًا: إنها مرة أخرى فرضيات، فلا أحد يدري أي نظريات كل شيء يمكنه قبولها، ولا أحد يدري إن كانت هناك نظرية M أم لا...

إن أهـم مـا ينبغـي أن يتوافـر في نظرية كل شيءM، هـو أن تكون بمثابـة **النظرية الأساسـية لكل الظواهر الفيزيائية**. فـإذا كنت اختزاليًّا[1] Reductionist، سـتعتبر أن ليـس هناك إلا مـا هو مادي Physical، ومـن ثم فإن النظرية (إذا توصلنا لها) سـتكون بالفعل نظرية لكل شيء.

أما إذا كنت تعتبر أن **في الوجود ظواهر أخرى غير مادية** (كالوعي والإرادة الحرة والجمال والأخلاق والروحانيات)، فإن النظرية القادرة على تفسير كل شيء فيزيائي تكون عاجزة عن

(1) منهج ينطلق من الكيانات والمفاهيم المادية الأساسية لتفسير الوجود.

تفسير هذه الظواهر، عند ذلك لن تكون نظرية لكل شيء. ومن ثم، هل نستطيع أن نحسم السؤال التالي:

هل يتطلب الفهم الكامل للوجود طرحًا يتجاوز التفسيرات الفيزيائية الخالصة؟

هـا نحن - في نهايـة الكتاب - نعود مرة أخرى إلى قضية: **هـل «الواحدية» المادية** أم **ثنائية «غير المادي - المادي» هي القادرة على تفسير الوجود؟**

ثنائية
غير المادي ـ المادي[1]

إذا نظرنـا إلى الطـرح البديل **للواحدية المادية** من أجل تفسـير الوجـود، ونجد الكثير من **الفلاسـفة** عبر التاريخ يتبنـون **«الثنائية** Dualism»، التي تعـني أن في الوجود مجالين أو عالمين مختلفـين (مادي وغير مادي)، ولا تزال هذه الثنائية سـائدة في الحضارات الشرقية. كذلك نجد من الفلاسفة الغربيين المعاصرين مَن يتبنون الثنائية؛ لذلك نجد الكثير من الفلسفات الحديثة تتحـدث عن قـوى العقل والوعـي والـروح باعتبارها كيانات مسـتقلة قائمـة بذاتها، ويجعل الكثيرون من هؤلاء لهذه القوى اليد العليا على الجسد.

كذلـك فإن **الديانات الإبراهيمية الثلاث** تؤمن بالثنائية، التي تتبنى أن جوهر الإنسـان هو الروح غير المادي الذي هو نفخة إلهية، كما نجد أن **الهندوسية** التي تتبنى وحدة الوجود تعتبر أن جوهر الإنسـان هو عنصر إلهي (أتمـان Atman). وربما تكون البوذية هي الديانة الوحيدة الخاليـة من الجوهر غير المادي للإنسـان. لذلك لم يعد مفهوم الثنائية قاصرًا على الفلسـفة، بل نجـد الإنسـان العادي يتحدث عن نفسـه باعتباره كيانًا مسـتقلًا! فيقول - مثـلًا - قلت لنفسي وقالت لي نفسي.

وفي القرن السـابع عشر، وضع الفيلسوف الفرنسي الأشهر **رينيه ديكارت** (1596 - 1650)

(1) هذا المبحث عن كتابي «لغز والوعي»، الناشر: نيوبوك للنشر والتوزيع، 2019.

أشـهر نظريـات الثنائية التي صارت تُعرف بــ «ثنائية ديكارت». وتقوم هـذه الثنائية على أن العقل والمخ كيانان مسـتقلان ومختلفان في الطبيعة؛ فالعقل «غير مادي» و«غير متموضع» أي لا يشـغل فراغًا وليس له مكان، بينما المخ وباقي الجسـم «كيان مادي» له امتداد مكاني. وإذا كان المشهور عن ديكارت أنه قد جعل عنصري الثنائية (العقل - الجسد/ المخ) منفصلين تمامًا، فإننا نجد في كتابات ديكارت ما يشير إلى تحكم العقل في الجسد.

يعتبر الفلاسـفة أن المشكلة التي تواجه طرح الثنائية واضحة؛ وهي كيف يتواصل هذان الكيانان؟ ويجيب ديكارت عن هذا السـؤال بأن «**الجسـم الصنوبـري** Pineal Body» (الذي يشـبه الترمسـة ويقع في مركز قاع المـخ) هو محطة هـذا التلاقي. ولكن ينبغـي إلا يغيب عنا أن الجسـم الصنوبري هو جسـم مادي، مما يعني أن المشـكلة تظل قائمة؛ إذ كيف يتواصل هذا الجسم المادي مع الكيان غير المادي في الثنائية، وهو العقل؟!

والمتأمـل للمشـكلة التـي تواجه ثنائية ديـكارت يجدها صورة معاكسـة لمشـكلة الوعي الصعبـة التي تواجه الواحدية المادية. فإذا كانت المشـكلة الصعبة هي كيف تؤدي العمليات المخية المادية إلى الخبرة الذاتية اللامادية، فإن مشكلة ثنائية ديكارت هي كيف يتحكم العقل اللامادي في الجسم المادي.

الثنائية ونظريات تفسير الوعي

انطلاقًا من ثنائية ديكارت، قام الفلاسـفة في العصر الحديث بطرح نموذج تشبيهي للوعي، وهـو «**المسرح الديكارتي**»، الذي يصور الخبرات الذاتية كأحداث تُعرض في مركز ما في المخ المادي، مع وجود ذات إنسانية غير مادية ترصد هذه الأحداث.

ويرفض الأحاديون الماديون (على رأسهم **دانييل دينيت**[1] والزوجان **تشيرشلاند**[2]) نموذج مسرح ديكارت جملة وتفصيلًا، باعتباره مفهومًا ثنائيًّا يتطلب وجود ذات إنسـانية غيبية، كما يعترضون على فكرة وجود محطة نهائية في المخ تتجمع عندها المدركات لتدخل دائرة الوعي.

(1) Daniel Dennett: فيلسوف العقل والعلم والبيولوجيا الأمريكي المادي الملحد، ولد عام 1942.

(2) Churchlands: الزوجان الأمريكيان الماديان المهتمان بالفلسفة التحليلية. ولد پول عام 1942 وولدت باتريكا عام 1943.

وفي الحقيقة، فإنه في إطار ثورة علوم المخ والأعصاب لا نجد شخصًا ذا اعتبار يقول بوجود مركز في المخ يقابل المسرح الديكارتي ولا بوجود كيان حقيقي يرصد ما يقع في هذا المركز من أحداث. وبالرغم من ذلك، لا يزال ثالوث دينيت تشيرشلاند يهاجمون هذا المسرح بشدة!! ويبدو أن هذا الهجوم يحتفظ لهم بمكانة مرموقة بين معارضي ثنائية ديكارت من الماديين.

ويتبنى الثنائية الحقيقية الكثيرون من الفلاسفة والعلماء المعاصرين، ولعل أبرزهم فيلسوف العلم الكبير **كارل بوبر** وعالم العلوم العصبية **جون إكلز**[1] اللذين طرحا فكرتهما في كتابهما المشترك «مخ الذات The Selef and its Brain, 1977» الذي تبنيا فيه وجود عقل غير مادي واع بنفسه منفصل عن المخ المادي. وهذا العقل قادر على التأثير على المخ من خلال بلايين من الوصلات العصبية Synapses.

وإذا كان طرح الثنائية (عقل وجسم) سهلًا وبسيطًا ومقبولًا للغاية من وجهة نظر الدين والكثير من الفلسفات ويتماشى تمامًا مع خبراتنا الذاتية، فإنه من وجهة نظر العلم طرح لا يزال قاصرًا، باعتبار أنه لا يدلنا على طبيعة ومصدر هذا الكيان غير المادي وكيف يكتسب الخبرات الذاتية ولا كيف يتفاعل مع المخ المادي. ويرى الماديون أن ذلك لا يتم إلا من خلال قوة سحرية، ونحن نرجعه إلى المصدر مطلق الذكاء والعلم والقدرة الذي اضطر الملاحدة من العلماء والفلاسفة المنصفين - والذين يُطلق عليهم **«الطبيعيون غير الماديين»** - إلى الإقرار بوجوده. وإذا كان هؤلاء ينسبون هذه الصفات إلى الطبيعة، فنحن نرى استحالة ذلك، وأنه ينبغي أن ننسبها إلى **الإله الخالق**.

توهم التوهم

لقد أصبح الماديون في مواجهة موقف لا يحسدون عليه؛ فواحدية المذهب المادي - بشهادتهم - عاجزة عن تفسير الوعي، وهم في نفس الوقت يرفضون قبول الثنائية إذ تُسلمهم لأطروحات ميتافيزيائية. وكبديل مغاير تمامًا لهذين الموقفين يلجأ بعض الماديين إلى الهروب بشكل كامل من المشكلة، وذلك بادعاء أن **الوعي ليس إلا توهمًا** Illusion!! وأشهر هؤلاء

(1) Sir John Eccles: (1903 - 1997) عالم المخ والأعصاب البريطاني الحائز على جائزة نوبل في الطب.

دانييل دينيت الذي يرفض أن تكون هناك أشياء في دائرة الوعي بينما تكون أشياء أخرى خارجه، ويتبنى بدلًا من ذلك أن المخ يعالج تصورات متعددة للعالم في وقت واحد، دون أن يكون بعضها داخل وبعضها خارج الوعي. لذلك - يقول دينيت - عندما تسأل شخصًا عن محتوى وعيه فإنه لحظتها يختار ما يخبرك به، ولكن حتى تلك اللحظة لم يكن هناك إدراك حقيقي إذا ما كان هذا الشيء في وعينا أم لا.

إن طرح دينيت غير منطقي بالمرة، إذ يتعارض تمامًا مع قناعاتنا البديهية بأننا جميعًا نعرف بوضوح ما نحن واعون به وما هي خبرتنا الذاتية في أي وقت. وصدق فيلسوف العقل الكبير **چون سيرل**[1] حين قال لدينيت ساخرًا: «إن توهمك بأنك واعٍ يعني تمامًا أنك واع».

الحل في شكل جديد للثنائية

يتضح مما سبق أن الواحدية المادية تعجز - ربما بشكل مطلق - عن تفسير الوعي الإنساني كعنصر من عناصر الوجود، ودليلنا على ذلك تهرب دانييل دينيت ورفاقه من الماديين من القضية برمتها، وذلك بادعائهم أن الوعي توهم. كما يتضح مما سبق أيضًا أن طرح الثنائية هو الأكثر قبولًا لتفسير الوعي، وذلك لسهولته وبساطته وتماشيه مع خبراتنا الذاتية.

ولكن، ماذا لو استطاع العلم في المستقبل تفسير الوعي من خلال عمليات المخ الكهروكيميائية؟

حينئذ، سيشبه الموقف موقفًا سبق أن مرت به الثنائية، وهو التوصل إلى آلية من آليات **ظاهرة الحياة** من خلال منظومة (الدنا - البروتين) بعد أن كانت قناعة العلم هي وجود «قوة حيوية خفية» مسئولة عن الحياة. وقناعتي أن انهيار مفهوم «القوة الحيوية» لم يؤد إلى انهيار مفهوم الثنائية في ظاهرة الحياة، بل زادها تأكيدًا!!، إذ ارتفع بها إلى مستوى أعلى من الخلية الحية. فمع إدراك ما عليه منظومة (الدنا - البروتين) من تعقيد هائل تعجز عنه العشوائية، فقد حَتَّمَ ذلك الإقرار **بمصدر أول ذكي مطلق غير مادي** كسبب أول لهذه المنظومة.

لذلك فإنه لو ثبت مستقبلًا أن عمليات المخ الكهروكيميائية قادرة على تفسير الوعي، فإن

(1) John Searle: فيلسوف العقل الأمريكي الكبير والأستاذ بجامعة كاليفورنيا. ولد عام 1932.

هذه المنظومة لن تقل تعقيدًا عن منظومة (الدنا - البروتين) وستحتاج إلى سبب أول يتسم بنفس صفات منشئ منظومة الحياة، وبذلك نظل في إطار عجز الواحدية المادية عن تفسير الوجود.

وفي هذه الحالة، ستكون منظومة الثنائية قد ارتقت من مستوى ثنائية ديكارت (العقل - الجسد) إلى مستوى (الإله اللامادي - الوجود مادي)، وهذا ما نقصده بالثنائية في شكلها الجديد.

ومع ذلك...
يبقى اللغز لغزًا

القارئ الكريم

هكذا انتهت رحلتنا مع المشكلات الرئيسية التي تواجه العلوم الأساسية اليوم، والتي بَسَّطَنا **من خلالها بعض أسرار ثورة الفيزياء الحديثة**، والمتمثلة في فيزياء الكوانتم والنسبية والجسيمات، وأتمنى أن نكون قد نجحنا في **الربط بين مفاهيم عديدة متعلقة بهذه الفيزياء** كنا ننظر إليها كجزر منفصلة منعزلة لا ندرك الرابطة بينها.

ولعله ينبغي أن أعتذر إن بدت **الرحلة شاقة لغير المتخصصين**، ذلك أن القضايا التي تناولها هذا الكتاب تمثل **تحديًا للذكاء الإنساني**، يدفعه لبذل أقصى الجهد لتحصيل المعارف. فالعقل الإنساني - حتى عقول العلماء المتخصصين المحترفين - يجهده كثيرًا مواجهة الأفكار التي تبدو من الوهلة الأولى متعارضة، لكني أتمنى أن تكون قد شاركتني **السحر والافتتان** الذي يستشعره العاملون في الصفوف الأولى للمعرفة العلمية.

وأحب أن أنقل لك هنا تساءل ستانارد الذي يطرحه في شجن؛ يا ترى، أي الأسئلة الكأداء التي اعتبرتها تمثل حدود القدرة على الاكتشاف وحدود المعرفة ستظل على غموضها؟ لقد حددت ما أراه غير قابل للإجابة، لكنها نظرتي الشخصية للأمر، فقد أكون مخطئًا حتى مع أعقد الأسئلة، وأتمنى أن يمتد بي العمر لأتأكد من ذلك. قناعتي، أنه **من الصعب التأكد تمامًا من حدود ما هو قابل للمعرفة في جميع التخصصات والاتجاهات.**

ويبقي شيء واحد يذكر ستانارد أنه متأكد منه، وهو أن للعلوم الأساسية محدداتها (التي ذكرها في مقدمة هذا الباب) **وأن الثورة العلمية التي عشناها ونعيشها هي «مرحلة مؤقتة» في تطور الإنسان، وأنها يقينًا ستنتهي.**

لعلي أتبنى - قارئي الكريم - موقفًا محايدًا من طرح رسل ستانارد بأن الثورة العلمية مرحلة مؤقتة مآلها إلى الانتهاء، فلا أستطيع أن أُرَجِّح أو أنفي ذلك. لكن ما أنا متيقن منه



(شكل - 68)
أحمد زويل

هـو أننا على أعتـاب مرحلة جديدة من هـذه الثورة، مرحلة فتح بابها على مصراعيه علمٌ أسسـه حديثًـا **د. أحمد زويل**[1] (شـكل - 68) وهو «**كيمياء الفيمتـو**» Femto-Chemistry الذي يعتمد علـى التوصل إلى تقنية تصويـر حركة الذرات والتفاعـلات الكيميائيـة التي تتم خلال أجـزاء صغيرة جدًّا مـن الثانية (فيمتو ثانيـة = 10^{-15} ثانيـة[2]). وقناعتي أن هذه التقنية ليسـت ثورة في علم الكيمياء فحسـب لكنها تأسس لمسـتوى جديد مـن العلـوم الطبيعية يمكـن أن نطلق عليه «**علوم الفيمتـو** Femto Sciences»، وسـتمكننا هذه العلوم فـي التوصل إلى أبعـاد أكثر غورًا فـي الفيزيـاء والكيمياء والبيولوچيا. ولا أحسب أن هذا الإنجاز الثوري سيكون نهاية المطاف مع ثورة العلم.

ولعلـك لاحظت مـن طرحنا لثورة الفيزياء الحديثة (الكوانتم- النسـبية- الجسـيمات) أنها دارت حول فهم طبيعة «شـعاع الضوء»، بل إنها اعتمدت بشـكل أسـاسي عـلى هذه الطبيعة، وبذلك كان اختيارنا عنوان «**شعاع الضوء... شفرة الوجود**» كعنوان للكتاب اختيارًا في محله.

والمدهش كثيرًا أن أهمية «شعاع الضوء» ومحوريته لا تقف عند فهم طبيعة وسلوك عالمنا الفيزيـائي، بـل إن ربي عَزَّوَجَلَّ يُعَرِّفنا بنفسـه وبفعلـه في الوجود من خلال التمثيل بشـكل من أشكال الضوء، وهو «**النور**»، تأمل هذه الآية الكريمة من سورة النور:

﴿ ٱللَّهُ نُورُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ ۚ مَثَلُ نُورِهِۦ كَمِشْكَوٰةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۖ ٱلْمِصْبَاحُ فِى زُجَاجَةٍ ۖ ٱلزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّىٌّ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٍ مُّبَٰرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَّا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِىٓءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٍ ۗ يَهْدِى ٱللَّهُ لِنُورِهِۦ مَن يَشَآءُ ۚ وَيَضْرِبُ ٱللَّهُ ٱلْأَمْثَٰلَ لِلنَّاسِ ۗ وَٱللَّهُ بِكُلِّ شَىْءٍ عَلِيمٌ ﴾ [النور: 35].

إن كنت قد استشـهدت بهذه الآية الكريمة، فليس مجال الكتاب سَـبْر المعاني السـابقة التي

(1) Ahmad Zewail: (1946 - 2016) عـالم الكيميـاء المصري الأمريكي، يعتبر أبا كيمياء الفيمتو، وحصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام 1999 لاكتشـافاته في هذا المجال، ويعتبر العالم العربي الأول الذي يحصل على هذه الجائزة في العلم.
(2) تعتبر النسبة بين الثانية والفيمتو ثانية هي النسبة بين الثانية و32 مليون سنة.

تتناولها، ولكن يكفيني أن تستشعر بعض ما تحمل الآية من إشارات تنقلنا من قيمة الضوء في عالم الشهادة إلى قيمته بالمعاني الغيبية الروحية.

إن طرح ستانارد لإنكار إمكانية التوصل إلى حقيقة الوجود يتماشى مع ما ذكرناه في مقدمة الكتاب من منظور ديني يتبنى أن ربي عَزَّوَجَلَّ قد عَلَّم الإنسان **مظاهر الموجودات وليس حقائقها:** ﴿ وَعَلَّمَ ءَادَمَ ٱلْأَسْمَآءَ كُلَّهَا ... ﴾ [البقرة: 31].

لقد عَلَّمَ ربي آدم عَلَيْهِ ٱلسَّلَامُ «الأسماء» ولم يعلمه «المسميات» ولم يطلعه على حقيقتها.

وفي كتابه **«نقد العقل الخالص»** يتبنى الفيلسوف الكبير إيمانويل كانط نفس الرؤية، حين فَرَّق بين عالم الأشياء في ذاتها (حقيقة الوجود التي لا ندركها) وبين عالم الأشياء كما تبدو لنا.

لذلك قَسَّمَ كانط الفلسفة إلى فلسفة مشروعة وفلسفة غير مشروعة. ويجعل كانط جُلَّ اهتمام **الفلسفة المشروعة** هو تفسير عالم الظواهر وفهمه باستخدام مقولات الذهن وفي حدود الزمان والمكان. وبذلك تصبح شروط المعرفة التي حددها هي مزيج من الخبرة الحسية والمقولات العقلية.

لذلك يعتبر كانط ما خارج هذا الإطار هو **فلسفة غير مشروعة**؛ وبالتالي يرفض -ونشاركه الرفض- لافتراض مفاهيم من وضعنا (مثل انعدام السببية) والتحجج بأنها قد تكون نافذة خارج كوننا. كذلك يرفض كانط -في نفس الإطار- أن نفرض أحكامنا العقلية على الإله وحكمته وقدرته، وأن نمد قوانيننا من عالم الشهادة لنحاكم تبعًا لها عالم الغيب.

وليس غريبًا أن سير ألفريد آير الذي أسهم بدور كبير في تأسيس **الفلسفة الوضعية المنطقية** قد عاد وهدمها بشكل كامل، حين تنبه إلى خطأ الاحتكام إلى قواعد وقوانين الفيزياء في تقويم عالم الغيب، وشَبَّه ذلك بأن تلعب الشطرنج -مثلًا- بقواعد لعبة الطاولة التي تعتمد على رميات الزهر!!!.

وإذا كنا نخرج من هذا الباب بأن العلم يعجز عن التوصل إلى حقيقة الكونين، الدقيق والهائل، فإن هذا الطرح يثبت لنا -في نفس الوقت- التعقيد المبهر لهما، واستحالة تفسير بنيتهما وسلوكهما إلا من خلال **مصدر مطلق العلم والحكمة والقدرة**.

سبحانك ربي تعاليت وتعاظمت...

وأخيرًا، إذا كنا قد تعرضنا في الباب الأول من الكتاب وفي هذا الباب للعديد والعديد من

المفاهيم، فلعل أهمها - من وجهة نظري المهتمة بأدلة الوجود الإلهي - مفهومين أعتبر أنهما جازمان في هذا المجال.

المفهوم الأول هو «**المعلوماتية**»؛ والتي أقصد بها كَمَّ المعلومات (وأيضًا طريقة معالجتها) اللازمة لنشأة المادة والكون والحياة والإنسان. فإذا كانت -مثلًا- المعلومات اللازمة لبناء بروتينات جسم الإنسان والتي توصل إليها مشروع الجينوم البشري قد تم تسجيلها فيما يعادل 74000 صفحة جرائد كبيرة، وفي نفس الوقت، فإن كل الآليات الطبيعية (الحتمية والصدفوية) تعجز عن كتابة بيت واحد من الشعر، فلا شك أن الكم المعلوماتي المطلوب لبناء كوننا وعالمنا الكمومي بكل ما فيه و إدارته يحتاج إلى مصدر مطلق العلم والحكمة والقدرة.

والمفهوم الثاني، هو «**العامل المرجح**» التي يحتاج إليه كوننا في كل حدث كمومي لكل جسيم تحت ذري أو موجة طاقة، في كل لحظة، في كل موضع من الكون. هذا العامل المرجح الذي لو غاب عن الكون لحظة لتلاشى وصار عدمًا. سبحان ربي الذي لا تأخذه سنة ولا نوم.

هكذا قدمت لنا الفيزياء الحديثة الأدلة التي تثبت الوجود الإلهي، وصدق ربي حين قال: ﴿ سَنُرِيهِمْ ءَايَٰتِنَا فِى ٱلْءَافَاقِ وَفِىٓ أَنفُسِهِمْ حَتَّىٰ يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ ٱلْحَقُّ ... ﴾ [فصلت: 53].

فالحمد لله الذي جعلنا من أهل هذه الآية الكريمة، ولا شك أن «حرف السين» في ﴿ سَنُرِيهِمْ ﴾ يحمل بشكل مستمر المزيد والمزيد من المعارف مع مرور السنين والقرون. وسنرى في الباب القادم الكثير والكثير من عطاءات هذه الآية الكريمة.

وكم نحن محظوظون أن نلنا شرف الحياة في عصر الاكتشاف والإبداع و إدراك قدرات الإنسان.

وأختم هذه الخاتمة للباب بأن أحمد ربي عَزَّوَجَلَّ.

وسبحان ربي العليم الحكيم القادر...

الباب الثالث

ما بعد الفيزياء الحديثة

لا تتوقـف إنجـازات **الثورات العلمية** التـي تتفجر كل بضعة عقود من السـنين منذ فرض العلم سطوته التي أنهى بها ظُلمة العصور الوسطى - ليس في أوروبا فحسب بل في العالم أجمع- لا تتوقـف عـلى الجوانب التطبيقيـة والإنجـازات التكنولوجية، لكنها امتـدت إلى الكثير من الأسئلة الوجودية التي كانت مقصورة على الفلسفة فقط.

ففي هذا المجال، **قدم العلم إجابات شافية حاسمة عن أسئلة طالما حيرت الفلسفة** لعشرات القـرون، ولعل من أهمها السـؤال حول الكون إن كان أزليًّا أم لـه بداية. وقد حَدَت نجاحات العلـم في مجـال الأسـئلة الوجودية الفيزيائي الكبير سـتيفن هوكنج إلى القول بأن الفلسـفة قد ماتـت! و إن كنا نخالف هوكنج في هذا الادعاء الفلسـفي! فإننـا نوقن بقدرة العلم على الإجابة عن الكثير من **الأسئلة الوجودية التي لا تتعلق بالغائية** التي يُقر العلماء المنصفون بأنها تقع في إطار الدين والفلسفة.

ومن نجاحات العلم الكبيرة في مجال الأسئلة العلمية الوجودية - التي أعقبت ثورة الفيزياء الكبرى - ما أثبته من أن **«المعلوماتية»** هي الكيان الذي يسبق المادة والطاقة كلبنة أولية لبنية الكون وقوانينه، ونقصد بالمعلوماتية كلًّا من المحتوى المعلوماتي وعمليات معالجة المعلومات[1].

ولا شـك أن هذا الطرح **يثير التسـاؤلات** حول طبيعة المعلوماتية وكيف تمثل البنية السابقة للـمادة والطاقة، وما هو مصدرهـا، وهل المعلوماتية هي خاتمة تسلسـل الفيزياء لأعلى، أم أن هناك في عالم الفيزياء ما يسبقها؟

تتطلـب معالجة هذا الموضوع الإلمام بنظريـة المعلومات التي تُعَرِّفنا بطبيعتها، كما تتطلب معرفـة علاقة المعلومات بالفيزياء الكلاسـيكية والحديثة، وكذلك تتطلب تفسـير النظريتين العمدة للوجود (الكوانتم والنسبية) في ضوء المعلوماتية، وهذا ما سنعالجه في الفصل الأول من هذا الباب بعنوان **«المعلومات الكمومية مصدر الوجود»**.

---

(1) طرحنا هذا المعنى في الفصل الأول من الباب الأول من الكتاب.

إن النظر إلى المعلومات الكمومية باعتبارها مصدر الوجود يطرح سـؤالًا بديهيًا عن **مصدر هـذه المعلومات**؛ هل يكون الحتمية الفيزيائية أم الصدفوية المطلقة، أم أن المعلومات تتطلب مصـدرًا عليمًا حكيمًا قادرًا؟ وهذا ما سنناقشـه في الفصل الثاني من الباب بعنوان «**المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر**».

وإذا كان للمعلومات طبيعة فيزيائية مكنتنا من تفسير دعامتي الفيزياء الحديثة (الكوانتم والنسـبية)، فهـل تكون هاتـان النظريتان ثم نظريـات المعلومات هي آخـر المطاف في عالم الفيزياء، أم أن هناك فيزياء أعلى هي **الفيزياء الأولى في الوجود المرصود؟**

ويا تُرى ما هي سمات هذه الفيزياء الأولى التي هي همزة الوصل بين فيزياء عالم الشهادة وبين خلق الإله عَزَّوَجَلَّ وإدارته للوجود بأمره «**كن**» في عالم الغيب؟

سـنحاول أن نجيـب عن هذا السـؤال المدهـش في الفصل الثالث والأخير مـن الباب ومن الكتاب، وذلك تحت عنوان «**الفيزياء الأولى وكن فيكون**».

وبالوصـول إلى هـذه التخوم تتكامـل بنية الكتاب، الـذي أتمنى أن تجد فيه طرحًا مبسـطًا للفيزيـاء الحديثـة يُسـلِمُك إلى إدراك عجـز العلـم عن معرفـة حقيقة الوجـود، بالإضافة إلى الاقـتراب من فهم أحد ألغاز العلاقة بين عالمي الغيب والشـهادة. وتمنياتي أن يجمع لك الكتاب بين الفائدة والمتعة.

الفصل الأول

المعلومات الكمومية مصدر الوجود

- خلق من العدم، شيء من لا شيء
- المعلومات هي مصدر الوجود
- ما هي المعلومات؟
  - تعريف المعلومات
  - قياس المعلومات
  - نظرية شانون للمعلومات
- المعلومات والديناميكا الحرارية
- من معلومات شانون إلى المعلومات الكمومية
  - الحاسوب الرقمي والحاسوب الكمومي
  - المعلومات الكمومية بين الحتمية والاحتمالية
  - قياس العشوائية: تعقيدية كولموچوروف
- نظرية المعلومات وخلق الكون
  - أولًا: نظرية المعلومات وفيزياء الكوانتم
  - ثانيًا: نظرية المعلومات وجاذبية النسبية
  - السعة المعلوماتية للكون
- الكون حاسوب كمومي
  - ميكانيكا الكوانتم نظام لبث المعلومات
- نظرية المعلومات والنقل عن بعد
- الماديون ومصدر المعلومات الكمومية

إن المتأمل **«للواقع»** من حولنا يجد أن بنيته هي المادة والطاقة، كما يلاحظ أن أحداثه تتبع في سريانها مجموعة من القوانين والقواعد التي لا يربط الكثير منها رابط، إن هذه الملاحظات تدفع العلماء إلى التساؤل عما إذا كان هناك **خيط خفي** ينتظم تلكم البنية وهذه القوانين والقواعد، وبمعنى آخر، إن كان يمكن للعلم التوصل إلى فيزياء واحدة نهائية تصف الكون برمته.

في البابين السابقين ناقشنا هذا التساؤل بالتفصيل، ورأينا ما تقدمه **الفيزياء الحديثة** في هذا الصدد. وإذا كنا قد أدركنا أن هناك تعارضات بين نظريتي الوجود المحوريتين (الكوانتم والنسبية) فقد عشنا مع حلم الفيزيائيين بالتوصل إلى **نظرية التوحيد الكبرى** GUT **ونظرية كل شيء** TOE-M اللتين تُوَحِّدان بين طاقات الكون وجسيماته ونظرياته، فهل هذه الفيزياء الحلم هي الخيط الخفي الذي ينتظم لآلئ الوجود وفتوحات العلم؟

وإذا كنا قد بينا في الفصل الأول من الباب الأول أن **«المعلوماتية»** هي البنية الأساسية للوجود، ومنها تتشكل طاقاته وجسيماته ونظرياته، فهل يقربنا مفهوم المعلوماتية من النظرية الحلم؟ وهل يقربنا كذلك من فهم الكون بشكل أعمق؟



(شكل - 69)
فلاتكو فيدرال

في تقديمه لكتابه **«نظرة للكون كمعلومات كمومية»**[1] يقول ڤلاتكو ڤيدرال (شكل - 69) (أستاذ فيزياء الكوانتم بجامعة أكسفورد: **«إن العالم بالنسبة لعالِم الفيزياء هو المعلومات، والكون وسلوكه هو موجات مد وجزر للمعلومات. كما أننا**

(1) مرجعنا الرئيسي للجزء العلمي عن طبيعة المعلومات في هذا الفصل هو كتاب «نظرة للكون كمعلومات كمومية»، وهو ترجمة لكتاب: The universe as Quantum information، صدر عام 2010.
تأليف أستاذ فيزياء الكوانتم بجامعة أكسفورد ڤلاتكو ڤيدرال Vlatko Vedral، وهو إنجليزي صربي الأصل، ولد عام 1971.
قام بترجمة الكتاب د. عاطف يوسف محمود، وصدرت الترجمة عن المركز القومي للترجمة -مصر، عام 2016.

جميعًا - كبشر - نمثل نماذج مرحلية من المعلومات، تنتقل وفقًا لتوصيف محدد لبنيتنا الأساسية إلى أجيال مستقبلية مستعملين شفرة معلوماتية رقمية تتكون من أربعة حروف تُسمى الدنا DNA».

ويضيف ڤيدرال قائلًا: «إن الأكثر أساسية للواقع ليس المادة ولا الطاقة، وإنما المعلومات ومعالجة البيانات، فهي التي تضرب بجذورها في كل الظواهر سواء كانت فيزيائية أو بيولوچية أو اقتصادية أو اجتماعية،... ذلك أن كل شيء يتركب من بِتَّات Bits من المعلومات».

وإذا كان يمكننا استيعاب الكون وكل ما فيه بدلالة المعلومات واعتبارها الخيط الذي ينتظم الوجود كله، وهي النظرة التي يمكن اعتبارها الخطوة الأولى في مرحلة ما بعد الفيزياء الحديثة، فإن ذلك يطرح بعض أعمق الأسئلة الوجودية العلمية غورًا عن الكون؛ من أين أتت كل المعلومات في كوننا؟، ومن أين يأتي كل شيء؟ وما هو كل شيء؟ ولماذا كانت الأشياء على النحو الذي هي عليه وليست على نحو آخر؟...

ويجيب ڤيدرال عن هذه الأسئلة قائلًا: **«إنها فيزياء الكوانتم»** التي بمقدورنا من خلالها أن نقترب من الإجابة عن هذه الأسئلة بخصوص الكون والحياة وكل شيء. ويقدم ڤيدرال الرابطة بين المعلومات والفيزياء في ثلاث كلمات، فيقول إن **«للمعلومات طبيعة فيزيائية»**، وهذا ما كتب ڤيدرال كتابه من أجل إثباته ومن أجل بيان أن الوجود هو معلومات كمومية. وهذا ما سندرسه الآن:

خلق من العدم
شيء من لا شيء

لما كانت للإنسان رغبة عميقة متأصلة لتفهم أصول كل شيء، خاصة نفسه، كان لكل حضارة في تاريخ البشرية طرحها/ أسطورتها عن بدء الخليقة. ومنذ فجر الإنسانية كانت معظم الأطروحات تتضمن ضربًا من كائنات عُليا خارقة ذات قوى فوق طبيعية، وتنسب الديانات الإبراهيمية الخلق إلى الإله الواحد الأحد الذي **خلق الوجود من العدم** Ex nihilo[1].

(1) يقابل هذا المصطلح مصطلح Ex materia والذي يعني «الخلق من مادة».

والمدهش أن العلم في مواجهة الأسئلة الوجودية عن مصدر الوجود، لم يقدم أجوبة أكثر فيزيائيةٍ مما قدمته الديانات الرئيسية! إذ يميل إلى الرجوع بأصل العالم -من خلال المنهج الاختزالي- إلى علةٍ مفردة غير مركبة كما تتبنى الديانات، لذلك تجد العلماء يسعون إلى توحيد النظريات الفيزيائية ليحققوا حلم النظرية الموحدة.

وإذا كان العلم يقوم على **تسلسل الأسباب**، أي أن تقوم القوانين الفيزيائية على قوانين فيزيائية سابقة لها، وهكذا، فإن هذا التسلسل اللانهائي لم (ولن) ينجح في تقديم إجابة علمية شافية عن أسئلتنا العلمية والوجودية. لذلك يبحث الفيزيائي الأمريكي الكبير **چون هويلر** عما أسماه «**قانون بلا قانون أسبق**»، ويعني بذلك أنه لو أمكننا تفسير وجود القوانين الفيزيائية بدون استلهام أية قوانين فيزيائية سابقة لها فإن ذلك يُمَكِّنُنا من تفسير كل شيء، وهذا يتماشى مع «**الخلق من عدم**» الذي تتبناه الديانات، وهي في نفس الوقت وجهة النظر العلمية الشائعة الآن.

ويعلق داڤيد دويتش[1] فيزيائي أكسفورد على طرح أستاذه هويلر بخصوص البحث عن قانون يفسر كل شيء دون قانون أعلى يفسره، فيقول: «إذا لم يستطع العلم التوصل إلى القانون الأعلى (P) فذلك يعني أن هناك جوانب في عالم الطبيعة لا يمكن أساسًا الوصول إليها بالعلم، ويعني بالتالي أن **ليس بمقدور العلم تفسير الكون بشكل كامل**[2]، وستسقُط نظرتنا للفيزياء باعتبارها علمًا شاملًا».

ثم يضيف دويتش، «لو افترضنا جدلًا وجود القانون (P) فإن أصله سيظل مستعصيًا إلى الأبد، حيث إن ما من قانون يمكنه أن يشرح أصله. ويفسر دويتش هذا المعنى بضرب مثال ساخر؛ هل يستطيع مكيف الهواء تقديم إجابة إذا سألته لماذا أنت مكيف هواء ولست مِقْعَدًا؟! إن الإجابة ليست عند مكيف الهواء، فهو مجرد شيء «صُنع» على هذه الشاكلة، وهذا يؤكد أن **أصل قوانين الفيزياء لا بد أن يكمن خارجها**».

(1) David Deutch: فيزيائي الكوانتم الشهير بأكسفورد، ولد عام 1953.

(2) يتماشى هذا المعنى مع المفهوم الذي أقام عليه رسل ستانارد كتابه (نهاية الاكتشاف).

المعلومات هي مصدر الوجود

في سعيه للوصول إلى الـ **«قانون بلا قانون أسبق»** يتبنى ڤلاتكو ڤيدرال أن **«المعلومات»** (وليست المادة والا الطاقة ولا المشاعر) هي لبنات بناء الكون والتي يمكن من خلالها تفسير كل ظواهره.

ويمهد ڤيدرال لطرح رؤيته بقوله؛ كلما تفهمنا أمرًا بصورة أفضل كان بوسعنا أن نلخصه في قواعد أساسية قليلة العدد، وذلك يعني أن نحكم على صحة فهمنا لواقعنا بمقدار قدرتنا على **ضغط/ دمج المعلومات** التي يحتوي عليها، وفي نفس الوقت، فإن **تنامي فهمنا للكون** يعني المزيد والمزيد من المعلومات التي نحتاج دمجها. إن هاتين العمليتين (دمج المعلومات وزيادة المعلومات) تبدوان مستقلتين، لكنهما -في الحقيقة- مرتبطتان؛ فكلما دمجنا المعلومات (أي اتجهنا إلى قوانين أشمل) أعاننا ذلك على اكتشاف معلومات أكثر في الكون تحتاج إلى الدمج فيما بينها؛ وهكذا... وعلى هذه **العلاقة التبادلية** يقوم التقدم العلمي.

وإذا كنا نتفق مع هويلر ودويتش في حاجتنا إلى مصدر للكون لا مصدر قبله، كما نتفق مع ڤيدرال في منزلة المعلومات بالنسبة للكون فإننا **نفترق عنه في نهاية المطاف**، حين يتبنى أن المعلومات (بخلاف المادة والطاقة) هي المفهوم الوحيد القادر على أن يُفسر أصله، أي أنه يتبنى انبثاق ذاتي لـ **«المعلومات من لا معلومات»**، بينما نتبنى رأي فريق علماء المعلومات الذين يثبتون استحالة ذلك، وذلك ما نبينه في الفصل التالي.

ولا يمنع **اختلافنا الجوهري** هذا مع ڤيدرال أن نستكمل استفادتنا منه كمتخصص في الكوانتم وعلاقتها بنظرية المعلومات:

ما هي المعلومات؟

بالرغم من أن **«مفهوم المعلومات»** قد أحدث ثورة في أسلوب إدراكنا للعالم، فإنه -بالنسبة للكثيرين- لا يزال بعيدًا عن الفهم الصحيح. ويرجع ذلك إلى صعوبتين تتعلقان بالعنصرين

اللازمين لهذا الفهم؛ الأولى، أن هناك العديد من الأساليب **لتعريف المعلومات**[1]، و إذا ما تغلبنا على هذه الصعوبة باختيار أفضل التعريفات فستواجهنا الصعوبة الثانية، وهي **قياس المعلومات**، فذلك يتطلب اللجوء إلى الرياضيات، وما أدراك ما الرياضيات بالنسبة لغير المتخصصين[2]!

تعريف المعلومات

المدهش، أننا نعثر على أساس فهمنا الحديث للمعلومات لدى **الفلاسفة اليونانيين القدماء!** إذ تطرقوا إلى أن **ما يحتويه حدث ما من المعلومات يتوقف على احتمالية وقوع هذا الحدث.** وقد عَبَّر أرسطو عن ذلك بقوله: « **كلما ازداد اندهاشنا تجاه الحدث حمل الحدث المزيد من المعلومات**»، فمثلًا؛ يندر احتمال سقوط المطر صيفًا على مدينة أسوان بصعيد مصر، ولو حدث ذلك لأثار فينا دهشة أعظم من سقوطه شتاءً، ومن ثم فالحدث الأول يحمل معلومات أوفر، منها -على الأقل- الأسباب النادرة التي أدت إلى سقوط المطر في هذا التوقيت غير المحتَمل.

إن ذلك يعني أن المعلومات تتناسب عكسيًّا مع نسبة الاحتمال، أي **كلما قلت احتمالية الحدث كانت المعلومات التي يحملها أوفر.**

و بهذه الطريقة **تُختزل المعلومات إلى احتمالات فقط**، وهي احتمالات مستقلة عن تدخلات البشر وعن وجهات نظر الراصدين، مما يعني أن المعلومات كيان موضوعي، وهذا ما حدا فيدرال - كمتخصص- لأن يتبنى أن «**للمعلومات طبيعة فيزيائية**».

و إذا كان بالمثال يتضح المقال، دعنا نتأمل مقولة: «إن الشمس تشرق من المشرق»؛ لما كانت

(1) يتأثر تعريف المعلومات بالعديد من العوامل، التي أهمها:
- هل يشتمل التعريف على المعلومات ذات المعنى فحسب، أم يشتمل على المعلومات غير ذات المعنى؟
- هل المعلومات أمر ذاتي أم موضوعي (أي تحمل نفس المعنى عند كل الأشخاص)؟
- هل المعلومات ذات طابع بشري صميم، أم باستطاعة الحيوان أن يعالج المعلومات؟
- هل من المستحب وصف ظاهرة باستخدام ما قدر كبير من المعلومات، أم أن كثرة المعلومات تعيق معالجتها وتربك فهم الظواهر.

(2) حينما أَلَّفَ ستيفن هوكنج كتابه «تاريخ موجز للزمن» نصحه المحرر النصيحة الشهيرة: «إن كل معادلة تُستخدم في الكتاب ستهبط بعدد النسخ المبيعة إلى النصف».

هذه المقولة تمثل «حقيقة» ذات معنى فإن احتماليتها مطلقة، أي أنها لم تضف لنا أية معلومات جديدة (أي لم تسبب لنا اندهاشًا؛ كما يقول أرسطو) لذلك فإن محتواها المعلوماتي «صفر». لذلك كان من التعريفات الفيزيائية الدقيقة للمعلومات هو **«تقليل عدم اليقين** Reduction of uncertainity».

قياس المعلومات

إذا انتقلنا من الصعوبة الأولى في فهم المعلومات، وهي **«صعوبة التعريف»**، واجهتنا لقرون طويلة **«صعوبة القياس»**، وقد تم التغلب عليها عند النظر إلى المعلومات باعتبارها «احتمالات موضوعية»، مما مكننا من قياس المعلومات رياضيًّا.

لبيان ذلك يضرب ڤيدرال هذا المثال: كيف نقيس المعلومات في **حدثين متعاقبين مستقلين**؛ كأن تتلقى مكالمة على هاتفك المحمول فور خروجك من المنزل؟

إذا كان احتمال خروجك من المنزل في هذه الليلة هو 70 %، واحتمال تلقي المكالمة هو 60 %، فإن فرصة/ احتمالية وقوع هذا الحدث المزدوج تكون **«حاصل ضرب»** احتمالهما: $\frac{60 \times 70}{100}$ = 42 %.

أما **المعلومات الإجمالية** في الحدثين المستقلين فتعادل **«مجموع»** مقداري معلومات كل منهما، والصيغة الوحيدة القادرة على حساب ذلك هي ما نسميه بـ **«الدالة اللوغاريتمية»**:

إن ما يحمله الحدث من معلومات يتناسب مع لوغاريتم مقلوب احتمال حدوثه؛ أي أن:

ع= لو ١/ح..... $I = \text{Log } {}^{1}/_{p}$

حيث:

ع= I= كمية المعلومات

ح= p= احتمالية الحدث

وقد جاء التعامل الحديث مع المعلومات منطلقًا من هذه القياسات المفيدة للغاية، فبجانب أنها قد جعلت المعلومات كيانًا موضوعيًّا قابلًا للقياس، فقد أصبح التعامل الموضوعي مع

المعلومات يحتاج إلى تحقق شرطين فحسب؛ وجود الحدث والقدرة على حساب احتمالات وقوعه[1]. وهذا الطرح يثبت أن المعلومات تكمن في ثنايا كل عملية نشاهدها في الطبيعة[2].

نظرية شانون للمعلومات



(شكل - 70)
كلود شانون

يرجع الفضل في هذا التعريف الرياضياتي للمعلومات وما ترتب عليه من إنجازات تطبيقية مبهرة، أهمها اختراع الحاسوب، إلى عبقرية المهندس وعالم الرياضيات الأمريكي **كلود شانون**[3] (شكل - 70) أثناء عمله في مختبرات بيل للاتصالات بنيوجيرسي.

لقد كان شاغل شانون هو زيادة عدد الأشخاص الذين يمكنهم الاتصال ببعضهم من خلال شبكة تليفونات بيل. لتحقيق هذا الهدف، تخيل شانون شخصين يستعملان **قناة اتصال (خطًا تليفونيًّا)** هما أليس وبوب، ولما كان غرض شانون هو تحقيق أعلى الأرباح لمؤسسته، فإنه لم يبال إن كانت الرسالة بين أليس وبوب هي «أحبك» أو «أمقتك» أو حتى لا معنى لها بالمرة، كما لم يبال بنوعية اللغة المستخدمة بينهما إن كانت الإنجليزية أو السواحلية. إن ما شغل شانون كان **الاستخدام الأيسر والأكثر كفاءة** لشبكة الاتصال، وقد وجد ضالته في التعبير عما يريد من خلال نظام الرقم الثنائي (الصفر والواحد)[4] (Binary Digit= bit) والذي أقام عليه نظريته للمعلومات.

(1) إذا طبقنا هذه المعادلة على حدث تلقى المكالمة على هاتفك المحمول فور خروجك من المنزل؛ نجد أن:
إذا كان احتمال خروجك، من المنزل هذه الليلة = 70 %، فإن المحتوى المعلوماتي للحدث= لو $\frac{1}{0.7}$ = لو 1.428.
و إذا كان احتمال تلقي المكالمة هو 60 %، فإن المحتوى المعلوماتي للحدث = لو $\frac{1}{0.6}$ = 1.666
و يصبح المحتوى المعلوماتي للحدثين المستقلين إذا تعاقبا =لو $\frac{1}{0.7}$ + لو $\frac{1}{0.6}$.

(2) قد يكون الحدث فيزيائيًّا؛ كانطلاق شعاع ضوئي من جهاز الليزر، وقد يكون بيولوچيًّا؛ كحدوث طفرة چينية كاستجابة لعامل بيئي، وقد يكون اقتصاديًّا، كهبوط في قيمة سهم إحدى الشركات في البورصة.

(3) Claud Shannon: (1916 - 2001) أُعتبرت أطروحته لدرجة الماجستير عن المعلومات (عام 1948) من أهم بحوث القرن، وبفضلها لُقِّب بأبي نظرية المعلومات.

(4) طرح هذا النظام الرياضياتي والفيلسوف الإنجليزي الكبير جورج بول George Boole (1815 - 1864) عندما كان عاكفًا على صياغة نظريته الكبرى عن قانون الأفكار Law of thought، والتي نُشرت عام 1854.

لقد أصبح الآن في إمكان أليس أن ترسل لبوب الرمز (0) كشفرة لكلمة أمقتك، أو الرمز (1) كشفرة لكلمة أحبك. بطبيعة الحال لا يتبادل أليس وبوب الحديث بالأصفار والآحاد، بل إن أليس تقول «أحبك» أو «أمقتك» ويتولى الجهاز تشفير المعلومة في صورة بتات (0 - 1) ويقوم بنقلها، ثم يتولى جهاز في الطرف الآخر تفكيك الشفرة إلى «أحبك» أو «أمقتك». لقد كان بوب ينتظر قلقًا، فقد كان يتوقع الرسالة (0) بنسبة 90 %، لكنه فوجئ بوصول الرسالة (1) التي كانت احتماليتها 10 %، إن ذلك يعني أن **هذه الرسالة تحمل معلومات أكثر باعتبار أنها ذات احتمالية متدنية.**

ويمكن تعميم هذا الأسلوب ليشمل رسائل أكثر تعقيدًا مثل أن تواعد أليس بول: «دعنا نلتقي أمام نصب نيلسون التذكاري بميدان الطرف الأغر بلندن» فهذه الرسالة يمكن تشفيرها في سلسلة البتات (00110010101000).

ولما كانت **الرسالة ذات الاحتمالية الأعلى** تحتاج لعدد أقل من البتات، كان منطقيًّا أن تكون الرسائل التي يكثر تبادلها (مثل أداة التعريف وحروف الجر والعطف) قصيرة للغاية.

لا شك أنه يتوجب علينا عند كل استخدامنا لهواتفنا المحمولة وحاسوباتنا وماكينات الشراء والصرف و.... أن **نتوجه بالشكر لشانون من أعماق قلوبنا.**

المعلومات والديناميكا الحرارية

تتوقع معظم التنبؤات العلمية أن الشمس إذا انكدرت فإن **الحياة على كوكب الأرض سوف تتلاشى**، فهل هذا صحيح؟ وإذا حدث ذلك، فهل يكون بسبب انطفاء مصدر طاقة كوكبنا، أم لسبب له علاقة بالمعلومات التي هي موضوع فصلنا هذا؟

إن الإجابة عن هذه الأسئلة تساعدنا على تحقيق فهم أفضل للمعلوماتية، وتحتاج إلى بضع وقفات مع قوانين الديناميكا الحرارية الثلاثة:

يُعرَف **القانون الأول للديناميكا الحرارية** بقانون بقاء الطاقة، إذ ينص على أنَّ **«الطاقة لا تفنى ولا تُستحدث من عدم»**، وإنما يمكن تحويلها من صورة لأخرى، كتحويل الطاقة الكهربائية إلى صورة وصوت في جهاز التليفزيون. فهل يعني ذلك أنه لا ينبغي أن نقلق على

فناء الحياة بسبب نقص الطاقة، وأن ما علينا هو أن نعيد الطاقة المتحولة إلى صورة نافعة، ومن ثم تستمر ظاهرة الحياة؟ وهل هذا التحويل أمر متيسر؟

هنا يتدخل **القانون الثاني للديناميكا الحرارية**، لكنه يحمل لنا أنباءً غير طيبة. فالقانون يخبرنا بأن «إنتروبيا/ شواش/ فوضى المنظومة المغلقة تكون في تزايد ما لم ينظمها منظم خارجي». وذلك يعني أن فوضى المنظومة عندما تصل إلى حدها الأقصى فإن احتمالاتها تكون متعددة بشكل لا نهائي، مما يعني أن تمتلئ المنظومة بالمعلومات بقدر تعجز عن معالجتها. لذلك إذا كان العلماء يسمون هذه الحالة بـ **«الموت الحراري»** فإن الاسم الأدق هو **«التحميل المفرط بالمعلومات»**.

إن الموت الحراري وأيضًا الزيادة المفرطة في المعلومات يعنيان عجز الحياة عن التطور بل وعن الاستمرار، أي أن القانون الثاني يخبرنا بأن فناء الحياة في خاتمة المطاف حتمٌ مقضي لأسباب معلوماتية، بينما يخبرنا القانون الأول بإمكانية بقائها. فأي المآلين هو الصواب[1]؟

إذا تأملنا المآل الثاني في ضوء أن القانون الأول يقول ببقاء الطاقة مع تحويلها من صورة لأخرى، نجد أن القانون الثاني يخبرنا بأن هذا التحول لا يتم بكفاءة. فاحتراق وقود موتور السيارة -مثلًا- يُنتج صورًا غير نافعة من الطاقة كالحرارة والضجيج **ولا يمكننا تحويلها مرة أخرى إلى وقود**،

(1) تتطلب الإجابة عن هذا السؤال صياغة القانون الثاني للديناميكا الحرارية رياضيًّا والتعبير عنه في مقادير. وقد تم ذلك من خلال مقدار يُعرف بـ «الإنتروبيا» التي هي مقدار يقيس مدى الفوضى في المنظومة، ويتم التعبير عنها بالمعادلة الرائعة التي صاغها لودفيج بولتزمان والتي تزودنا بالصلة بين فهمنا للعالم الدقيق (Micro) وفهمنا للعالم الكبير (Macro). والمعادلة هي: $S = K \text{ Log } w$.

حيث S هي إنتروبيا المنظومة التي تدل على مدى فوضويتها، وهذا هو تمثيلها في العالم الكبير.

وترمز W إلى عدد حالاتها الدقيقة المختلفة.

و K: هو ثابت اشتقه بولتزمان ليربط بينهما

ومن جوانب إبداع هذه المعادلة أنها ترينا كيف يمكن -من ناحية المبدأ- اختزال كل معارفنا العيانية إلى بضعة قوانين فيزيائية دقيقة أساسية، وهذا هو جوهر منهج الاختزالية.

وإذا كان مصطلح الإنتروبيا يدل على مدى الفوضى في المنظومة وكلما زادت الإنتروبيا زادت الفوضى فإن زيادة كليهما يكون دلالة على قدرة المادة على اختزان ونقل الحرارة. لذلك تعتبر الديناميكا الحرارية أن الإنتروبيا هي مقياس لـ «المحتوى الحراري» للمنظومة، ولذلك استخدم شانون في نظريته مصطلح «الإنتروبيا» ليشير إلى «المحتوى المعلوماتي» للمنظومة.

وهذا ما يسبب احترار كوكبنا الأرض. ولا يتسبب في هذا الاحترار محركاتنا فحسب بل أيضًا عمليات أجسامنا البيولوچية وعملياتنا المخية الحركية والحسية وأيضًا عمليات بقية الكائنات.

و إذا انتقلنا إلى مجال **معالجة المعلومات في المخ البشري** - الذي يتكون من مائة مليار خلية عصبية -نجد أن كل خلية تشفر في اللحظة الواحدة معلومة/ بت واحدة وحسب؛ فهي تشفر (1) عند وجود الإشارة الكهربائية وتشفر (0) عند عدم وجودها، مما يعني أن المخ يعالج مائة بليون بت في نفس اللحظة، وهذا يفوق قدرة أي حاسوب من ابتكارنا. هذا وقد ثبت أن المخ البشري يستهلك من الطاقة 1/ 10000 جزء مما تستهلكه حاسوباتنا عند القيام بعملية حسابية واحدة، وهذا ما يجعل حاسوباتنا في حاجة إلى آلية تبريد قوية بينما تكفي دورة المخ الدموية للقيام بالمهمة.

لذلك لا ينبغي أن نتوهم -في ضوء القانون الأول للديناميكا الحرارية- إمكانية بقاء الحياة إلى الأبد، ذلك أنه لا محالة من فنائها ثم فناء الكون في ضوء القانون الثاني للديناميكا الحرارية.

انتظر، قد يكون هناك بصيص من الأمل في بقاء الحياة والكون إلى الأبد:

تُرينا حساباتنا الرياضية أن عملية معالجة المعلومات إذا تمت في درجة حرارة الصفر المطلق فإنها تتم دون فاقد حرارة، فهل يمكن إذا وصل الكون إلى درجة الحرارة هذه أن يبقى إلى الأبد؟ للأسف «لا»، وذلك لسببين؛ الأول، أن كل العمليات البيولوچية والفيزيائية تتوقف تمامًا عند هذه الدرجة الحرارية المخيفة، والسبب الثاني، أن **القانون الثالث للديناميكا الحرارية** يخبرنا «أن الفيزياء تمنع أي شيء من الوصول إلى الصفر المطلق»[1].

هكذا -لأسباب ترجع إلى قوانين الديناميكا الحرارية الثلاثة- تثبت استحالة أن تستمر عملية «معالجة المعلومات» في كوننا إلى ما لا نهاية، وذلك بسبب وصول الكون إلى درجة هائلة من الإنتروبيا وبالتالي من التحميل الهائل للمعلومات بقدر يعوق عمليات معالجتها، وهذا ما حدا ڤلاتكو ڤيدرال لأن يتبنى في مقدمة كتابه أن «**للمعلومات طبيعة فيزيائية**»، وهكذا يتلاشى كل أمل في خلود الحياة والكون.

(1) تمكن العلماء من الوصول إلى درجة 0.00036 من الصفر المطلق في المعمل، لكن -طبقًا لهذا القانون- من المستحيل الوصول إلى الصفر المطلق، إذ إن ذلك يحتاج إلى طاقة هائلة.

من معلومات شانون إلى المعلومات الكمومية

تتعامل الفيزياء التي تعلمناها في المدارس (الفيزياء الكلاسيكية/ النيوتونية) **بمنطق الحتمية**، فالحدث إما يقع أو لا يقع، وهو ما تعبر عنه نظرية شانون بـ (1) أو (0)، ويرجع ذلك إلى أن هذه الفيزياء تتبنى أن لكل جسيم كتلته وسرعته وشحنته وموقعه المحدد، بحيث إذا ما حددنا هذه القياسات لكل الجسيمات في الكون بدقة لأمكن أن نحدد تمامًا نتيجة أي حدث مستقبلي. يا له من كونٍ مملٍ خالٍ من الإثارة ذلك الذي يحيا فيه عفريت لابلاس[1]، وأيضًا الفيزيائيون النيوتونيون!

ثم جاءت «نظرية الكوانتم» التي ألغت الحتمية من العالم الفيزيائي، فاستحال وجود عفريت لابلاس من حيث المبدأ، ناهيك عن استحالة وجوده العملي[2]. وهذا ما جعل فيزياء نيوتن تتراجع خطوة للوراء وتصبح «الفيزياء الكلاسيكية».

الآن يأتي دور سؤالنا المحوري في هذا الفصل، **ما الذي يعنيه فهمنا الحديث للفيزياء (أي ميكانيكا الكوانتم) بالنسبة لنظرية شانون للمعلومات؟** وإذا كان شانون قد وضع نظريته للتعامل مع الحتمية (أن يقع الحدث (1) أو لا يقع (0)) فهل هي قادرة على التعامل مع لا حتمية الكوانتم؟

يجيبنا ڤيدرال: نعم... مع بعض التعديل للنظرية؛ ذلك أن الحاجة للتمييز تظل قائمة عند مواجهة كل احتمال كمومي[3].

إن مفهوم **«اللاحتمية/ الاحتمالية»** يُعتبر هو جوهر فيزياء الكوانتم، ويرتبط بهذا المفهوم

(1) Laplace Demon: المقصود به الكائن صاحب القدرة على معرفة كل شيء في الكون. وهذا يجعل توقع المستقبل بالنسبة للابلاس (فلكي نابليون) كتحليل الماضي.

(2) المقصود بالاستحالة العملية أن حجم المعلومات المطلوبة للتنبؤ بسلوك الكون هو هائل للغاية، بحيث يستحيل الإلمام بها.

(3) كذلك تفرض علينا نظرية الكوانتم ملامح جديدة وأخَّاذة لعملية معالجة المعلومات؛ مثل القدرة على نقل المعلومات عن بعد عبر مسافات شاسعة، والقدرة على إجراء الحسابات بسرعات لا يمكن تخيلها، وكذلك عمل الاتصالات في أمان تام بعيدًا عن أي تنصت أو إمكانية فك الشفرات.

أن جسيمًا ما يمكن (رياضيًّا) أن يوجد في أكثر من حالة في ذات الوقت (كأن نلقي بعملة معدنية فيظهر وجهاها في آن واحد)، ويعرف ذلك بـ **«التراكب الكمومي الفائق** Quantum Superposition»، ومثاله الواقعي أن تتراتب الجسيمات في مجال ما في أنماط متعددة، ثم يأخذ كل جسيم حالة معينةً فقط عندما نقوم برصده، ومثال ذلك موضع الإلكترون حول نواة ذرة الهيدروجين. ويناقض التراتب الكمومي الفائق بديهياتنا العقلية[1]، حتى إن آينشتين قد تُوفي وهو متوقع خطأه.

ويمكن الاستفادة من التراتب الكمومي الفائق في الحواسيب الكمومية. دعنا نتأمل الفرق بين حواسيبنا الرقمية والحواسيب الكمومية، فذلك سيقربنا من فهم معنى المعلومات الكمومية:

الحاسوب الرقمي والحاسوب الكمومي

إذا درسنا العلاقة بين الحدثين (أ، ب) من منظوري الحاسبات الرقمية والحاسبات الكمومية، وجدنا أن بتات المعلومات في **الحاسبات الرقمية** تكون أحد احتمالين (0 أو 1)، ويتم ترجيح أحدهما بالبرمجة (مثلًا: عند «أ» افعل 0، عند «ب» افعل 1). أما بتات المعلومات في **الحاسبات الكمية** فأمامها العديد من احتمالات المخرجات التي تأخذ هيئة نسب مئوية تتراوح بين (0 - 100). ومن هنا ظهر التعامل مع الوجود ليس باعتباره بتات معلوماتية (إما 0 وإما 1)، ولكن باعتباره **وظيفة موجية كمومية Quantum wave function** تتخذ المعلومات فيه هيئة موجة تحددها هذه النسب المئوية، وبذلك تبلغ المعلومات المرتبطة بالعمليات الكونية مقادير هائلة.

مثلًا، عند حساب **احتمالية تكثف الطاقة** في موضع ما في الكون لتنشئ نجمًا جديدًا، تجد أن بالمنظور الرقمي هناك أحد احتمالين؛ إما أن ينشأ النجم الجديد أو لا ينشأ، وتمثل هذه

(1) من أجل أن نتغلب على التضاد الظاهري في مقولَتيّ:
- الجسم موجود في مكانين آنيًّا (رياضيات الكوانتم).
- يستحيل أن يوجد الجسم في مكانين آنيًا (بديهية منطقية).
سبب اللبس هو أننا ننطلق في المقولتين من منهجين مختلفين:
إذا لم نقم برصده، فالجسيم يتصرف رياضيًّا كما لو كان في موضعين، أما إذا قمنا برصده فنحن نجده في مكان واحد. ولا شك أن البديهيات المنطقية ليست متعلقة بالاحتمالات الرياضية، لكنها متعلقة بنتائج الرصد.

الاحتمالية محتوًى معلوماتيًّا ضئيلًا للغاية. أما من المنظور الكمومي الذي يتخذ هيئة الوظيفة الموجية الكمومية فالاحتمالات غير محدودة، تشمل كل الممكنات الرياضية بين (0) و(100)، وهذه تمثل محتوًى معلوماتيًّا هائلًا.

لذلك، إذا كان يمكن نظريًّا التنبؤ بنتائج العمليات في الحاسبات الرقمية، فذلك غير ممكن في الحاسوبات الكمومية، وبالتالي لا يمكن استخدامها لعمل محاكاة طبق الأصل للتاريخ الكمومي للكون. ومع ذلك، يمكن فنيًّا أن نقوم بعمل ربط بين العمليات الحاسوبية الكمومية المحتملة وبين العمليات الكونية الواقعية، وانطلاقًا من ذلك أمكن وضع **تصور كمومي تقريبي** لعالمنا الحقيقي.

وإذا كان الحاسوب التقليدي يحتاج مائة دقيقة لحل مسألة رياضية فإن الحاسوب الكمومي يحتاج لعشر دقائق فقط، وإذا احتاج الحاسوب التقليدي إلى 1000 دقيقة لحل مسألة فإن الحاسوب الكمومي يحتاج إلى 32 دقيقة تقريبًا. وستسمح هذه السرعات الهائلة (مستقبلًا) بإنجازات ضخمة في مجالات أمن المعلومات والرياضيات والمحاكاة الحاسوبية.

المعلومات الكمومية بين الحتمية والاحتمالية

عندما تفكر في إلقاء عملة معدنية ورصد الوجه الذي تستقر عليه فتلك **عملية عشوائية**، إذ يستحيل التنبؤ بالنتيجة، لأن لدينا -قبل رصد النتيجة- فرصة متساوية لظهور هذا الوجه أو ذاك. ولكن... ماذا لو كنا نعرف كل ما يختص بالعملية (وزن العملة والكيفية التي أُلقيت بها وخواص الهواء من حولها و...)؟ تخبرنا قوانين نيوتن حينئذ أننا نستطيع التنبؤ بنتيجة كل رمية، ومن ثم **فالعشوائية في الفيزياء الكلاسيكية أمر ظاهري محض معناه عجزنا بسبب نقص المعطيات، وليس معناه صدفوية حقيقية**.

وإذا كنا قد أثبتنا ظاهرية العشوائية في الفيزياء الكلاسيكية من خلال تجربة رَمْيَة العملة المعدنية، فهل من تجربة مماثلة بسيطة تدرس عشوائية فيزياء الكوانتم؟

نعم، **إنها تجربة «مُفَرِّق الأشعة»**، الذي هو مرآة مغطاة بطلاء فضي معين يجعل احتمالية أن ينفذ فوتون الضوء منها معادلًا لاحتمالية انعكاسه عليها. وعندما يلتقي الفوتون بالمفرق لا نستطيع التكهن بمساره التالي (هل ينفذ أم ينعكس) بالمرة، لذلك نعتبر الأمر عشوائيًّا.

وعندما نطبق **معادلة شرودنجر**، نجدها تخبرنا بأن الفوتون قد اخترق المفرق كما تخبرنا بأنه انعكس عليه أيضًا، ومن ثم فالفوتون يكون رياضيًّا موجودًا في مكانين في ذات الوقت، وذلك بخلاف العملة المعدنية.

والآن، دعنا نحاول التحقق من مكان وجود الفوتون بوضع مكشاف أمام وآخر خلف مفرق الشعاع. إن العشوائية تظل موجودة، ذلك أننا لن نستطيع توقع أي المكشافين سيصدر نقرته التي تدل على رصد الفوتون في أحد الموضعين.

هنا **يقفز ڤيدرال قفزته التي يشاركه فيها الفريق الأكبر من علماء الكوانتم**، وهي أن نتائج أحداث فيزياء الكوانتم تظل احتمالية بشكل حقيقي حتى لو توافرت لدينا كل المعلومات اللازمة عن الحدث.

هنا أطرح ثلاثة أسئلة: ما مصدر هذا الجزم بأن عشوائية الكوانتم هي عشوائية حقيقية مطلقة؟!

وهل حقًّا يمكن أن نلم بكل المعلومات اللازمة عن الحدث الكمومي؟

ثم يأتي السؤال الأصعب؛ كيف تؤدي عشوائية حقيقية مطلقة في العالم الدقيق إلى حتمية العالم الكبير؟

بسبب هذه الأسئلة الثلاثة؛ أرجع آينشتين وفريقه عشوائية الكوانتم إلى **نقص معلوماتنا عن هذا العالم**، مثلما هي الحال بالنسبة لعشوائية الفيزياء الكلاسيكية، وقد اعتبر آينشتين أن هناك قوانين عليا توجه نتيجة الأحداث الكمومية لكننا لا نعرفها. وهذه القوانين تحتاج بالطبع لمن يحددها ويُفَعِّلها، لذلك قال آينشتين مقولته الشهيرة: **«إن الإله لا يلعب بالنرد»**.

وفي الجانب الآخر يُقابلنا طرح مدرسة كوبنهاجن التي تعتبر أن **الاحتمالية أمر مسجل في بنية الجسيمات**، وذلك لا يلغي الاحتياج إلى من يحدد هذه الاحتمالية ويبرمجها في سلوك الجسيمات، كما لا يلغي الاحتياج للعامل المرجح في العمليات التي تشارك فيها جسيمات متعددة بأدوار مختلفة. لذلك لم يكن غريبًا أن نجد أن معظم علماء هذه المدرسة أيضًا من المؤمنين بالله عَزَّوَجَلَّ، ويتجسد ذلك في مقولة نيلز بور المشهورة التي رَدَّ بها على آينشتين: **«لا أحد يخبر الإله بما ينبغي أن يفعل»**.

قياس العشوائية: تعقيدية كولموجوروف[1] Kolmogorov's Complexity

تحدثنا عن العشوائية التقليدية وعن العشوائية الكمومية وعن الفرق بينهما، ووجدنا أن **كلتاهما لا تعني الصدفوية المطلقة**، فهل يمكن قياس مدى عشوائية الحدث بمقاييس رياضية؟

هب أنك تصمم برنامجًا حاسوبيًّا لوجهي العملة. إن التعاقب (م م م م م م م م م م) (م= صورة ملك) يحتاج لأمر واحد فقط: «أخرج م عشر مرات (برنامج - 1). أما التتابع (م ك م م م ك ك م ك م) (ك= كتابة) فيحتاج لبرنامج طويل قد يبلغ طوله طول التتابع ذاته (برنامج - 2). وكلما كان التتابع مُتَّسِقًا (مثلًا: م م م ك ك م م م ك ك) كلما قَصُرَ البرنامج المطلوب (برنامج - 3). و يُعرَف **«المقدار الذي يخبرنا بمدى اتساق الأشياء لدمجها في برامج أقصر»** بتعقيدية كولموجوروف. ومن ثم فإن التتابع الذي يعبر عنه (البرنامج - 1) هو أقلها عشوائية، بينما يكون تتابع البرنامج (2) هو أكثرها عشوائية، لعدم إمكانية تصميم برنامج أقصر للحصول عليه.

سبحان ربي العليم... حتى العشوائية (التي لا نستطيع التنبؤ بها لنقص معلوماتنا) علمتنا أن نقيسها حتى تقربنا من فهم اللغة التي خلقت بها الكون.

نظرية المعلومات وخلق الكون

من أجل أن يكتمل إثبات أن **«المعلومات» هي المُكَوِّن الأساسي للكون**، علينا أن نفسر من خلالها النظريتين المحوريتين اللتين تمثلان أفضل فهم للواقع حاليًّا، وهما الكوانتم وجاذبية/تثاقل النسبية.

أولًا: نظرية المعلومات وفيزياء الكوانتم

استعرضنا فيما سبق **الطبيعة الكمومية للمعلومات** ودورها في نشأة الكون. ويمكن أن نستعين بمنطق كولموجوروف على فهم الأصول التي أتى منها الواقع وصياغة ذلك في نظرية علمية، كيف؟

(1) Andrey N. Kolmogorov: (1903 - 1987) الرياضياتي الروسي صاحب الإسهامات الكبيرة في نظرية الاحتمالات ونظرية المعلومات والتعقيدات الحاسوبية.

إذا نظرنا إلى القوانين (الفيزيائية والبيولوچية والاقتصادية والاجتماعية و...) باعتبارها برامج حاسوبية مختصرة تصف بنية الواقع، فيمكننا -مثلًا- تدوين برنامج قصير/ مختزل يستعمل بعض قوانين الفيزياء الراهنة في التنبؤ بنتيجة تجربة فيزيائية معينة، بالتالي يمكننا (نظريًّا) تدوين برنامج قصير يستعمل جميع القوانين الفيزيائية الراهنة للتنبؤ بمسار الكون كله، وأيضًا يُمَكِّننا من الرجوع بهذا المسار إلى بداياته، إذن، كيف نحقق هذا الاختزال للتعقيد في العلم؟

إن كل المعلومات (والنظريات) في الفيزياء تأتينا من خلال منهج مارسه العلماء منذ قرون، وهو ما أسماه فيلسوف العلم الأكبر كارل پوپر «التخمين والدحض»، أي وضع الفرضية[1] ثم إخضاعها للتكذيب والبرهنة[2].

وفي حالة وجود تعارض بين بعض المعلومات والنظريات فإننا نلجأ إلى قاعدة «**شفرة أوكام**»[3]؛ لذلك يَفْضُلُ الوصفُ الموجز للطبيعة الوصفَ بالغ الطول، وعندها يصبح هذا الوصف/ النظرية العلمية بمثابة برنامج يتم تشغيله على حاسوب الكون، وكلما كان هذا البرنامج أكثر إيجازًا وأقدر على التفسير كانت هذه النظرية هي الأصوب. وفي المقابل، كلما وُجدت معطيات رصدية أو نتائج تجريبية لا يمكن إدغامها داخل النظرية كانت المنظومة أكثر عشوائية. ومن هنا جاء اهتمام العلماء بالتوصل للبرنامج الأقصر الذي يُعتبر المقابل المعلوماتي **للنظرية الشاملة M Theory**.

ثانيًا: نظرية المعلومات وجاذبية النسبية

توصلنا من قبل إلى أنه كلما ارتفعت إنتروبيا/ فوضى المنظومة زادت كمية المعلومات التي

(1) إن الخطوة الأولى في المنهج العلمي هي تقديم «الفرضية» التي يخضعها للبحث، ويعتبرها الكثيرون عملية تخمينية تقوم على «الحدس». وقناعتي أن تقديم الفرض هو نتيجة لعملية «التفكير غير الواعي Subconscious Thinking» الذي بدأت علوم المخ والأعصاب الاهتمام به في الفترة الأخيرة.

(2) يهتم پوپر بالتكذيب أكثر من البرهنة.

(3) Ocan Razor: إذا كان هناك العديد من التفسيرات/ النظريات لأمر ما، علينا أن نعتبر أوجزها هو التفسير/ النظرية الصحيحة. يُنسب إلى القس الفيلسوف الإنجليزي وليام (1287 - 1347) المولود في قرية أوكام في الجنوب الشرقي لإنجلترا.

تحملها. ومن المدهش أن في درجات الحرارة المنخفضة - كحرارة كوننا- تتناسب الإنتروبيا عادة مع **مساحة سطح الجسم لا حجمه**[1]، وذلك يعني ببساطة مدهشة أن محتوى المعلومات لأي شيء لا يكمن في الشيء نفسه، ولكنه خاصية لها علاقة بـ «سطح الجسم» الذي يتواصل مع الكون من حوله.

وقد عَبَّر جون هويلر عن معادلة آينشتين للنسبية العامة والتي تصف تأثير الكتلة/ الطاقة على البناء الهندسي للزمكان بقوله: «إن المادة تخبر الزمكان كيف يتقَعَّر، في حين أن الزمكان المُتقعر يعطي المادة التعليمات بكيف تتحرك». فهل يمكن للعلاقة بين الكتلة/ الطاقة والتقعر - التي توجز مفهوم الجاذبية/ التثاقل - أن تُستقى من نظرية المعلومات الكمومية؟

للإجابة؛ نُذَكِّر بما تخبرنا به الديناميكا الحرارية من أن إنتروبيا المنظومة/ الجسم تزداد كلما زادت طاقة المنظومة وكتلة الجسم، كما تخبرنا النسبية بأن الطاقة/ الكتلة الأكبر تستوجب تقعرًا أكبر في الزمكان. معنى ذلك أنه كلما زادت إنتروبيا الطاقة/ الكتلة زاد تقعر الزمكان حولها. ولما كانت المعلومات تزداد بزيادة الإنتروبيا، فذلك يعني أن تقعر الزمكان -ومن ثم الجاذبية/ التثاقل- يتزايد مع زيادة المعلومات المرتبطة بمساحة سطح وكتلة الجسم.

هكذا يمكن تفسير الكوانتم وجاذبية النسبية في ضوء نظرية المعلومات.

السعة المعلوماتية للكون

مما سبق، يتضح أن ما نحتاج إليه لحساب السعة المعلوماتية لجسم ما -من بين خواصه العديدة- هو قياسين فقط: **مساحة سطح الجسم وكتلته.**

في ضوء ذلك، إذا نظرنا إلى سعة كوننا للمعلومات، واعتبرنا أن قطره يبلغ 15 بليون سنة ضوئية ووزنه يبلغ 10^{42} كيلوجرام فإن سعته المعلوماتية تبلغ 10^{100} بت[2]، ويتم معالجة هذه المعلومات بقدرة تصل إلى 10^{90} بت في الثانية، وهي تعادل قدرة 8010 حاسوب بنتيَّم -

(1) يعتبر هذا المفهوم أحد تمثيلات بالمبدأ الهولوجرافي Holographic Principle، الذي ينص على إمكانية توصيف حجم معين من الفضاء عبر تكويد المعلومات الخاصة به على كامل حدوده (= سطحه).

(2) نقوم بذلك من خلال تطبيق معادلة بيكينشتاين التي تنص على أن: «عدد البتَّات التي يمكن إدغامها في أية منظومة تصل -كحد أقصى- إلى 10^{44} بت مضروبة في كتلة المنظومة مقدرة بالكيلوجرامات وفي أقصى طول لها مقدرًا بالمتر.

Pentium - 4. ومـن ثم إذا أردنا التعويل على حواسـيبنا وحدها لفهم الكون لما تقدمنا الخطوة الأولى من رحلة الألف ميل.

وعلى سـبيل المقارنة، إذا نظرنا إلى الجسيمات الدقيقة، نجد أن ذرة الهيدروجين تُشَفِّر أربعة ملايين بت من المعلومات، بينما يشفر بروتون نواتها 40 بت فقط (فهو أصغر كثيرًا من الذرة). وما تقوم به ذرة الهيدروجين يعجز عنه أي حاسوب حالي.

كذلـك إذا افترضنـا أن قطـر الـرأس البشري في المتوسـط هو 20 سـنتيمترًا ووزنه خمسـة كيلوجرامات فإن سـعة تخزينه للمعلومات تبلغ 10^{14} بت، وهو ما يعادل سـعة 10^{30} حاسوب متوسط القدرة!!!

سبحانك ربي...

الكون حاسوب كمومي[1]

في السـنوات الأخيرة، صار العلماء يشـبهون الكون **بالحاسـوب**، و إذا كان هذا التشبيه قد مكننا من أن نطور نموذجنا المعرفي Paradigm عن الكون من اعتباره آلة دقيقة (كالساعة) إلى اعتباره آلة حاسوبية، فإن وصف الكون بالحاسوب جاء **وصفًا دقيقًا حرفيًّا، وليس مجرد وصف تشبيهي.**

قبل اختراع الحاسـوب (الكمبيوتـر)، توصل الفيزيائيون نظريًّـا إلى أن كل ذرات الكون وجسـيماته الأولية تحمل معلومات تنتقل بين الجسـيمات المتصادمـة والمتفاعلة. فمنذ منتصف القـرن التاسـع عشر، توصـل ماكسـويل و بولتزمان[2] وجبـس[3] إلى المعادلات المسـئولة عن **ظاهـرة الإنتروبيا الكمومية**، التي ثبت فيما بعد أنها تربط بين سـلوك المادة و بين مقدار بِتَّات

(1) هـذا المبحـث عن فصل بعنوان «الكون الحاسـوب» من كتابـي «المعلوماتية: برهان الربوبيـة الأكبر» - نيوبوك للنشر والتوزيع، 2018.

(2) L.E. Boltzmann: (1844 - 1906) الفيزيائي والفيلسوف النمساوي، مؤسس الميكانيكا الإحصائية.

(3) J.W. Gibbs: (1839 - 1903) العـالم الأمريكي، صاحب الإسـهامات الكبـيرة في الفيزياء والكيمياء والرياضيات، وأهمها في مجال الديناميكا الحرارية.

المعلومات التي تحملها الذرات المتحركة، وقد عَبَّر بولتزمان عن هذه العلاقة بالمعادلة المعروفة باسمه والتي تصف انتقال المعلومات بين الذرات عند تصادمها. لقد طرحت هذه **الحقائق النظرية** النموذج المعرفي بأن الكون ليس مجرد ساعة منضبطة بل هو **آلة تعالج المعلومات**.

ثم جاءت الاكتشافات العلمية الحديثة، لتثبت **عمليًّا** صحة هذا النموذج المعرفي النظري الجديد (الكون الحاسوب). فمع منتصف القرن العشرين - بفضل أعمال كلود شانون وآخرين- تم **النظر إلى الفيزياء باعتبارها معلومات.** وفي التسعينيات توصل الباحثون تجريبيًّا إلى أن الذرات والجسيمات الأولية تعالج المعلومات في مستوياتها الأساسية، كما يمكن برمجتها للقيام بالمهام الحاسوبية الرقمية المعروفة لنا. معنى ذلك أن **الكون يحوي ويعالج المعلومات في مستوياته الأولية (الجسيمات)، مما يتطلب أن يسبق ذلك برمجته (حرفيًّا) ليقوم بالعمليات الحاسوبية.**

ثم كان النموذج المعرفي لـ «**الكون الحاسوب الكمومي**» إضافة كبيرة لعلوم الفيزياء الرياضية والحاسوب والمعلومات، إضافة قدمها للعلم أستاذ الفيزياء النظرية الكبير والفيلسوف الأمريكي **سيث لويد**[1]، وذلك بخلاف نموذج «**الكون حاسوب رقمي**» الذي تبناه ستيفن ولفرام[2] عام 2002.

ففي كتابة «برمجة الكون Programming the Univese, 2006» قدم سيث لويد الصورة الحالية للكون باعتباره حاسوبًا كموميًا، إنه حاسوب بتاته المعلوماتية **بتات كمومية (quantum bits) qubits.** ويصف لويد هذا الكون بقوله: «يُصدر كل جزيء وكل ذرة وكل جسيم تحت ذري بتات من المعلومات. ويضيف كل تفاعل بين هذه الكيانات خلال العمليات الكونية المزيد من البتات من المعلومات، هكذا يقوم الكون بمهامه الحاسوبية. لقد بدأ الكون في الحوسبة Computing منذ بدايته. وهو في الحقيقة يحوسب نفسه، أي أنه **ينتج المعلومات اللازمة له ويعالجها».**

ولمزيد من التوضيح، يضيف لويد: «تلعب المعلومات والطاقة **أدوارًا متكاملة** في الكون: **فالطاقة** تُمكِّن المنظومات الفيزيائية من فعل الأشياء، بينما توجهها **المعلومات** لكيف تفعل

(1) Seth LLoyd: أستاذ الهندسة الميكانيكية والفيزياء في MIT، يصف نفسه بأنه ميكانيكي كمومي، ولد عام 1960.
(2) Stephen Wolfram: عالم الحاسوب والفيزياء النظرية الأمريكي البريطاني، المولود عام 1959.

ذلـك. ومـن ثم، **فالفاعل/ الممثـل الأول في التاريخ الفيزيائي للكون هـو المعلومات»**. إن ذلك لا يعـني فقط أن أي حـدث كمومي يمارس دوره انطلاقًا من موضعـه في الكون، بل يعني أيضًا أن وقوع الحدث يشـكل من خلال المعلومات الموقف التالي الذي سـتقع فيه الأحداث الكونية التالية.

تعجبني مقولة سـيث لويد هنـا: «فالفاعل/ الممثل الأول في التاريـخ الفيزيائي للكون هو المعلومـات». لاحظ دقة قوله: (الفاعل/ الممثل... هو المعلومات)، إن ذلك يطرح السـؤال عن **مؤلـف ومخرج** ملحمة الكون الهائلـة. كذلك يعجبني قوله: (في التاريـخ **الفيزيائي** للكون...) فهو يكشـف أن العلم يقف عند حدود الكون المرصود، ولا يخوض فيما يسبقه أو يصاحبه من عالم الغيب. لذلك من الخطأ اعتبار أن طرح سيث لويد يدحض دور الإله في منظومة الكون.

ميكانيكا الكوانتم نظام لبث المعلومات

من أسرار قوانين ميكانيكا الكوانتم أنها تسمح في معظم الأحيان - بالرغم من احتماليتها - بأن **تـؤدي كل حالة/موقف إلى حالة واحدة مقابلـة**، أي أن تصبح الاحتمالية إما (0) و إما (1)، وهو ما يحدث عند «انهيار الدالة الموجية» و يؤدي ذلك إلى السلوك الحتمي للعالم الكبير المرصود.

ومن وقت لآخر، يتم **عودة الاحتمالية/ الإمكانية إلى منظومة الكون الكمومي**، بذلك تنشأ عـدة احتمالات تـتراوح بين الـ (0) والــ (1)، وهو ما نصفه **بالدالة الموجيـة الكمومية**، و يتم ترجيح إحدى هذه الاحتمالات (قد تكون احتمالية أدنى) مما يؤدي إلى تغير في سـلوك أحداث الكون.

ولكـن، كيف يتم من حـين لآخر العودة من اختيار الحالة الواحـدة إلى عنصر الإمكانية/ الاحتمالية في منظومة الكون؟

إن هـذا الانتقال مـن الاختيار بـين (0) و(1) إلى احتمالات عديدة تقع بينهـما يُطلَق عليه **(فـض الارتبـاط Decoherence)**. ومن خلال الاختيار بين الاحتـمالات يتم إدخال المعلومات الجديـدة، أي أن ميكانيـكا الكوانتم تُدخل بتات جديدة مـن المعلومات في الكون عن طريق فـض الارتبـاط. وبذلك فإن كل ظاهرة جديـدة مهما صغرت (خط في بصمـة أصبع - تعريق ورقة شجرة) أو ظاهرة كبيرة (كبزوغ نجم في السماء) يمكن تتبعها للوراء إلى معلومة أدخلتها

فيزياء الكوانتم عن طريق أحد الاحتمالات في أثناء أطوار فك الارتباط، بذلك تُعتبر ميكانيكا الكوانتم نظام لبث المعلومات.

يتفـق معنا الماديون في هذه النظرة المعلوماتية الرياضية للكون[1]. ويتفقون معنا في اعتبار أن **الكون حاسوب كمومي مبرمج**، قادر على إبداع أشياء هائلة من خلال مدخلات معلوماتية جديـدة يبدعها فك الارتبـاط. أما الخلاف بيننا وبـين النظرة المادية فيكمن في نقطة أساسـية محوريـة، وهـي أن بناء الكون على هذه الهيئة الحاسـوبية يحتاج إلى **مبـدع عليم حكيم قادر**، يكون قادرًا على فك الارتباط من حين لآخر لإمداد الكون ببتَّات كمومية معلوماتية جديدة، وهي الآلية المعروفة باسم «**التقلب الكمومي Quantum fluctuations**»[2].

لذلك قصدنا أن نسـمي هذا المبحث «ميكانيكا الكوانتـم نظام لبث المعلومات»، أي أنها «آلية للبث»، ألا يدفعنا ذلك للبحث **عمن يسـتعمل هذه الآلية؟!** ومن ثم، لا أحسب أن إجابة برتراند رسـل، بخصوص نشـأة الكـون وجريان أحواله، بـأن «الكون هكـذا كان، وهكذا سيظل»، لا أحسبها (في ظل مفهوم المعلوماتية) إجابة ترضي أي باحث عن الحقيقة.

نظرية المعلومات والنقل عن بعد

كثيرًا ما يستشـهد المهتمون بالإعجاز العلمي للقرآن الكريم بقصة **نقل عرش الملكة بلقيس** من اليمن إلى قصر سـليمان عَلَيْهِ ٱلسَّلَامُ بفلسـطين، والتي وردت في سـورة سـبأ في القرآن الكريم. ويتبنى هؤلاء تفسيرات مختلفة للحدث:

فينطلق بعض هؤلاء من «**الفيزياء الكلاسيكية**»، فيتبنون أن «**عفريت الجن**» كان سيحمل عرش بلقيس من اليمن إلى فلسطين قبل أن ينتهي سليمان من إدارة شئون مجلسه.

ثم اسـتغل آخرون «**فيزياء النسـبية**»، وجعلوها تدلي بدلوهـا في المهمة، فطرحوا أن النقل عن بُعد يتم بأن يخرج الجسم الموجود في موضع ما (أ) عن حالته المادية بتحويله إلى طاقة -تبعًا

(1) تتبنى هذه النظرة وتفصلها النظرية التي يطلق عليها «**النظرية اللوغاريتمية للمعلومات**».

(2) Lloyd, s. Progamming The Universe, (2006).

لمعادلة آينشـتين- تنطلق بسرعة الضوء، ليظهر العـرش بهيئته المادية مرة أخرى في مكان قصى (ب) بعدها بجزء ضئيل من الثانية.

أمـا في ضوء **«نظريـة المعلومات»**، صار للنقل عن بُعد آلية أخرى، حيث إننا لا ننقل كامل الجسم البعيد و إنما ننقل معلوماته الكمومية فقط من جسيمات الكيان (أ) إلى جسيمات الكيان (ب)، فيتحـول (ب) إلى (أ)، بذلك يقوم **«الـذي عنده علمٌ من الكتاب»** بتحويل أي كرسي في قصر سليمان إلى عرش بلقيس.

والآن نعود من هذه السياحة الإعجازية...

إن المثـال العلمـي الواقعي عـلى النقل عن بُعـد؛ أن كل الإلكترونات لها خـواص متطابقة (كتلة وشـحنة وسرعـة) والملمح الوحيد الذي يميز أحدها عن الآخـر هو اتجاه دورانها حول نفسـها (غزل الإلكترون). ومن ثم إذا أمكننا أن نُبدِّل اتجاه دوران إلكترون، فذلك يُعتبر نقلًا ناجحًـا لمعلومات كمومية بين الإلكترونين، وبعبارة أخرى سـيصبح الإلكترون الثاني نسـخة طبق الأصل من الأول. و يصح ذلك على كل الجسيمات من بروتونات وذرات وغيرها.

إن إحدى المشـكلات الكبرى التي تواجه هذا **النقـل الكمومي المعلوماتي**، هي ضرورة أن نُلـم -بداية- بكافة المعلومات عن جميع خواص جسـيمات الكيان (أ) من أجل بثها إلى الكيان (ب) الذي سيظهر الكيان (أ) فيه. هنا يعيقنا ما تتصف به فيزياء الكوانتم من **«ارتياب»** يجعل من المسـتحيل الحصول على هذه المعلومات بدقة. فهل يعني ذلك أن قوانين الكوانتم تمنع النقل عن بُعد لمنظومة كمومية؟

للخروج من هذا المأذق، يتبنى ڤلاتكو ڤيدرال أننا لسـنا بحاجة لإجراء قياسـات من أجل نقـل المعلومـات، فيكفـي أن نُوَصِّل بـين الموضعين (أ) و(ب)، سـواء بالتشـابك الكمومي (في المسافات الكونية) أو بخط تليفوني (في المسافات المعتادة)، عندها سيتم نقل المعلومات تلقائيًّا دون الاحتياج لقياسها.

ويخبرنا ڤيدرال بأن الفريق البحثي بجامعة ڤيينا بقيادة الفيزيائي **أنتون زيلينجر**[1] قد نجح في نقـل الـذرات المفردة والفوتونات عبر مسـافة المترين، وكانت تلك أول إشـارة إلى أن المبدأ

(1) Anton Zellinger: أستاذ الفيزياء النمساوي بجامعة ڤيينا، ولد عام 1945.

الأساسي قد تحقق تجريبيًّا. وفي سبتمبر 2010 نشرت مجلة Nature أن نفس الفريق البحثي قد حقق نقلًا لمسافة 147 كيلومتر.

ويختم ڤيدرال هذا المبحث بالتساؤل: إذا استطعنا نقل جسد الإنسان، هل يعني ذلك أننا قد نقلنا الإنسان بكامله، أم يتبقى منه **شيء غير مادي لن نتمكن من نقله**، وأن هذا الشيء قد يكون هو جوهر الإنسان؟

ويجيب ڤيدرال عن تساؤله: ليس لدينا بالفعل أدنى فكرة عن ذلك...

الماديون ومصدر المعلومات الكمومية

ذكرنا أن ليس باستطاعتنا تصور (ناهيك عن التوصل إلى) القانون متناهي الشمولية (p) الذي يتيح لنا أن نفسر ونُشَفِّر الواقع بمجمله، وذلك لأنه ببساطة ليس بمقدوره أن يفسر أصله هو ذاته، لذلك نصبح في حاجة إلى قانون أكثر في أساسيته من (p)، وهذا ما نعنيه بقولنا **إنك لن تجد الرسام داخل لوحته**.

ولكن؛ هل هناك مرحلة أساسية ليس لأحداثها علل سابقة لها، بحيث نكسر حلقة هذا التسلسل اللانهائي، وكذلك نلغي الاحتياج إلى مصدر لمعلومات الكون الهائلة؟

لقد أنفق ڤلاتكو ڤيدرال البابين الأخيرين من كتابه «الكون كمعلومات كمومية» في محاولات مجهدة لإثبات أنه إذا كانت المادة والطاقة تحتاجان حتمًا إلى مصدر منشئ لهما (هو المعلومات) فإن المعلومات يمكن أن تنشأ تلقائيًّا دون الاحتياج لمصدر أعلى، بعدها أنفق ڤيدرال جهودًا مستميتة من أجل العثور على الآلية التي يمكن أن تحقق تلك النشأة التلقائية للمعلومات.

وقد كان ڤيدرال أمينًا في طرحه، إذ صَرَّحَ أن طرحه هذا غير مسبوق وأنه سيثير الكثير من الخلاف، وللأسف جاء طرح ڤيدرال **يكتنفه العوار الشديد** الذي لم يستطع أن يخفيه. انظر إلى هذه المقولة للكيميائي البريطاني **«بيتر أتكنز»**[1] والتي يستشهد بها ڤيدرال على عدم

(1) Peter Atkins: الكيميائي البريطاني بجامعة أوكسفورد، ومن أعمدة تأليف المراجع الكيميائية Text books، ولد عام 1940.

احتياج الكون ومعلوماته إلى مصدر سابق عليه: «في البدء لم يكن هناك شيء، بل خواء كامل، لم يكـن حتـى فضاء خالٍ، فلم يكن ثَمَّ فضـاء، ولم يكن ثم زمان، فقـد كان ذلك قبل الزمن. لم يكـن للكون هيئة.. بل خواء. وبالمصادفة البحتة وقـع تذبذب ما وبرزت من جوف العدم مجموعة من النقاط مستمدة وجودها من الذبذبة التي شكلتها، وبهذه الذبذبة وُلِد الزمن».

إذا كان طـرح أتكنـز بليغًا لغويًّا، فهل هو طرح مقبول علميًّـا، بحيث يدفع ڤيدرال لتبني النشـأة التلقائيـة لمعلومات الكون من العـدم؟! هل قول بيتر أتكنـز **«وبالمصادفة البحتة وقع تذبذب ما»** يُعتبر تفسـيرًا علميًّا؟! ومن أجل أن يستر ڤيدرال عوار طرح أتكنز وعوار طرحه هـو شـخصيًّا في البابين الأخيرين يقـول مباهيًا: **«ما أروع غموض الفيزيـاء»**! ما أعجب هذا التبرير!!!

القارئ الكريم

طرحنا في هذا الفصل نظرية شـانون للمعلومات ونظرية المعلومات الكمومية، باعتبارهما محطة العلم التالية بعد الفيزياء الحديثة، وباعتبارهما يطرحان أن البنية الأساسية للكون ليست المادة ولا الطاقة؛ بل المعلومات.

وقـد حرصتُ أن أعرض عليـك ما في جعبة الماديـين الذين يتنكرون لاحتيـاج المعلومات -التي هي بحق البنية الأساسـية للكون- إلى **مصدر عليم حكيم قادر**، حتى لا يظن البعض أننا نتغاضى عن أطروحات علمية قادرة على تفسير نشأة معلومات الكون بشكل فيزيائي صِرف.

ولقـد بيَّنا في مبحـث «الكون حاسـوب كمومي» **أن فيزيـاء الكوانتم تُعتبر آلية مناسـبة «لبث» المعلومات الكمومية التي يحتاج إليها الكون**، وهذا يطرح سؤالًا مهمًّا للغاية: **من الذي يقوم بهذا البث؟**

لقد زاد طرح ڤيدرال في البابين الأخيرين من كتابه (نظرة للكون كمعلومات كمومية) من يقيـني الذي لخصتـه عام 2018 من خلال عنوان كتابي **«المعلوماتيـة: برهان الربوبية الأكبر»**. لذلك كان طبيعيًّا أن يقوم الفصل التالي على تلخيص هذا الكتاب، وقد اخترت أن يكون عنوان الفصل هو نفس عنوان الكتاب.

الفصل الثاني

المعلوماتية
برهان الربوبية الأكبر

- مصدر المعلومات الكمومية
- من هم «الطبيعيون غير الماديين»
- نظرية المعلومات الكونية
- حدود النظرية الرياضية للمعلومات
- حاجتنا إلى نظرية أخرى للمعلومات
- مستويات/ عناصر/ هرم المعلومات
- المعلوماتية ليست إحصاء، بل عمليات ذكية
- قوانين المعلومات الكونية
- القانون الأول
- القانون الثاني
- القانون الثالث
- القانون الرابع
- القانون الخامس
- القانون السادس
- قوانين الاستحالة
- استنتاجات من قوانين المعلومات الكونية
- مصدر الشفرة الوراثية في الخلية الحية
- تقويم النموذج المادي الشامل للتطور الكوني العام
- ثنائية الإنسان
- دحض المذهب المادي
- الاستنتاج الأكبر

- الإله المصدر المعلوماتي الأعلى
- الوعي الكوني حقيقة علمية
- ليس وعيًا مجردًا، إنه الله عَزَّوَجَلَّ
- الفيزياء آلية عمل الإله
- كون مغلق ماديًّا وسببيًّا، ومفتوح معلوماتيًّا
- التحديات
- فيزياء الكوانتم تقدم الحل

انتهينا في الفصل السابق إلى أن النظرية الرياضية للمعلومات تعتبر أن **«للمعلومات طبيعة فيزيائية»**، وأن ميكانيكا الكوانتم تمثل آلية مناسبة لبث المعلومات في كوننا الذي هو بمثابة حاسوب كمومي حقيقي؛ وكان طبيعيًّا أن نختم الفصل بالتساؤل المنطقي:

ما طبيعة المصدر الذي يستخدم ميكانيكا الكوانتم كآلية لبث المعلومات في الكون؟

مصدر المعلومات الكمومية

في ضوء منظور «الكون الحاسوب الكمومي» يصبح علينا -لتفسير مصدر المعلومات[1]- البحث عن **كيفية الاختيار بين الاحتمالات المتاحة في كل عملية كمومية لكل جسيم تحت ذري وكل موجة،** في كل لحظة، في كل مكان في الكون:

1- هل يتم الاختيار **بالصدفة؟**

(*) هذا الفصل عن البابين الثاني والخامس من كتابي «المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر» - دار نيوبوك للنشر والتوزيع، 2018.

(2) الحقيقة أن بث المعلومات الكمومية يتم من خلال عمليتين كموميتين هما:

أ) التقلب الكمومي وفك الارتباط Quantum Fluctuation & Decoherence والتي تعني الانتقال من الاختيار بين بديلين (0) و(1) إلى الاختيار بين بدائل عديدة تقع بينهما (= الحالة الكمومية). وقد فصلنا هذه العملية في الفصل السابق؛ مبحث بعنوان: «ميكانيكا الكوانتم نظام لبث المعلومات». بعد هذه العملية، تأتي العملية التالية وهي:

ب) الاختيار بين الاحتمالات المتاحة في كل عملية كمومية لكل جسيم تحت ذري وكل موجة، في كل لحظة، في كل مكان في الكون.

ولتبسيط الشرح، سنقوم بالتركيز على العملية الثانية (ب)، ذلك أن ما ينطبق عليها كموميًّا ينطبق كذلك على العملية الأولى (أ).

2- هل يتم الاختيار بناء على النسب الاحتمالية التي يتبنى «تفسير كوبنهاجن[1]» أنها **سمة مدموغة** في طبيعة الجسيمات؟

3- هل يقوم بالاختيار **شق غير مادي في الطبيعة** يتمتع بالوعي والذكاء والقدرة كما يتبنى «الطبيعيون غير الماديين[2]»؟

4- هل يتم الاختيار بقوانين -أعلى من قوانيننا الفيزيائية- **وضعها الإله**، كما يتبنى «آينشتين»[3]

5- هل يقوم بالاختيار «عامل مرجح» يتمتع بطلاقة العلم والحكمة والقدرة، وهو ما يتماشى مع ما يتبناه المؤمنون عن «الله عَزَّوَجَلَّ»؟

دعنا -قارئي الكريم- نناقش هذه البدائل لنختار من بينها...

في البداية، ينبغي أن نلاحظ أن أحداث الكون **تتسم بسمتين رئيسيتين**:

الأولى؛ تتسم بنية ومسار الكون **بالترابط والتوجه من الأبسط إلى الأعقد، ومن الفوضى إلى الانتظام**، مما يتعارض مع **القانون الثاني للديناميكا الحرارية**. ويعني ذلك أن **الكون ليس منظومة مغلقة** بل تتطلب توجيهًا من خارجها، ويعني أيضًا وجود **غائية** لم يملك حتى الماديون إنكارها، فوصفوها **بغائية قوانين الطبيعة**. وبذلك أصبح **القول بصدفوية الطبيعة أمر غير وارد**، ومن يقول بها فهو متأخر بعدة عقود عن رؤية فلسفة العلم.

والسمة الثانية، هي أن نشأة ومسار الكون قد احتاجا في كثير من المواقف (في ضوء فيزياء الكوانتم) إلى **ترجيح احتمالات أدنى على حساب احتمالات أعلى كثيرًا**، ولا شك أن هذا الترجيح يحتاج إلى **عامل مرجح**.

بداية، لا نحتاج إلى القول بأن في ضوء هاتين السمتين لا مجال للقول بالصدفة وراء اختيار الاحتمالات الكمومية لأحداث الكون، وذلك لسبب بسيط، وهو أن **ليس هناك وجود للصدفة بالمرة**[4]!!!

(1) طرحنا ذلك بالتفصيل في الفصل الحادي عشر من الباب الثاني، تحت عنوان: اختلاف العمالقة؛ هل فيزياء الكوانتم ناقصة.
(2) نُعَرِّف بهذا الفريق بعد قليل.
(3) طرحنا ذلك بالتفصيل في مبحث الباب الثاني - الفصل الحادي عشر.
(4) شرحنا ذلك بالتفصيل في الباب الأول - الفصل الأول.

ولو تأملنا البديلين اللذين يطرحهما تفسير كوبنهاجن وآينشتين نجد أنهما يتفقان في **حتمية الاختيارات الكمومية**، فالاختيار تبعًا **لتفسير كوبنهاجن** يتبع ما هو مدموغ - ولا يتغير - في الجسيمات، وأيضًا ستفرض القوانين الأعلى -**تبعًا لآينشتين**- حتميتها على الاختيار. والحتمية -في الحالتين- **لن تحقق السمتين اللازمتين لنشوء الكون** واللتين ذكرناهما منذ قليل. وفي نفس الوقت فإن كلا الطرحين **يحتاجان إلى مصدر مطلق العلم والحكمة والقدرة**، لذلك نجد أن آينشتين ومعظم علماء تفسير كوبنهاجن كانوا مؤمنين بالإله الخالق عَزَّوَجَلَّ.

تبقى من البدائل الخمسة السابقة بديلي «**الطبيعيون غير الماديين**» و«**المؤمنون بالإله** عَزَّوَجَلَّ»، وكلاهما **يتفقان في السمتين** اللتين ذكرناهما وهما احتياج نشأة الكون -ومن ثم احتياج الاختيار بين الاحتمالات الكمومية- إلى **مصدر واعٍ عليم ذكي قادر**.

من هم «الطبيعيون غير الماديين»

إذا كانت **الديانات** تتبنى أن الإله يمد الطبيعة بما فيها من صفات، ومن ثم فهو المصدر الذكي الحكيم للمعلومات المطلوبة لنشأة الكون، والقادر على إخراجها إلى حيز الوجود، سواء بالتدخل المباشر في كل أحداثها أو من خلال قوانين الطبيعة، فإن **الماديين** يتبنون. أن **قوانين الطبيعة الفيزيوكيميائية** قادرة على قيادة قاطرة الطبيعة وبنائها بالهيئة التي صارت عليها من مادة غير حية وكائنات حية.

وفي مواجهة هاتين النظرتين ظهرت مجموعة من العلماء والفلاسفة، ترفض تلك النظرة الميكانيكية لفهم الطبيعة، بعد أن تأكد لهم عجز القوانين المادية عن تشكيل الوجود - خاصة ظاهرة الحياة - وهم كذلك لا يقبلون الطرح الديني للخلق لاعتقادهم أنه يتعارض مع المنهج العلمي. لقد دفع ذلك الإدراك هؤلاء إلى البحث عن **مصادر طبيعية خارج المنظومات المادية**، تكون قادرة على تفسير نشأة ما في الطبيعة من معلومات تقوم بتوجيه أحداثها، وقادرة على تفسير ما في الطبيعة من ذكاء وقصد وانتظام. ويُطلق على هؤلاء اصطلاح «الطبيعيون غير الماديين Non-Materialistic Naturalists».

وعلى رأس هؤلاء الفيلسوف الأمريكي **توماس ناجل**[5] (شكل - 71)، الذي طرح مفهوم

(5) Thomas Nagel: أستاذ الفلسفة والقانون بجامعة نيويورك، المهتم بفلسفة القانون والسياسة والأخلاق، ولد عام 1937.


(شكل - 71)
توماس ناجل

«**الغائيـة الطبيعيـة** Natural Teleology» التي تصلح كأرضية مشتركة يستطيع أن يتحاور حولها المتدينون مع الطبيعيين غير الماديين.

ويعني ناجـل بالغائية الطبيعية وجود مسـتوى من القوانين أعلى من القوانـين الطبيعة الفيزيوكيميائية أسـماه بـ «**القوانين الطبيعيـة الغائيـة** Natural Teleological Laws»، واعتبر أنها تتمتع بقدر من اللاحتمية التي تسـمح بأن توجه الطبيعة لإنتاج منظومـات ذكية محددة مسـبقًا!! أن **هذه القوانـين الغائية** - بلا شـك - **تتماشى تمامًا مع نظريـة المعلومات ومع الطرح الديني.** وقناعتنا أنه **إذا نسـبنا كل ما في الوجود من ذكاء إلى الطبيعة المادية، فلن تعد الطبيعة طبيعة بالمرة، بل ستصبح نصف إله قادر على القيام بالمعجزات.**

نظرية المعلومات الكونية

حدود النظرية الرياضية للمعلومات

عندما وضع كلود شـانون نظريتـه الرياضية للمعلومات كان هدفه زيادة كفاءة شـبكة اتصالات تليفونات شركة بيل، لذلك **لم يكن شانون مهتمًّا بمعنى المعلومات**، لكن كان اهتمامه منصبًّا على **جانبها الإحصائي**، مثل:

- ❐ كم عدد الحروف والأرقام والكلمات في النص؟
- ❐ كم مرة يتكرر كل حرف من الحروف؟
- ❐ ما معدل (نسبة) تكرار حرف أو كلمة معينة؟

إن الإجابة عن هذه الأسـئلة لا تتطلب أن يكون للنص معنى، أيَّ معنى، إذ يمكن طرح هذه الأسئلة على أي ترتيب عشوائي من الحروف أو الكلمات، وتكون **أجوبة هذه الأسئلة أجوبة رياضية ليس لها علاقة بمعنى النص.**

إن هذا المستوى الإحصائي هو ما تعامل معه **كلود شانون** في نظريته من أجل إيجاد نظام لنقل المعلومات بشكل سريع خلال ضفيرة أسلاك Cable أو لاسلكيًّا عبر المسافات الطويلة. لذلك اهتم شانون بكيف يمكن وضع الرموز في هيئة منضغطة/ مكثفة، وليس بما تحويه الرموز من معنى. وتبعًا لذلك، تكون - مثلًا - أقصر طريقة للتعبير عن أ × أ × أ × أ هي أ^4،بغض النظر عن معنى (أ) وهذا هو المقصود بـ «**المعلومات الإحصائية Statistical Information**».

معنى ذلك أنه إذا استخدم شخص عدة كلمات ليقول **جملة طويلة غير ذات معنى**، فتبعًا لشانون تحمل هذه الرسالة محتوًى معلوماتيًّا عاليًا يتناسب مع عدد الحروف المستخدمة، بينما إذا عَبَّر شخص عن معنى عميق للغاية بحروف أقل، فتبعًا لشانون، تحمل هذه الرسالة معلومات أقل!

مثال آخر: أيهما يحمل معلومات أكثر: (اثنان زائد اثنين يساويان أربعة) أم (2+2=4)؟

الحقيقة، أن **المعلومات واحدة**، لكن تبعًا لشانون فإن التعبير الأول يحمل معلومات أكثر من التعبير الثاني لأن رموزه أكثر.

ومن الأمثلة المفيدة أيضًا: جهاز قياس مستوى الصوت في الأوبرا؛ فهو قادر على تحديد مستوى الصوت بوحدات الديسيبيل لكنه لا يحدد معنى كلمة واحدة من أوبرا كاملة. إن هذا **الجهاز يعادل نظرية شانون** التي تتعامل مع المستوى الإحصائي للمعلومات.

إن هذا الطرح الإحصائي لكلود شانون **غير ذي علاقة بالسمتين السابقتين اللازمتين لنشأة الكون والحياة**، تلك النشأة التي تتطلب أن **يكون للمعلومات معنى وهدف**[1].

تأمل هذه المقولات عن **محدودية دور النظرة الإحصائية المادية للمعلومات:**

يقول **كارت شتينباخ** Kart steinbuch (1917 - 2005) عالم الكمبيوتر الألماني:

«إن النظرية الرياضية للمعلومات (شانون) يمكن تشبيهها بشخص يساوي ما بين كيلوجرام من الذهب وآخر من الرمل».

ويقول **وارن ويفر** Warren Weaver (1894 - 1978) عالم الكمبيوتر الأمريكي:

(1) ينطبق هذا القصور أيضًا على المعلومات الكمومية.

«انطلاقًا من نظرية شانون، تتساوى رسالتان إحداهما مليئة بالمعاني وأخرى مجرد هراء». ويقول **وايزوكر إرنست فون** Weissocker Ernst von (1882 - 1951) خبير المعلومات الألماني: «أثبتت نظرية شانون أنها غير مفيدة في كثير من المجالات العلمية المختلفة، ذلك أن العلم لا يقوم على اختزال نتائجه إلى مستوى الإحصاء فحسب».

أن الجانب المهم في كل معلومة ليس عدد الحروف المستخدمة، ولكن محتواها العقلي. وإذا أسقطنا دور معنى المعلومات، انطبقت مقولة المفكر والكاتب الفرنسي جين كوكتيه Jean Cocteau (1889 - 1963): «إن أهم الأعمال الأدبية ليست إلا حروفًا أبجدية مبعثرة».

حاجتنا إلى نظرية أخرى للمعلومات

إذا كان ڤلاتكو ڤيدرال قد أثبت - كما بينا في الفصل السابق - أن «للمعلومات طبيعة فيزيائية» فذلك لا يعني **النظر للمعلومات باعتبارها ظاهرة مادية فحسب، بل إن ذلك هراء! يرجع إلى إساءات متعددة في الفهم أدت إلى نتائج خطيرة**، لعل أسوأها أنها ضللتنا عن فهم طبيعة المعلومات، كما دعمت مفاهيم الفلسفة المادية التي تقصر كل شيء في المستوى المادي، وقد عبر عن ذلك العالم البيولوچي الألماني **چ. بيل** J. Peil بقوله:

«حتى البيولوچيا، التي تبنت الفلسفة المادية - حين استبعدت أية عناصر حيوية وميتافيزيائية - لا تقبل اختزال الحياة في الفيزياء. إن **المعلومات ليست مبادئ فيزيائية أو كيميائية مثل الكتلة والطاقة**، حتى وإن استخدمتهما كحوامل وأوساط للظهور».

وينظر **جونثر أوش** Gunther Osche (1926 - 2009) عالم البيولوچيا الألماني، إلى ظاهرة الحياة من **منظور بيولوچي يستبعد الطبيعة المادية للمعلومات**؛ فيقول:

«بينما تتعامل الفيزياء مع كميات الكتلة والطاقة، فإن **للمعلومات دلالة وظيفية مهمة** في وصف الظواهر البيولوچية. فبينما يعبر مفهوم المعلومات الإحصائي كميًّا عن احتمالية مجموعة من التبديلات بين الرموز، فإن المعلومات المتجسدة في النظم البيولوچية (الشفرة الچينية) هي معلومات تقوم عليها الأنواع، معلومات لها مهام وظيفية، أي تتعامل مع الجوانب الدلالية والعملية والغائية من المعلومات، وهي **جوانب كيفية وليست كمية**».

وقد عبر عن ذلك الرياضياتي الأمريكي والفيلسوف **نوربرت ڤينر** Norbert Wiener (1894 - 1964) عندما **رفض اعتبار أن المعلومات ظاهرة فيزيائية**، فقال: «**إن المعلومات هي معلومات، ليست كتلة ولا طاقة**، إن أي مادي يتنكر لذلك لن يحيا حياة طبيعية البتة».

ويؤكد **ڤيرنر شترومباخ** Werner Strombach (عالم المعلومات والفيلسوف الألماني) الطبيعة غير المادية للمعلومات فيُعرف المعلومات بأنها: «**إدراك النظام على مستوى التأمل المعرفي**».

وينظر **هانز جوشم** Hans - Joachim (1902 - 1980) عالم السيبرنطيقا[1]، إلى المعلومات باعتبارها كيانًا ذكيًّا/ عاقلًا، وذلك بسبب ما تحمله من معنى وما تحتاج إليه عمليات تشفيرها وفهمها من ذكاء؛ فيقول: «إن تركيبة الرسالة تشتمل على تشفير محتواها العقلي، إن الرسالة نفسها لا تخبرنا عما إذا كان محتواها العقلي ذا معنى أم غير ذي معنى، هل له قيمة وفائدة أم هراء، **فهذا أمر لا يقوم به إلا المستقبل الذكي**».



(**شكل** - 72)
فيرنر جت

ولما كانت نظرية شانون الرياضية تتعامل مع المستوى الإحصائي للمعلومات فحسب، ظهرت الحاجة إلى **نظرية تتعامل مع المعلومات بشكل شامل يغطي جوانبها المختلفة، مما يعيننا على إدراك الدور الحقيقي للمعلومات في منظومة الوجود**. ولعل من أهم هذه الأطروحات نظرية عالم البرمجيات الألماني **ڤيرنر جت**[2] (شكل - 72)، التي أطلق عليها اسم «**نظرية المعلومات الكونية** Theory of Universal Information[3]».

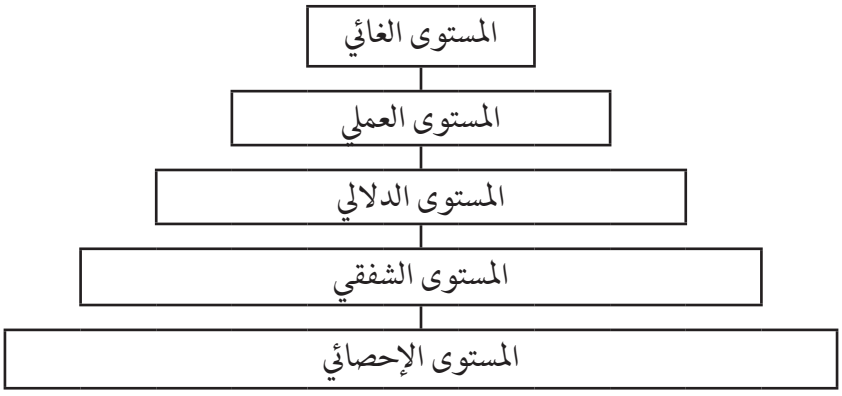
(1) Cybernctics: كلمة تعني الموجه/الحاكم/القبطان، ويُعتبر نوربرت ڤينر من أهم مؤسسي علم السيبرنطيقا، وعرفها بأنها «علم القيادة أو التحكم في الأحياء والآلات ودراسة آليات التواصل في كل منهما».

(2) Weirner Gitt: المهندس الألماني، الرئيس الأسبق لقسم تكنولوجيا المعلومات في المعهد الڤيدرالي الألماني للفيزياء والتكنولوجيا، ولد عام 1937.

(3) سيكون عرضنا لهذه النظرية من خلال كتابيَ ڤيرنر جت المترجمين من الألمانية إلى الإنجليزية:
1) In the Beginning was Information, 2014, 3rd ed.
2) Without Excuse, 2011.

مستويات/ عناصر/ هرم المعلومات

لطرح نظريته عن المعلومات الكونية، عكف ڤيرنر جت على دراسة **أنماط المعلومات التي تعرضها اللغات المختلفة**؛ كالمعلومات التي تحملها لغاتنا الطبيعية، والمعلومات البيولوچية التي تحملها شفرة الدنا DNA، والمعلومات الموسيقية التي تحملها شفرة النوتة الموسيقية، والمعلومات التي تحملها شفرة موريس التلغرافية، والمعلومات الحاسوبية التي تحملها شفرة الحاسوب، وغيرها.. وخرج جت بأن معلومات كل من هذه اللغات (دون أي استثناء) تنتظم هرميًّا في خمسة مستويات/ عناصر، وهي من أسفل إلى أعلى (شكل - 73):



(شكل - 73)

المستويات/ العناصر الخمسة للمعلومات الكونية

المستوى الأول: المستوى الإحصائي[1] Statistics

والمقصود به العلاقات الإحصائية لرموز لغة المعلومات (حصرًا وترتيبًا وتكرارًا)، وهو ما تتعامل معه نظرية شانون الرياضية للمعلومات.

المستوى الثاني: المستوى الشفقي[2] Cosyntics

المقصود به ما تشير إليه الرموز اللغوية المجردة (حروف - أرقام - علامات)، بالإضافة إلى القواعد التي تحكمها. لذلك أشرنا إليها باصطلاح «شفق» (= شفرة + قواعد).

(1) تقوم نظرية المعلومات لشانون، ويقوم عمل الحاسوب وعلومه المختلفة، على هذا المستوى/ العنصر.

(2) Cosyntax اختصار لكلمتي Code رمز/ شفرة + Syntax قواعد. لذلك ترجمناها إلى شفق = شفرة+ قواعد.

المستوى الثالث: المستوى الدلالي/ المعنى Semantics

المقصود به المعنى الذي تحمله المعلومات وتعبر عنه اللغة.

المستوى الرابع: المستوى العملي/ الفعلي/ الواقعي Pragmatics

المقصود به العمل/ الفعل المتوقَّع أن يتجاوب به مستقبل الرسالة.

المستوى الخامس: المستوى الغائي/ القصد[1] Apobetics

المقصود به غاية/ هدف/ قصد المرسل من الرسالة.

في ضوء هذا الهرم يمكننا «تعريف المعلومات الكونية» ببساطة شديدة، فهي **«المعلومات التي تتوافر فيها هذه المستويات الخمسة من العناصر»**.

إن هدف نظرية المعلومات الكونية ليس مجرد وصف المستويات الخمسة للمعلومات، لكن الأهم هو دراسة الانعكاسات العلمية والفلسفية والدينية وراءها.

المعلوماتية ليست إحصاء بل عمليات ذكية

في ضوء المستويات الخمسة للمعلومات، يبدأ **سيناريو المعلومات الكونية بالمرسل**، الذي يمتلك **غاية**/ قصد/ هدف يسعى إلى تسجيلها أو تخزينها أو نقلها أو تحقيقها. ومن أجل ذلك يلجأ إلى **لغة** يعرفها (أو يبتكر لغة جديدة) ويستخدم عددًا من الرموز التي تحكمها قواعد ليبدع وحدات معلوماتية. يعبر بها عن **المعاني والأفعال** المتوقعة **والغايات** المقصودة.

يأتي بعد ذلك **دور المستقبل**، الذي يقوم - من جانبه - بفك شفرة الرسالة، ويتطلب ذلك أن يكون مُلمًّا بالشفرة وقواعدها، فيفهم معناها، ويقوم بالأعمال المطلوبة منه، ليحقق الغاية من الرسالة.

ومن ثم، فإن توليد وفهم المعلومات الكونية هي بمثابة **عمليات ذكية** نطلق عليها **«معالجة المعلومات»**، وهي أساس كل عمليات التواصل.

إن هذه النظرة التي يتبناها هذا الفصل عن المعلومات لها **انعكاسات وتوابع عديدة للغاية**، لعل أهمها:

(1) Apobetics مشتقة من اللفظ اليوناني Apobeinon، بمعنى النتيجة أو النجاح أو الخلاصة.

1) إن كان للمعلومات طبيعة فيزيائية تتمثل في مستواها الإحصائي، فإنها **ليست كيانًا ماديًّا** (كتلة + طاقة).

2) تعجز الصدفة/ العشوائية والقوانين الفيزيوكيميائية عن إبداع المعلومات.

3) تحتاج المعلومات في إبداعها وصياغتها وأيضًا في فهمها إلى **كيانات غير مادية، ذكية لها غاية.**

إنها حقًّا عمليات ذكية.

قوانين المعلومات الكونية

لما كانت نظرية المعلومات الكونية تقوم على أن للمعلومات خمسة مستويات هرمية، فقد قام ڤيرنر جت من خلال **الملاحظة والتجريب** - كمنهج النظريات الطبيعية - **باستنباط عدد من القوانين العلمية** التي تعرضت **لاختبار الواقع.** وتلك القوانين ينطبق عليها ما ينطبق على القوانين الطبيعية، من أن **مثالًا معارضًا واحد** يفند المفهوم المقابل، لذلك علينا أن نستمر في العمل والبناء على هذه القوانين حتى يثبت خطأ أيٍّ منها. ويمكن الخروج من هذه القوانين **باستنتاجات** أبعد من تلك التي نحصل عليها من القوانين الطبيعية المادية، فهي تمكننا من **البحث عن مصدر المعلومات**، وهو أمر غير متاح في القوانين الطبيعية.

يهتم القانون الأول بطبيعة المعلومات الكونية:

«المعلومات الكونية كيان غير مادي»

إذا كانت السمة الأساسية التي تميز الكيانات المادية هي أن يكون لها « كتلة Mass» فإن السمة المبدئية التي تحدد أن كيانًا ما هو كيان «غير مادي» هي **ألا تكون له كتلة.**

ولكن، هل هذا الشرط كاف **لاعتبار أن الكيان غير مادي؟ ....** الإجابة: لا...

بل ينبغي حتى نعتبر أن الكيان غير مادي أن يكون أيضًا **غير مرتبط بالمادة** (= غير متعالق بالمادة)... كيف؟:

ينبغي أن يكون الكيان:

1) ليس من خواص المادة[1].

2) ليس متداخلًا مع المادة[2]

3) لا ينبثق من المادة الصرف[3]

4) ليس له تفاعل فيزيوكيميائي مع المادة[4]

ويمثل «**الضوء**» حالة خاصة في إطار هذا التعريف[5]

ويؤكد القانون الثاني عجز الكيانات المادية عن إنتاج معلومات كونية:

«الكيان المادي الصِّرف
لا يمكنه إنتاج معلومات كونية»

إذا كانت المعلومات الكونية كيانات غير مادية، وليست سمة ذاتية ولا تعالقية للمادة، وإذا كانت القاعدة أن المعلول (الناتج) ينبغي أن يكون من جنس العلة (السبب)، ففي ضوء القانون الأول نستنتج القانون الثاني؛ الذي يتبنى أنه لا يمكن للعمليات المادية أن تكون مصدرًا لأية معلومات باعتبارها كيانات غير مادية.

(1) ليس مثل الخواص المادية التي لا تتغير بتغير كمية المادة: مثل الصلابة والكثافة واللون والقابلية للذوبان.

(2) ليس مثل الطاقة المتداخلة مع الكتلة، كما تكشف معادلة آينشتين.

(3) ليس مثل أنواع الإشعاع التي تنبعث من العناصر المشعة.

(4) ليس مثل الهيدروجين الذي يتحد كيميائيًّا مع الأكسجين ليكوِّن الماء، أو برادة الحديد التي تنتظم فيزيائيًّا تبعًا لخطوط المجالات المغناطيسية.

(5) يُعتبر الضوء كيانًا ماديًّا بالرغم من أنه لا كتلة له، وذلك لعدة أسباب:
يسلك الضوء كموجات وكجسيمات (فوتونات) كتلتها صفر، وفي نفس الوقت ينبعث الضوء من المصباح المادي، كما ينحرف بالجاذبية تجاه الكواكب الكبيرة. ولدراسة هذه السمة الأخيرة يتم حساب ما يعرف بالكتلة المكافئة Equivalent mass، وهي الكتلة التي تعادل قوى الجذب التي تحرف الضوء. ويتم أيضًا حساب تسارع الفوتونات تبعًا لطول الموجة المقابلة لها.

فـإذا كانت بـرادة الحديد معدنًـا يعلوه الصـدأ في وجود الماء والأكسـجين، فهـذه عملية كيميائيـة فرضتها صفات فيزيائية للحديد والماء والأكسـجين، بينـما - في ضوء كل معلوماتنا العلمية - لن يعطينا انتثار برادة الحديد عبر مليارات السـنين معلومات كونية بسماتها الخمس، ولا حتى كافتراض نظري.

وفي المقابـل، لقـد **فشـلت جميـع محـاولات الماديين لإرجـاع أفـكار الإنسـان إلى عمليات فيزيوكيمائيـة في أمخاخنـا**، وهذا يجعلنا نوقن بأن الإنسـان ليـس كيانًا ماديًّا فحسـب، بل إنه يشـتمل على عنصر غير مادي (العقل أو الروح عند المتدينـين) ينتج هذه الأفكار، مما يعني أن الإنسان أكثر من مجموع أجزائه المادية.

ويؤكد القانون الثالث عجز العمليات العشوائية عن إنتاج معلومات كونية:

«المعلومات الكونية لا يمكن أن تنشأ عن عمليات عشوائية صِرْفة = صدفوية»

يعتبر هذا القانون استكمالًا **للقانون الثاني**. ذلك أن الكيانات المادية تسلك بحتمية تفرضها القوانـين الطبيعيـة، لذلـك بَيَّنـا في القانون الثاني اسـتحالة أن تُنتـج الحتمية الماديـة معلومات كونية. وهذه الحتمية تتعارض تمامًا مع إمكانية أن تسـلك المادة بشكل عشوائي يؤدي إلى إبداع معلومات، وهذا ما يضيفه القانون الثالث.

ويُرجع القانون الرابع المعلومات الكونية إلى مصدر ذكي:

«المعلومات الكونية لا يمكن أن تنشأ إلا من مصدر ذكي»

أكـد القانونـان الثاني والثالث أن الكيانات المادية تعجز عن إنتـاج معلومات كونية من خلال حتميتها أو عملياتها العشـوائية الصرفة!! ويدعم ذلك ما بيناه منـذ قليل من أن المعلومات الكونية بمسـتوياتها الأربعة (الشـفقي - الـدلالي - العملي - الغـائي) **تحتاج إلى مصدر ذكي.** وعـادة ما يبدع المصدر الذكي المعلومات بشكل عكسي، فهو يبدأ المنظومة بتحديد الغاية وتحديد الأعمال المطلوبة لإنجازها، ثم يصوغ تلك الأعمال في معان، ثم يختار الشفرة المناسبة لصياغتها والتعبير عنها.

ويحتـاج الأمر هنا، أن نُعَرِّف **المقصود بالمصدر الذكي؛ إنه مصدر واع، له إرادة، مبدع، ذو غاية، وذلك بشرط أن تكون هذه الصفات ذاتية فيه**، بخلاف **الحاسوب** الذي يقوم مصدر ذكي ببرمجته من الخارج ليتبع مسارًا لوغاريتميًّا حتميًّا يمكن توقعه مقدمًا.

ويعالج القانون الخامس المستوى العملي[1] للمعلومات الكونية:

«تحتاج التطبيقات المادية للمستوى العملي للمعلومات الكونية إلى آلات»

يتعامل هذا **القانون** مـع **التطبيقات العملية** للمعلومات الكونية، ويتبنى أن تلك التطبيقات تحتاج إلى ذكاء لتصميم وتشغيل الآلة التي تقوم بالمهمة.

ولبيان تعقيد هذا الجانب في **جسم الإنسان**، نذكر أن مقدار انسياب معلومات التشغيل في جسـم إنسـان واحد يبلغ 3×10^{24} بت في اليوم، وإذا قارناه بمقدار المعلومات في كتب مكتبات العالم (تبلغ 10^{10} بت)، وجدنا أن كمية المعلومات التي تُشَـغِّل جسم الإنسان في اليوم الواحد يبلغ مليون ضعف كل ما في مكتبات العالم من معلومات[2]!!! سبحانك ربي.

(1) مثال تلك المهام العملية: صهر وتشكيل الحديد، ومعالجة المعلومات التي يقوم بها الحاسوب.

(2) Without Excuse: Werner Gitt, Bob Compton, Torge Ferandez, 2011, Creation book Publishers, Atlanta, Georgia, USA. P. 139.

ونصل مع القانون السادس والأخير إلى تدمير المعلومات:

«ليس للعمليات الفيزيوكيميائية غير الموجهة القدرة على زيادة المعلومات الكونية المختزنة في وسط مادي، بل تؤدي هذه العمليات إلى الانتقاص من المعلومات بمرور الوقت»

هنا نتساءل؛ إذا كان لدينا قانونان لحفظ المادة والطاقة، فهل لدينا قانون مشابه لحفظ المعلومات؟

إن ما عندنا هو هذا القانون العكسي، الذي يخبرنا بأن **المعلومات يمكن أن تُمحى** إما جزئيًّا أو كليًّا بمرور الوقت.

وقد يحدث محو المعلومات **عن طريق كيان ذكي،** كأن نمحو (قصدًا أو عفوًا) معلومات مختزنة في ذاكرة الحاسوب أو مكتوبة على السبورة. كما قد يحدث محو المعلومات **عن طريق عمليات فيزيوكيميائية غير موجهة،** كأن تتعرض النقوش والكتابات الأثرية على الأحجار والأخشاب وأوراق البردي للمحو بسبب الظروف الطبيعية. ويتبع هذه المجموعة ما يحدث للوسائل المغناطيسية لحفظ المعلومات كالأسطوانات المضغوطة CD والـ DVD إذ يؤثر الضوء على هذه التسجيلات مما يؤدي إلى فقد المعلومات. لذلك فإن **الحفاظ على المعلومات الكونية يحتاج إلى ذكاء وإرادة وقدرة.**

وهناك **رؤية مغايرة لهذا القانون؛** ذلك أن تدمير سجلات المعلومات يعني تلاشيها على المستوى المادي فحسب، لكنها تبقى في ذاكرة من أبدعها، وإذا مات هؤلاء فهي من ذاكرة تلاميذهم. وتتبنى **الرؤية الدينية**؛ أن المعلومات لا تفنى مع اختفاء سجلاتها ومصادرها الذكية، فهي تظل محفوظة عند المصدر الأول وهو العلم الإلهي، وأيضًا في اللوح المحفوظ.

قوانين الاستحالة Impossibility

مثلما نصوغ قوانين الطبيعة بصياغات معكوسة، فإن قوانين المعلومات الكونية يمكن صياغتها أيضًا بصياغات معكوسة يمكن تسميتها «قوانين استحالة»، وتكون كالآتي:

- ❐ **القانون الأول معكوسًا:** يستحيل اعتبار المعلومات الكونية كيانًا ماديًّا.
- ❐ **القانون الثاني معكوسًا:** يستحيل أن تتولد المعلومات الكونية بعمليات مادية صرفة.
- ❐ **القانون الثالث معكوسًا:** يستحيل أن تشكل العمليات العشوائية الصرفة معلومات كونية.
- ❐ **القانون الرابع معكوسًا:** يستحيل أن تتولد المعلومات الكونية دون مصدر أول ذكي.
- ❐ **القانون الخامس معكوسًا:** يستحيل أن تمارس المعلومات الكونية دورها العملي المادي من دون آلات.
- ❐ **القانون السادس معكوسًا:** يستحيل زيادة المعلومات الكونية عن طريق العمليات الفيزيوكيميائية غير الموجهة.

وقد أُشتقت هذه القوانين جميعها من ملاحظات واقعية، وتعرضت عبر عشرات السنين لاختبار الواقع دون مثال مُفَنِّد واحد، وهي في نفس الوقت تمكننا من البحث عن مصدر المعلومات الكونية، وهو أمر غير متاح مع القوانين الطبيعية. وتثبت هذه القوانين أن المعلومات الكونية تحتاج إلى مصدر ذكي غير مادي حر الإرادة، وهو ما يثبت مفهوم الربوبية الذي يؤمن به المتدينون.

ولا يقف ڤيرنر جت مبدع نظرية المعلومات الكونية عند صياغة النظرية وقوانينها العلمية، لكنه يبين أيضًا **الطريق إلى دحضها**، فيقول:

«لا شك أن هذه النظرية وهذه القوانين يتوافر فيها الشرط المهم لقبول النظريات العلمية، وهو القابلية للتكذيب Falsification. والدليل التكذيبي لهذه النظرية يقوم بأن يقدم أي

شخص دليلًا على إمكانية أن تنشأ المعلومات الكونية عن طريق عمليات فيزيوكيميائية صرفة غير موجهة».

استنتاجات
من قوانين المعلومات الكونية

كما هو متبع مع القوانين العلمية الطبيعية، من استخراج استنتاجات ومفاهيم مهمة منها، تساعد على صياغة نظرتنا للوجود، فسنعرض هنا **عشرة استنتاجات منطقية مهمة استنبطها ڤيرنر جت من القوانين العلمية للمعلومات الكونية.**

وترجع أهمية هذه الاستنتاجات؛ إلى أنها **تفند العديد من الافتراضات والادعاءات المادية، التي سادت الطرح العلمي والفلسفي المعاصر، مما يشارك في إعادة نظرتنا إلى الوجود، ويدفع العلم إلى مجالات ما كان ليدخلها لو ظل في إطار المذهب المادي :**

مصدر الشفرة الوراثية في الخلية الحية

تتعلق الاستنتاجات الأربعة الأولى بظاهرة الحياة واحتياج منظومتها البيولوچية الأساسية (الدنا - البروتين)[1] إلى مصدر ذكي:

الاستنتاج الأول

«ترجع المعلومات الكونية في منظومة (الدنا - البروتين) في الخلية الحية إلى مصدر ذكي»

تواجه مؤيدي **نظرية التطور البيولوچي العشوائي** مشكلة يعجزون عن حلها، فهم يتبنون أن

(1) تقوم ظاهرة الحياة على منظومة معلوماتية رائعة هائلة التعقيد، تعتمد على الحمضين النوويين؛ الدنا DNA والرنا RNA، اللذين يختزنان معلومات الخلية ويضاعفونها وينقلونها إلى الريبوزومات خارج النواة حيث يتم بناء البروتينات. ويعتبر الكثير من العلماء أن سر الحياة يكمن في هذه المنظومة.

العمليات الحيوية داخل الخلايا وكذلك التطور من كائن لآخر تحكمها معلومات مختزنة في جزيء الدنا DNA، وهذا لا خلاف فيه بيننا وبينهم. أما الخلاف فيكمن في تحديد **مصدر هذه المعلومات.**

إن هذا الاستنتاج يفند ما يذهب إليه الدراونة حين يفسرون مصدر هذه المعلومات بفرضيات ماديـة[1]، تتبنى كلهـا أن المادة الصرِّف قـادرة وحدها على إبـداع المعلومـات الكونية الأصلية. إلا أن الآليات التي يقدمها الماديون لذلك ليسـت إلا افتراضات تنطلق من قناعة مادية وليسـت من العلم ولا من واقع عالمنا بتاتًا.

الاستنتاج الثاني

«ينبغي أن يكون المصدر الأول للمعلومات الكونية في منظومة (الدنا - البروتين) بالغ العلم والذكاء»

تبعًـا للقانـون الرابع للمعلومات الكونيـة، لا يمكن أن تكون هنـاك معلومات كونية دون مصدر ذكي، ومن ثم ينبغي وجود مصدر ذكي في أول كل سلسلة من سلاسل المعلومات الكونية. ولمـا كانت المعلومات الكونية اللازمة لظاهرة الحيـاة تبلغ كمًّا هائلًا فذلك يعني **حتمية وجود مصدر بالغ العلم والذكاء في أول السلسـلة البيولوچية**[2]. ولا يمكن أن يكون هذا المصدر هو الإنسان، ذلك أن منظومة (الدنا - البروتين) تسبق وجوده.

(1) يلخص البيولوچي والفيلسوف الألماني Bernd - Olaf ثلاث فرضيات مادية لتفسير ظهور الحياة:

(1) فرضية العشـوائية The Random Hypothesis: نشـأت المعلومات البيولوچية الأصلية بالصدفة، من خلال بناء الجزيئات البيولوچية الكبيرة بشكل عشوائي غير موجه. وقد ثبت أن التلقائية تعجز عن ذلك.

(2) التناول الغائي The Teleological Approach: يرجع مصدر المعلومات البيولوچية إلى قوانين طبيعية خاصة ذات توجـه طبيعي لإنشـاء الحياة، وتعمل هذه القوانين من أجل إنشـاء الجزئيات البيولوچية الكبـيرة. وهذه الفرضية أصبغت على القوانين الطبيعية غائية تتماشى مع الطرح الديني.

(3) التنـاول الجزيئي الدارويـني The Molecular - Darwinist Approach: نشـأت المعلومات الأصلية عن طريق التنظيم الذاتي الاختياري والتطور التلقائي للجزيئات البيولوچية الكبيرة. ويفند هذه الفرضية عجز الدراونة عن تفسير مصدر التنظيم الذاتي وإثبات تلقائية/ صدفوية التطور.

(2) دفـع الاقتنـاعُ بعجز المادة عن إبـداع المعلومات بعضَ الدراونة لطـرح الكائنات الفضائيـة Aliens كمصدر لتلك المعلومات، وذلك دون أي دليل، بل لقد تغاضوا عن السـؤال البديهي؛ ومن أين اكتسـب الفضائيون معلوماتهم؟ ومن ثم فإن الطرح الفضائي لا يقدم شـيئًا إلا أن ينقل السـؤال خطوة أبعد، وينقل المشـكلة إلى حيث لا يمكن دراستها.=

الاستنتاج الثالث

«ينبغي أن يكون المصدر الأول للمعلومات الكونية في نظام (الدنا - البروتين) في الخلية الحية ذا قدرة خَلْقية كبيرة»

فمثلما يمد **المصدر الذكي الأول** الخلية الحية بالمعلومات الكونية لبناء وتشفير ضفيرة الدنا DNA التي تحمل المعلومات المطلوبة لتكوين البروتينات، التي هي بمثابة الوحدات البنائية والوظيفية للخلية، فإنه أيضًا يمد الخلية بالمعلومات المطلوبة لتشييد **الآلات النانوية (الريبوزومات)** التي تقوم بهذه المهمة، وذلك بالإضافة إلى تشييد آلات نانوية أخرى تقوم بآلاف الوظائف داخل الخلية. إن هذا التبسيط المتواضع لما يحدث داخل الخلية **يفوق بمراحل أعقد النظم التي ابتدعها الإنسان وأكثرها كفاءة في استهلاك الطاقة.**

الاستنتاج الرابع

«المصدر الأول للمعلومات الكونية في نظام (الدنا - البروتين) في الخلية الحية يشتمل على عنصر غير مادي»

يقوم هذا الاستنتاج، على أن القوانين الثاني والثالث والرابع قد استبعدت قدرة العمليات المادية والعشوائية على إبداع معلومات كونية.

تقويم النموذج المادي الشامل للتطور الكوني العام

والآن ننتقل من الاستنتاجات حول ظاهرة الحياة واحتياج شفرتها الوراثية إلى الإله الخالق،

=وإذا أجبنا عن هذا السؤال بأن مصدر المعلومات البيولوجية عند الكائن الفضائي هو كائن أعلى، وأن مصدر المعلومات عند هذا الأعلى هو كائن أعلى منه، فإننا سنستمر في هذا التسلسل إلى ما لا نهاية، وهذا غير جائز (القاعدة المنطقية: استحالة التسلسل إلى ما لا نهاية). كذلك فإن محاولات هؤلاء المستميتة لتفسير وجود المعلومات الكونية بوجود هذا الكائن الفضائي السوبر هي إقرار بمصدر بالغ الذكاء للمعلومات البيولوجية، وإقرار باستحالة أن تبزغ المعلومات في كوكبنا عشوائيًّا. ومن ثم فهو أكبر دليل على ما توصلنا إليه في هذا الاستنتاج.

إلى ثلاثة **استنتاجات** تدور حول تقويم «**النموذج المادي الشامل للتطور الكوني العام» الذي يطرحه ا لماديون لتفسير نشأة الوجود.** ونقصد به مراحل النشأة الثلاث:

- ❐ نشأة الكون، عن طريق الانفجار الكوني العظيم: الاستنتاج الخامس.
- ❐ نشأة الحياة، عن طريق التطور الكيميائي: الاستنتاج السادس.
- ❐ تعدد الكائنات الحية، عن طريق التطور البيولوچي العشوائي: الاستنتاج السابع.

ويتبنى الماديون أن تطور النشأة في هذه المراحل الثلاث قد حدث بشكل تلقائي، وهو ما سنفنده في الاستنتاجات الثلاثة التالية:

الاستنتاج الخامس

«الانفجار الكوني العظيم ليس مصدرًا للمعلومات الكونية»

يتبنى المذهب المادي أن الانفجار الكوني العظيم هو المصدر المباشر للعنصر المادي للوجود، وذلك مقبول علميًّا ولا مشكلة فيه. لكن هذا العنصر هو وسط مادي مُحَمَّل بكم معلوماتي هائل ينبغي أن يكون له مصدر معلوماتي ذكي غير مادي بالغ العلم والذكاء.

الاستنتاج السادس

«التطور الكيميائي التلقائي لا يمكن أن يكون مصدرًا للحياة»

تقدم المعلومات الكونية الهائلة في آلية (الدنا - البروتين) دليلًا كافيًا لاستبعاد التطور الكيميائي كتفسير لنشأة تلك الآلية التي لا غنى عنها لنشأة الحياة واستمرارها. ومن ثم فإن كونًا يتكون من كتلة وطاقة لا يمكن أن يكون مسئولًا عن الحياة، وبالتالي، فإن كونًا يشتمل على منظومة الحياة لا يمكن أن يكون كونًا ماديًّا صرفًا.

الاستنتاج السابع

«التطور البيولوچي التلقائي داحض»

إن الطور الثالث من النموذج المادي الشامل للتطور الكوني العام هو التطور **البيولوچي الذي أدى إلى التعدد الهائل في الكائنات الحية**. و إذا كان استحداث كائنات حية أكثر تعقيدًا يتطلب إضافة معلومات كونية جديدة إلى جيناتها، **فما مصدر هذه المعلومات؟**

يفسر الماديون حدوث التطور بآلية **«الانتخاب الطبيعي من بين طفرات عشوائية/ تلقائية»** و يروجون أن هذه الآلية قادرة على أن تبدع المعلومات الجديدة المطلوبة.

ولكن، في ضوء نظرية العلومات الكونية، ثبت أن كل خطوة تطورية تحتاج إلى إضافة كم هائل من المعلومات إلى الكائن الأسبق. و بالتالي يصبح علينا **الإقرار بمصدر ذكي مسئول عن إضافة المعلومات الجديدة المفيدة إلى الشفرة الوراثية للكائنات الأحدث، وهو المفهوم الذي يُطلَق عليه اصطلاح التطور الموجه/ التطوير الإلهي**.

بذلك، أثبتت الاستنتاجات الثلاثة السابقة - المنبثقة من القوانين العلمية للمعلومات الكونية - عجز المنظور المادي والتلقائية/ العشوائية عن تفسير النموذج الشامل للتطور الكوني العام، والمتمثل في تطور الكون عقب الانفجار الكوني العظيم، ثم نشأة الحياة، ثم التطور البيولوچي الذي أدى إلى تعدد الكائنات الحية. إن هذه الاستنتاجات **تثبت حاجة هذا النموذج التطوري الشامل إلى مبدع غير مادي بالغ العلم والذكاء، قادر على إضافة ما تحتاج إليه كل خطوة تطورية من كم هائل من المعلومات الكونية.**

ثنائية الإنسان

وصلت بنا الاستنتاجات السابقة المنبثقة من قوانين المعلومات الكونية إلى احتياج تطور الكائنات الحية إلى مصدر معلوماتي مبدع غير مادي بالغ العلم والذكاء. و إذا كان التطور البيولوچي يصل بنا إلى تاج الوجود وهو الإنسان، **فهل لمفهوم المعلوماتية دور في تفسير تميز الإنسان على الوجود كله بالعقل؟**

الاستنتاج الثامن

«يملك الإنسان مُكَوِّنًا غير مادي»

ثارت في القرن التاسع عشر المجادلة الفلسفية بين الواحدية المادية والثنائية؛ هل الإنسان مادة فحسب أم به عنصر مادي وآخر غير مادي؟ وقد مالت كفة المجادلة بشدة إلى الواحدية المادية[1]، كذلك وقعت البيولوچيا تحت أسر هذا التصور الفلسفي[2].

وقد نَشَّطَت القوانين العلمية للمعلومات الكونية تلك المجادلة بعد سكونها لصالح الواحدية المادية. وإذا كان الطرح المادي المعاصر يتبنى أن أمخاخنا المادية قادرة على إبداع المعلومات، فقد فندنا ذلك في القانون الثاني، باعتبار أن الكيانات المادية الصرفة لا تبدع معلومات. وإذا كان المخ المادي هو القائم بتخزين ومعالجة ونقل المعلومات الكونية، فذلك لا يلغي الاحتياج إلى مصدر غير مادي لتلك المعلومات، وهذا ما يمكن أن نُطلق عليه العقل/ الروح Mind/Spirit/ Soul.

دحض المذهب المادي

بعد أن فندت استنتاجاتُنا المنبثقة من القوانين العلمية للمعلومات الكونية العديدَ من المفاهيم المادية حول الكون والحياة والإنسان، فما موقف **المذهب المادي** Materialism الكامن وراء هذه المفاهيم؟

الاستنتاج التاسع

«عقيدة المذهب المادي خطأ»

بدأت نشأة العلم الحديث بعلوم الفلك، ثم امتدت الثورة العلمية إلى الفيزياء والكيمياء، لذلك عندما أُكتشفت قوانين الطبيعة صاغها العلماء في إطار الكتلة والطاقة فقط. وقد أجابت

(1) أعلن إنجلز F. Engels (1820 - 1895) أحد مؤسسي الماركسية «إن العالم المادي الذي ننتمي إليه والذي نستمد منه حواسنا هو الحقيقة الوحيدة». إن مقولة إنجلز هذه ليست مدعومة بالحواس، ومن ثم فهي بمقاييسه ليست حقيقية!!

(2) في عام 1847، أصدرت مجموعة من كبار علماء الفيسيولوچيا ما أسموه «البيان البيولوچي الرسمي للمادية الميكانيكية» جاء فيه: «يمكن تفسير نشاطات المادة الحية، شاملة الوعي، بشكل نهائي، في ضوء المفاهيم الفيزيوكيميائية». وقد تبنى عالم الباثولوجيا ڤيركاو R. Vircow (1821 - 1902) نفس الاتجاه المادي، باعتبار أنه لم يجد للإنسان روحًا في أثناء تشريحه للجثامين. لقد كان طرح ڤيركاو مخالفًا للمنطق إذ اعتبر أن الروح كيان مادي يمكن العثور عليه بالحواس، واعتبر أيضًا أن الروح تبقى في الجسد بعد الموت!

هذه العلوم بشكل مقبول عن العديد من التساؤلات عن طبيعة العالم المادي غير الحي. وقد ظل عالم الأحياء يستعصي على التفسيرات المادية، بالرغم من أن العلم قد أثبت أن أجساد الكائنات الحية تتكون من عناصر مادية.

هنا واجه العلماء الاختيار بين بديلين: إما الإقرار بالعالم غير المادي الذي يفسر ما استعصى تفسيره على الرؤية المادية، مع الإقرار بعجز العلم حتى ذلك الوقت عن التعامل مع هذا العالم، و إما **إنكار العالم غير المادي بالمرة والإصرار على مادية كل شيء**. وقد اختار الكثير من العلماء البديل الثاني، ثم اعتبروا أن الحياة ذاتها يمكن تفسيرها بمفاهيم الفيزياء والكيمياء وحدها.

بذلك تم اختزال الوجود كله، شاملًا الحياة، في المنظور الفيزيوكيميائي الصرف، ولم يعد هناك حديث عن كيان غير مادي. وللأسف ادعى الكثيرون أن هذا الموقف (المذهب المادي الصرف Pure materialism) نموذج معرفي جديد Paradigm قادر على تفسير الوجود كله في ضوء الأسباب والتفسيرات المادية.

نتيجة لذلك، بدأ العاملون في العلوم الطبيعية في استنكار/ تجنب المفاهيم غير المادية: كالروح والإله،... كما أُعتبرت كيانات مثل الوعي والعقل والأفكار ظواهر من إفراز المادة المعقدة. وقد تطلب ذلك أن نعتبر أن المادة قادرة على التنظيم الذاتي، وأيضًا مسئولة عن التنظيم المعقد للحياة ونشأتها وتشعباتها. لقد كانت هذه النظرة هي أساس **مذهب العلمية** Scientism، الذي هو في الحقيقة اعتقاد ميتافيزيقي (ديانة)! وليست علمًا! فتفسير الجوانب غير المادية في الوجود في إطار المنهج العلمي المادي هو توهم متطرف لا مبرر له.

ثم كان طوال الخمسين عامًا الماضية، أن درس العلم بنية ووظيفة الدنا DNA والمعلومات التي يحملها. وللأسف كانت هذه الدراسات قصيرة النظر للغاية، إذ اهتمت فقط بالجانب المادي من جزيء الدنا المسئول عن حمل المعلومات، ولم تنظر إلى المعلومات ذاتها. إنهم بذلك يكررون خطيئة العصور السابقة في **التركيز على الشكل دون المحتوى**.

وننطلق في استدلالنا على تداعي المذهب المادي من تفنيدنا السابق لعدد من المفاهيم التطورية التلقائية/ العشوائية المرتبطة بنشأة الوجود. وهي تطور الكون ابتداء من الانفجار الكوني العظيم، ثم التطور الكيميائي كمصدر للحياة، وأخيرًا التطور البيولوچي العشوائي

كآلية لتعدد الكائنات الحية. وبذلك يتأكد تداعي **«ديانة المذهب المادي»** التي أصبحت تسود الفكر العلمي والفلسفي على السواء.

الاستنتاج الأكبر

انطلاقًا من الاستنتاجات التسعة السابقة، تثبت نظرية المعلومات الكونية وما يحكمها من قوانين، ما يلي:

1) المعلومات الكونية **مطلوبة لنشأة الكون وإعداد الأرض لتكون مسرحًا للحياة، ثم ظهور الحياة واستمرارها، وتنوع الكائنات الحية وصولًا إلى الإنسان الذكي.**

2) **الإنسان كائن ذو طبيعة ثنائية** (جسد مادي وعنصر غير مادي).

3) **عقيدة المذهب المادي** السائدة اليوم عقيدة متهافتة، والعمليات المادية العشوائية الصرفة تعجز عن أن تكون مصدرًا للمعلومات الكونية.

4) في إطار ما ثبت من أن «الكون حاسوب كمومي» أدركنا أن الكم المعلوماتي في الكون غير محدود، مما يعني أن **المصدر الأول للمعلومات الكونية** ينبغي أن يكون أزليًّا غير مادي، مطلق العلم والذكاء والقدرة.

نخرج من الاستنتاجات السابقة بأن:

«المعلومات الكونية عنصر أساسي للوجود كله (الكون - الحياة - الكائنات الحية - الإنسان)، ومن ثم، فإن زوالها يعني فناء كل شيء.

تحتاج المعلومات الكونية وراء الوجود إلى مصدر فوق مادي، أزلي، مطلق العلم والذكاء والقدرة والخالقية».

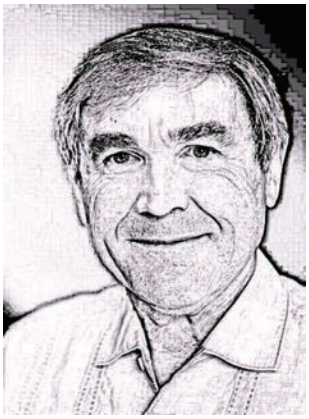
وهذا لا ينطبق إلا على الله عَزَّوَجَلَّ كما نعرفه في الرسالات السماوية المختلفة.

الإله المصدر المعلوماتي الأعلى

يتبنى كثير من الفلاسفة القدماء والمعاصرين وجود «**مبدأ معلوماتي أعلى**» يسري في كل شيء في الوجود، يطلقون عليه تارة «**العقل الكلي**» وتارة «**الوعي الكوني**». ويسود مفهوم «**الحكمة** Wisdom» أو «**الكلمة** Logos» - الذي يشكل الكون - في الطرح الديني، فيقابلنا في النصوص العبرية والمسيحية المبكرة، ويقابلنا في الإسلام في صورة (كن فيكون)، ومع الفلاسفة الدينيين، وغيرهم. فما نظرة العلم إلى مفهوم الوعي الكوني؟

الوعي الكوني حقيقة علمية

لا يقف القول بالوعي الكوني أو العقل الكوني عند الفلاسفة الكبار[1]، بل شاركهم الإقرار بذلك الكثير من كبار العلماء الطبيعيين، وللاستشهاد على ذلك أعود إلى أحد كبار العلماء المحايدين الذين لا تحركهم الأيديولوجية الدينية ولا المادية، وهو **أستاذ الفيزياء الرياضية الكبير «اللا أدري» بول ديڤيز**[2] (شكل - 74)، انظر إليه يقول:



(شكل - 74)
بول ديفيز

«ينبهر الإنسان الفاهم دائمًا بالتناغم المعقد والتنظيم المدهش للعالم الفيزيائي. إن مدار الأجرام عبر السماء وتتابع الفصول المنتظم وبنية نُدَف الثلج وأنماط الكائنات الحية المتناغمة مع بيئتها و... كل هذه الأشياء منظمة بدقة **لا يمكن إرجاعها إلى الصدفة غير العاقلة**»[3].

(1) كانت فكرة الوعي الكوني أساسية عند أفلاطون، وتابعه فيها اللاهوتي أوغسطين الذي تبنى أن العقل أو الوعي يشارك في التفسير النهائي للكون، ذلك أن العقل هو الذي يختزن الاحتمالات بشكل غير مادي، وأنه هو الذي يمكن أن يتعقل الوجود Reason. وخلال العقود الثلاثة الأخيرة قام بعض العلماء بإحياء هذا المعنى (جون ليسلي 1989 - روجر بنروز 1994).

(2) Paul Davies: أستاذ الفيزياء وفلسفة العلم البريطاني بجامعة أريزونا، والكاتب والإعلامي، ولد عام 1946.

(3) Paul Davies, The Cosmic BluePrint, 1988, ch. 14, p. 203.

«لا أستطيع أن أقتنع بأن وجودنا في الكون كان مجرد منعطف قَدَري، أو حادثة في مسار التاريخ، أو مشـهدًا عارضًا في دراما كونية. إننا مشاركون في الوجود بشكل عميق للغاية، ألا يتطلب ذلك **تنسيقًا واعيًا عاقلًا؟!**»[1].

«إن قوانيـن الطبيعة لا تخدم فقط التعقيد والحيـاة، لكنها تخدم أيضًا العقل. دعني أقولها بوضوح؛ إن **العقل متغلغل في قوانين الطبيعة بشكل جذري**»[2].

«بالنسـبة لفيزيائي مثلي؛ **تكاد الحياة أن تكون سـحرًا!** كيف تتناغم كل هذه الجزيئات البلهاء معًا لتنجز أشياءً عبقرية؟!»[3].

ويلخـص پول ديڤيز رأيه عن الوعي الكونـي قائلًا: **إن الوعي الكوني بالمنظور العلمي هو الحقيقة الوجودية الأصلية التي تسبق الوجود، والتي تولدت منها كل الأكوان. هذا الوعي هو مُخـرِج الاحتمالات الممكنات إلى الوجود تبعًا للمبادئ التي يضعهـا في الاعتبار. إن هذا الوعي هو المصدر المعلوماتي الأعلى وراء نشأة الكون**[4].

هـذا «رأي علمي» لعـالمٍ لا أدري فيزيائي عظيم، إنه إقرار واضح بـأن **الوعي الذكي يقف وراء الوجود**، وهو أيضًا وقوف على ضفاف الإقرار بالربوبية، ولا أدري إن كان پول ديڤيز قد فعلها أم ليس بعد. ألا ترى - قارئي الكريم - أن وصفه للوعي الكوني بأنه مخرج الاحتمالات/الممكنات إلى الوجود يتطابق مع وصف علم الكلام الإسلامي لله عَزَّوَجَلَّ بأنه **«واجب الوجود»** الذي خلق الكون **«ممكن الوجود»**.

ليس وعيًا مجردًا، إنه الله عَزَّوَجَلَّ

إذا كان كثـير من الماديين قد اضطروا إلى تبني القـول بالوعي الكوني، فإن هؤلاء يعتبرون أن الوعـي الكوني هو **حالة من الوعي المجرد**، ويرفضـون القول بوجود كيان واع يكون هو المصدر المعلوماتي الأعلى وراء نشأة الكون، إذ يُلزمهم ذلك بالإقرار بالإله. ونحن بدورنا نرفض

(1) Paul Davies, The Mind of God, 1992, ch. 9, p. 232.

(2) Paul Davies, The fifth Miracle, 1999, ch. 10, p. 271.

(3) Paul Davies, The Eevie Silence, 2010, ch. 2, p. 31.

(4) Paul Davies, God and the New Physics, 1983, ch. 17, p. 223.

هـذا التصور، **فلا معنى للقـول بوعي مطلق مجرد دون كيان واع يتصـف به!** بل يكاد ذلك أن يكون من المستحيلات العقلية، إنه كالحديث عن عملية الهضم دون جهاز هضمي!!!

كذلك ينطلق المعارضون للقول بالوعي الكوني من أن **الوعي لا يمكن أن يوجد دون تجسد مادي،** و يرجع هذا الاعتراض في الحقيقة إلى ماديتهم وعجزهم عن تصور الكيانات غير المادية.

وقد حسـمت نظرية المعلومات الكونيـة الأمر حين أثبتت أن المصـدر المعلوماتي (الوعي الكوني) ينبغي أن يكون خارجًا وأيضًا سـابقًا للأكوان المادية، من ثم ينبغي أن يكون **الكيان الحامل لهذا الوعي كيانًا غير مادي.** لذلك يصبح الصواب أن نقول:

إن الوعـي الكونـي - مطلق العلم والحكمة والقدرة - السـابق لكل الكيانـات الفيزيائية والـذي تعارف عليه العلماء، لا يتماشـى إلا مع صفات ربي عَزَّوَجَلَّ الذي ليس كمثله شيء. سبحانك ربي وتعاليت.

الفيزياء آلية عمل الإله

يتبـنى المذهب المـادي أن «**كوننا منظومة مغلقة ماديًّا**»، أي لا يسـمح بنفـاذ الطاقات منه و إليـه التزامًا بقانون بقاء الطاقة. وفي مبحثنا هذا ننطلق من قبول هذا الرأي، بالرغم من عدم وجود دليل عليه[1]! ثم نقوم بدراسة إذا ما كان هذا الانغلاق المادي يصاحبه انغلاق معلوماتي، أم أنه **يسـمح بنفـاذ المعلومات إلى الكون من خارج منظومته،** مثـال ذلك تلك المعلومات التي يبثها الإله في الكون لتسيير شئونه.

وتبعًـا **لرؤية الماديين** كذلك؛ فـإن انتقال المعلومات **يتم عن طريق انتقـال الطاقة المادية،** ولمـا كان الكـون يمثل منظومة مغلقة ماديًّا، أي ليس هناك دخـول لطاقات من الخارج، فذلك يعـني أنـه ليس هناك دخول للمعلومات من خارج، بل ليس هناك خارج بالمرة، و يسـمى ذلك بـ «**الانغـلاق المعلوماتي**». و يتبع ذلـك في المنظور المادي أن **أية معلومـات في كوننا إنما كانت موجودة فيه منذ نشأته أو أنها تكونت داخله بآليات مادية.**

(1) بينَّا أدلة ذلك في الفصل السابع من الباب الثاني.

إن الانغلاق المادي والانغلاق المعلوماتي في المنظومة المادية يصاحبه «انغلاق سببي»، بمعنى أن الكـون يعمل بمنظومة الأسـباب الكامنة فيه وهي قوانـين الطبيعة، دون تدخل من أية قوة (كالإله) تخرق أو توجه هذه القوانين.

ويمكن أن نلخص **منظومة الانغلاق الثلاثية** التي تميز الكون **في نظر الماديين** كالآتي:

- ❐ **انغلاق مادي:** الكون غير نفاذ لدخول الطاقة وخروجها.
- ❐ **انغلاق معلوماتي:** الكون غير نفاذ لدخول المعلومات وخروجها.
- ❐ **انغلاق سببي:** القوانين الطبيعية لا تسمح بالتدخل في مسارها.

والسؤال الآن، **ما نصيب هذه المنظومة الثلاثية من الصواب والخطأ؟**

كون مغلق ماديًّا وسببيًّا، مفتوح معلوماتيًّا[1]

سـنقوم في هذا المبحث بإثبـات أنه بالرغم مـن قبولنا بالانغلاق المادي والانغلاق السـببي للكون، فإن القول بالانغلاق المعلوماتي استنتاج غير صحيح، أي:

إن الكون مفتوح معلوماتيًّا بالرغم من أنه مغلق ماديًّا وسببيًّا.

لا شـك أن ادعاء الماديين بأن الانغلاق المادي والانغلاق السـببي للكون يصحبهما انغلاق معلومـاتي يلقى رفضًا كاملًا من قِبَل كثـير من **المتدينين**. إذ يعتبرون أن كونًا تحكمه فقط قوى وطاقات الطبيعة وقوانينها لن يستطيع الإله التدخل فيه، أي أنهم يتبنون **تدخل الإله في قوانين الطبيعة وفي توازنات الطاقات والقوى.**

وفي نفـس الوقت، **يقبل متدينـون آخرون منظومة الانغلاق الثلاثيـة**، باعتبار أن الإله الحكيـم قد وضـع منظومة الكـون بحيث تتجـاوب مع قوانـين الطبيعة لتنتج المسـارات والمخرجات التي يبغيها من البداية. أي إن **الإله الذي وضع هذه المنظومة لن يكون بحاجة لأن يخرقها.**

(1) عندما طرحت هذا المبحث في كتابي «المعلوماتية: برهان الربوبية الأكبر» ، تبنيت أن الكون مغلق ماديًّا ومفتوح معلوماتيًّا وسببيًّا، وهنا أطرح قناعتي الأخيرة حول هذا المفهوم.

إن هاتين الرؤيتين الدينيتين تطرحان سؤالًا، **هل بالفعل تضع المادية المغلقة قيودًا على قدرة الإله على إدخال معلومات جديدة في الكون والتحكم في مساره؟**

إجابتنا: **لا**

كيف؟!

التحديات

في إطار مد الجسور بين العلم والدين، يواجه المتدينون -بخصوص السؤال السابق- مع الماديين تحديات ذات شقين؛ أحدهما يتعلق بالسببية المغلقة والآخر يتعلق بالمادية المغلقة.

إن التحدي الذي يواجهه المتدينون بخصوص **السببية المغلقة**، هو: **كيف يستطيع الإله غير المتجسد وغير المادي أن يؤثر في العالم المادي الذي تسيره قوانين الطبيعة؟**

والتحدي الذي يواجهونه بخصوص **المادية المغلقة**، هو: **كيف يستطيع الإله أن يُدخل المعلومات في الكون دون استخدام طاقة مادية من شأنها أن تؤثر في توازنات الطاقة المغلقة؟**

لقد ظل لهذين التحديين اعتبار في ضوء الفيزياء التقليدية التي تتبنى مفهوم الانغلاق المادي والمعلوماتي والسببي، إذ تعتبر أن أي تدخل خارجي يتعارض مع الحتمية الطبيعية[1]، وبالفعل مثلت حتمية الفيزياء الكلاسيكية تحديًا صعبًا للمتدينين، لكن الأمر الآن قد اختلف، كيف:

فيزياء الكوانتم تقدم الحل

تأمل هذا المثال؛ ولله المثل الأعلى:

إذا كنت تمتلك **خمسين مليونًا من الجنيهات** وأردت استثمارها، فاستشرت خبيرًا في ذلك، وبعد دراسات للجدوى أخبرك الخبير أن هناك عدة مجالات للاستثمار، وأن جميعها ستحقق لك ربحًا سنويًّا مقدارة 20 %. وعرض عليك هذه البدائل:

(1) تنبه علماء الكلام لهذين التحديين وعالجوهما فلسفيًّا، ونحن هنا نتناول الأمر بمنظور العلوم الطبيعية.

- ❐ تستطيع أن تستثمر أموالك في مجال بناء العقارات، عندها ستتعامل مع قوانين ولوائح وزارة الإسكان (أ).
- ❐ تستطيع أن تستثمر في مجال استصلاح الأراضي، عندها ستتعامل مع قوانين وزارة الزراعة (ب).
- ❐ تستطيع أن تستثمر بالمضاربة في أسهم وسندات البورصة، عندها ستتعامل مع لوائح البورصة (ج).
- ❐ تستطيع أن تشتري بأموالك شهادات استثمارية بنكية، عندها ستتعامل مع لوائح البنوك (د).

عندها «**ستعالج**» أنت هذه «**المعلومات**» في عقلك، وستصدر قرارك «**كعامل مرجح**» لمستشارك للتعامل مع أحد هذه المجالات.

الآن تأمل الموقف في هذا المثال:

بالمنظور المادي: هذه «**المنظومة مغلقة ماديًّا**» ذلك أنك ستستثمر خمسين مليونًا من الجنيهات وستحقق ربحًا مقدارة 20 % مهما كان ترجيحك بالمنظور المعلوماتي، أي أن هذه «**المنظومة مفتوحة معلوماتيًّا**»، وذلك أن قرارك الترجيحي بتفصيلاته مَثَّلَ إضافة معلوماتية للمنظومة.

وبمنظور السببية: هذه «**المنظومة مغلقة سببيًّا**»، فبالرغم من أنك أنت الذي فَعَّلت - من خلال ترجيحك - منظومة الأسباب التي ستتعامل مع رأس مالك وتوجهها (القوانين واللوائح (أ) أو (ب) أو (ج) أو (د) فإن ذلك يتم دون خرق أو إخلال بنظام الدولة الاقتصادي، فكل هذه البدائل تقع في إطار هذا النظام المغلق.

الخلاصة؛ إن هذه المنظومة (التي تقابل الكون) تُعتبر **مفتوحة معلوماتيًّا**، ومن خلال المعلومات تقوم أنت بترجيح أسباب دون أخرى، وفي نفس الوقت تظل **مغلقة سببيًّا وماديًّا**. ولله المثل الأعلى...

في ضوء هذا المثال، إذا تأملنا لاحتمية الكوانتم، نجد أنها تتماشى (من خلال الاحتمالية) مع إمكانية **التدخلات الإلهية الخارجية لتوجيه الأحداث دون التعارض مع سببية قوانين الطبيعة**،

ويتم ذلك من خلال ما ذكرناه من دور **«العامل المرجح»** في وجود وسلوك كل جسيم تحت ذري وكل موجة طاقة في كل لحظة في كل مكان في الكون. كما يسمح ذلك بتحقيق المزيد والمزيد من المنظومات الأعقد، بدلًا من الاتجاه نحو الفناء - في ظل الحتمية - كما يقتضي القانون الثاني للديناميكا الحرارية.

وتمسكًا بموقفهم، يصر الماديون على أن **توازنات الديناميكا الحرارية** ستمنع انسياب المعلومات إلى عالمنا. لا شك أن هذه النظرة للديناميكا الحرارية صحيحة إذا كانت وسائط نقل المعلومات الإلهية هي الطاقة المادية. أما إذا انتقلت المعلومات الإلهية بوسائط غير مادية فليس للتوازنات الحرارية أن تمنعها. ومن ثم:

في ضوء لاحتمية الكوانتم، يتدخل الإله معلوماتيًّا لتنظيم أحداث الكون بحيث يعيد توزيع الطاقات المادية دون إخلال بكميتها، وأن يوجهها إلى احتمالات أخرى (قد تكون أدنى) موجودة في المنظومة، مما يحافظ على توازنات الطاقة وسببية وحتمية القوانين الفيزيائية.

ومن ثم، يمكن للمعلومات أن تضاف إلى المنظومات وأن تؤثر في توزيعاتها الكمية وفي مسارها دون إخلال بتوازنات الطاقة ولا بمنظومة القوانين في عالمنا المادي. أي أن الكون المادي اللاحتمي يسمح بنفاذ المعلومات من خارج لتوجيه الكون (عن طريق الإله) دون اختلال لتوازناته وطاقاته ومنظوماته السببية.

هكذا يصبح كوننا «مغلقًا ماديًّا وسببيًّا» و«مفتوحًا معلوماتيًّا».

سبحانك ربي وتعاليت.

القارئ الكريم

كلما اكتشف العلم تفسيرًا فيزيائيًّا لظاهرة طبيعية تصايح الملاحدة بأن ذلك ينتقص من رصيد الإله، وفي نفس الوقت ينظر المستنيرون من المتدينين إلى هذه الآليات الفيزيائية باعتبارها يد الإله التي يمارس بها فعله في العالم المادي. وفي هذا الفصل، أثبتنا بجلاء هذا المعنى وأزلنا أي لبس أو معارضة يمكن أن يثيرها الماديون الملاحدة.

وبذلك يصبح الطرح المادي بأن **علينا الاختيار** بين عالم مادي حتمي لا يتدخل فيه الإله وبين عالم منفتح للتدخلات الإلهية بشكل غيبي يرفضه العلم، يصبح طرحًا خطأ. والصواب أن نقول **إن ما يبدو تدخلًا إلهيًّا غيبيًّا (كما يتبنى المتدينون) هو في حقيقته لا يتعارض مع العلم. ومن ثم تصبح الفيزياء بقواها وطاقاتها وقوانينها هي آليات الإله التي أنشأ بها الكون ويدير بها شئونه.**

إن مفهوم الكون المغلق ماديًّا ومبدأ السببية المغلقة في الكون لا يتعارض مع إدخال الإله معلومات جديدة فيه لتحقيق غايات إلهية. وإذا كان الإله يمكن أن يُدخل المعلومات عن طريق **معجزة**، فإنه يمكن أن يدخل المعلومات في الكون دون اللجوء إلى المعجزات، ولكن عن طريق توجيه **الأحداث اللاحتمية** الوجهة التي يريدها، حتى وإن كانت أقل احتمالية.

الفصل الثالث

الفيزياء الأولى وكن فيكون

- الخلق بالكلمة أم بالأسباب والسنن الكونية؟
- الوجود ذو الوجهين
- وهَبَّت العاصفة
- ثم اعتدل الميزان
- عرائس الماريونيت
- أهي الفيزياء الحديثة؟
- سمات الفيزياء الأولى

أولًا: إزالة التعارض بين الكوانتم والنسبية

ثانيًا: فيزياء ذات قدرة تفسيرية كاملة

ثالثًا: فيزياء المُظلمتين

رابعًا: فيزياء احتمالية لاحتمية

خامسًا: فيزياء البدايات

سادسًا: ذات موقف محايد من المعلوماتية والذكاء

سابعًا: فيزياء التجسيد

ثامنًا: حسم موقف الظواهر الميتافيزيقية

تاسعًا: فيزياء غائية

عاشرًا: فيزياء الجسم الصنوبري!

حادي عشر: فيزياء نظرية كل شيء

ثاني عشر: في إطار قدرتنا على الفهم

ثالث عشر: ظن أهلها أنهم قادرون عليها!

رابع عشر: فيزياء صليبة الماريونيت

خامس عشر: مرج البحرين يلتقيان، بينهما برزخ لا يبغيان

- الكوانتم والنسبية والمعلوماتية تصالح بين العلم والعقيدة

- الكوانتم: السنن الكونية بين الفعل الإلهي والفعل الطبيعي

- النسبية: سهم الزمن والعلم والفعل الإلهي

- الكوانتم والنسبية والمعلوماتية: ثورة علمية وثورة في فهم العقيدة

لقد نفخ تناولي **لثورة الفيزياء الحديثة** في جذوة نار ظلت تتأجج في عقلي ثم تخمد كل حين، جذوة اشتعلت لأول مرة في صباي منذ بدأتُ أَعي ما أقرأ من القرآن الكريم، وذلك حين التقيت وتفكرت في قول الحق عَزَّوَجَلَّ:

﴿إِنَّمَآ أَمۡرُهُۥٓ إِذَآ أَرَادَ شَيۡـًٔا أَن يَقُولَ لَهُۥ كُن فَيَكُونُ﴾ [يس: 82].

ثم عرفت أن مصطلح **« كن فيكون»** قد ورد في القرآن الكريم ثمان مرات، هذه هي إحداهما[1].

وعبر عقود التفكر، تمثلت حيرتي مع المصطلح القاعدة **« كن فيكون»** في إشكاليتين تتعلقان بأسلوب ربي عَزَّوَجَلَّ في الخلق:

كانت الإشكالية الأولى تتمثل في قول الحق عَزَّوَجَلَّ في هذه الآيات **«يقول له»**، سبحانك ربي... إن الشيء لم يوجد بعد فكيف يأمره ربي بأن يكون!!! ما هذا المأمور الذي يقول له ربي « كن»؟!!!

وجدت حل هذه الإشكالية عند السادة الصوفية، الذين تعلمت منهم أن للوجود مراتب تسبق تَجَسُّد مكوناته المادية في عالم الشهادة، ولعل الأُولى من **«مراتب الوجود»** هي وجود الأشياء في **«العلم الإلهي»** القديم الأزلي. ومن ثم فالأمر « كن» يكون موجَّهًا للأشياء الموجودة في علم الله القديم، وحاشا أن يَجِدَّ على علم ربي علم.

(1) الآيات الثمان التي اشتملت على منهج « كن فيكون» هي: سورة البقرة- 117/ سورة آل عمران- 47/ سورة آل عمران- 59/ سورة الأنعام- 73/ سورة النحل- 40/ سورة مريم 35/ سورة يس- 82/ سورة غافر- 68.

الخلق بالكلمة
أم بالأسباب والسنن الكونية؟

والإشكالية الثانية في آيات «**كن فيكون**» الثمان تتعلق بأسلوب آخر في الخلق و إدارة الوجود، وهذا الأسلوب يمثل منهجًا مقابلًا للخلق بالكلمة الآمرة: «كن»، إنه «**الخلق بالأسباب والسنن الكونية**». وهذا الأسلوب واضح جلي في الكثير الكثير من آيات القرآن الكريم، وأختار منها لأُبين هذا الأسلوب في الخلق ثلاثة مواقف تتكرر كثيرًا في الآيات القرآنية.

يتكرر الموقف الأول في القرآن الكريم سبع مرات، يخبرنا فيها ربي أنه **ينبت النبات بالماء** ﴿فَأَنۢبَتۡنَا بِهِۦ﴾، ﴿فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ﴾، ﴿فَأَحۡيَيۡنَا بِهِ﴾، أي بالأسباب والسنن الكونية[1].

وفي الموقف الثاني، يبين لنا ربي أن إماتة البشر جميعهم يقوم بها **ملك الموت**، بالرغم من أن ربي عَزَّوَجَلَّ -بلا شك- قادر على الإماتة بشكل مباشر.

ونرى الموقف الثالث في المنهج الذي اختاره ربي **ليبيد الأقوام** الذين حق عليهم الهلاك لمعصيتهم وفجرهم، إن ربي يخبرنا بأنه يفعل ذلك بقوى طبيعية ﴿فَكُلًّا أَخَذۡنَا بِذَنۢبِهِۦۖ فَمِنۡهُم مَّنۡ أَرۡسَلۡنَا عَلَيۡهِ حَاصِبٗا وَمِنۡهُم مَّنۡ أَخَذَتۡهُ ٱلصَّيۡحَةُ وَمِنۡهُم مَّنۡ خَسَفۡنَا بِهِ ٱلۡأَرۡضَ وَمِنۡهُم مَّنۡ أَغۡرَقۡنَاۚ وَمَا كَانَ ٱللَّهُ لِيَظۡلِمَهُمۡ وَلَٰكِن كَانُوٓاْ أَنفُسَهُمۡ يَظۡلِمُونَ﴾ [العنكبوت: 40].

والحالات الثلاث (إنبات النبات و إماتة البشر و إهلاك العصاة) تقع في إطار «إرادة الله للشيء» الذي أخبرنا ربي عَزَّوَجَلَّ ثمان مرات في كتابه الحكيم أنه يفعله بأمره «كن»، «فيكون».

ويتماشى منظور دور الأسباب والسنن الكونية في خلق وحفظ و إدارة الله للكون مع ما أثبته العلم من دور القوى و القوانين الفيزيائية في هذه المهام، ولا يحتاج الأمر لدراسة علمية متخصصة لندرك ذلك، بل إن الإنسان العادي يلمس هذا الدور في كل ما يمر به من أحداث في

(1) الآيات السبع هي: سورة الأنعام- 99/ سورة النحل- 65/ سورة الفرقان- 48، 49/ سورة لقمان- 10/ سورة فاطر- 9/ سورة ق- 9/ سورة عبس- 27، 28.
وردت هذه المصطلحات في هذه السور بنصها أو بصيغ مشتقة منها.

حياته اليومية، بل إنه مأمور - كخليفة من الله في الأرض- بالأخذ بالأسباب والسنن الكونية، ولو تخلف عن ذلك لكان عاصيًا.

وتتمثل الإشكالية الثانية، التي أشعلت جذوتها دراستي هذه للفيزياء الحديثة، فيما يتوهمه الكثيرون من بين أسلوبَيّ الله عَزَّوَجَلَّ في الخلق؛ الأسلوب الأول هو الخلق بالكلمة «كن»، والأسلوب الآخر هو الخلق بالسنن الكونية والأسباب، فهل هذا **تعارض حقًّا أم توافق أم تكامل؟**

الوجود ذو الوجهين

أعرض ما يعانيه البعض من سوء فهم لعلاقة العلم بالدين وانعكاس ذلك على موقفهم الأيديولوچي الرافض للعلم بصفة عامة ولمفهوم التطور البيولوچي بصفة خاصة، برسالة عبقرية، جاءتني من ابن عراقي فاضل يدرس طب وجراحة الأسنان بجامعة الموصل.

قال لي طبيب المستقبل الموصلي: إذا كان ربي خارج الزمان والمكان والأسباب، فإن آلية وتوقيتات الخلق التي تتناقشون حولها تكون غير ذات اعتبار عند الله... إنكم تتكلمون عن تدرج وتطور مع الوقت بينما الإله لا يخضع للزمان! **ألا يعني القول بأن ربي خارج الزمان أن عملية الخلق كلها عملية آنية مباشرة بالنسبة له** عَزَّوَجَلَّ**؟**

قلت لطبيب المستقبل؛ لقد طرحتُ هذا الطرحَ في بعض كتبي، فهل سبق أن اطلعت عليه؟ أجابني: إنني لم أطلع عليه في كتاباتك، لكنني أراها فكرة بديهية!!

تنهدت حسرة وأجبته: سبحانك ربي، إن هذا الفهم الذي تعتبره بديهيًّا، والذي طرحتُه في كتاباتي، قد غاب تمامًا عن الخلقويين الأصوليين الذين تخبطوا في فهمهم عن الله. إنهم يعتبرون أن من «لزوميات» الإقرار بالتطور هو اعتبار أن ربي عَزَّوَجَلَّ - حاشاه - يجرب أنماطًا من الخلق حتى استقر في آخر المطاف على الإنسان!!! بينما يحل هذا الطرح المشكلة تمامًا، **فربي لا يخضع للزمان.**

أجابني الموصلي؛ إذًا من يقولون بالخلق الخاص المباشر هم على صواب، وأنتم يا من تقولون بالخلق التطوري المتدرج على خطأ! ليتك تريحني من هذا التضارب.

أجبته: إن ربي يحدثنا عن الوجود - أيها العبقري - كأنه عملة ذات وجهين، **غيبٌ وشهادة**، ويخبرنا ربي عَزَّوَجَلَّ بأنه في **غيبه المطلسم** لا يخضع للزمان والمكان ولا للأسباب والقوانين، وأن أمره بين الكاف والنون. أما وجه الوجود الآخر فهو **عالم الشهادة**، الذي هو مادة وطاقة في مكان وزمان، ويخضع للأسباب والقوانين. وقد أمرنا الله عَزَّوَجَلَّ أن نبحث في آليات الخلق في عالم الشهادة ذي المكان والزمان: ﴿قُلْ سِيرُوا۟ فِى ٱلْأَرْضِ فَٱنظُرُوا۟ كَيْفَ بَدَأَ ٱلْخَلْقَ ...﴾ [العنكبوت: 20]: أليست «الأرض» من عناصر **المكان** في عالم الشهادة؟ وأليس «بدأ» من عناصر زمان عالم الشهادة؟ وأليس «كيف» من **آليات** عالم الشهادة؟

لذلك - يا بُنَي - إن كنا نتحدث في **مفاهيم العقيدة بخصوص ما ينبغي في حق ربي** عَزَّوَجَلَّ، فربي خارج المكان والزمان، وهو الخالق في غيبه بكن فيكون. أما إذا أردنا أن نفهم الخلق على **مستوى عالم الشهادة** انتقلنا إلى عالم المخلوقات والأفعال الإلهية في إطار الزمان والمكان والأسباب والقوانين. فمثلًا، خَلَقَنا ربي بكن فيكون وقد تطلب ذلك أن نخضع لقيود الزمان في عالم الشهادة فتطورنا في أرحام أمهاتنا طوال تسعة أشهر.

أما أن يُسقط البعض قواعد عالم الشهادة وسننه الإلهية (زمان ومكان وطاقة ومادة وأسباب وقوانين فيزيائية) على عالم الغيب، فيقولون إن التطور عبر الزمن في عالم الشهادة يتعارض مع قواعد عالم الغيب (كن فيكون) فقد وقعوا في خلطٍ كبير فاضح. ويمكن أن نتصور عبث هذا الخلط لو افترضنا الحالة العكسية؛ وهي أن نحيا في عالم الشهادة بقواعد عالم الغيب، عندها سيفنى الوجود المخلوق ونفنى نحن؛ إذ لن يكون هناك زمان ولا مكان ولا طاقة ولا مادة ولا أسباب ولا قوانين.

وإذا كان الملاحدة في فلسفتهم **«الوضعية المنطقية»** يطبقون على الإله وعالم الغيب ما يطبقونه على البشر وعالم الشهادة، فيجعلون ما يستحيل عليهم يستحيل على خالقهم!!؛ فإن الخلقويين عندما يخلطون بين قواعد العالمين فإنهم يقعون في نفس الخطيئة بصورة عكسية، أي يلتزمون بالوضعية المنطقية!

ليتهم يتنبهون، أيها الموصلي...

وتعتبر إشكالية العلاقة بين منهجي الله في الخلق قديمة قدم الفكر الإنساني. فما أبدعه

الإنسان من **أساطير** وصلت إلى تأليه قوى الطبيعة، ثم ما طرحه من فلسفات دينية، إنما هو محاولات إنسانية لوضع الخطوط العريضة لهذه العلاقة.

كذلك يركز **الفكر الديني** في مختلف الحضارات والأمم والديانات على هذه العلاقة، وإن كان كثير من المفسرين للنصوص الدينية المقدسة قد أسقطوا دور الأسباب والسنن الكونية لحساب الفعل بالكلمة، بدلًا من أن يُوَفِّقوا بين الأسلوبين، ظنًّا منهم أن في ذلك كمال التنزيه الإلهي.

وهَبَّت العاصفة

لذلك، عندما قامت **الثورة العلمية** التي أنهت العصور الوسطى المظلمة في أوروبا، لم يكن غريبًا أن تميل الكفة إلى الجانب الآخر، فرأينا تركيز **المذهب المادي** على ما توصَّل إليه العلم عن دور القوى والقوانين الفيزيائية في نشأة وسلوك الوجود مع إنكار عالم الغيب بالكلية. هذا بالرغم من أن معظم مؤسسي هذه الثورة كانوا من المؤلهة المؤمنين بعالم الغيب وما يحكمه من مشيئة وقدرة إلهية. وقد ساعد على **تدعيم هذا المذهب المادي** ما صاحب القوانين الفيزيائية من حتمية تُسقط -ظاهريًّا- الحاجة لإله، وأيضًا ما قدمته الثورة العلمية من تطبيقات تكنولوجية هائلة.

في بحثنا عن العلاقة بين وجهي عملة الوجود؛ وجه الغيب الذي يقوم على إدارة الوجود بكلمة «**كن**»، ووجه الشهادة الذي يُدار تبعًا للسنن الكونية التي يكتشفها العلم ويصوغها على هيئة «**القوى والقوانين الفيزيائية**»، في بحثنا هذا يقابلنا سؤال محوري يطرح نفسه.

ما هي القوى والقوانين الأولى التي تتعامل مع الأمر الغيبي «كن» فتبدأ سلسلة تنشيط أحداث عالم الشهادة؟

ومن الطبيعي أن يتبع هذا السؤال سؤالٌ محوري آخر؛ **هل يعني تنشيط القوى والقوانين الفيزيائية الأولى في عالم الشهادة، وما يتسلسل منها من فيزياءات، أنها تتكفل بشئون الكون دون الاحتياج إلى التدخل الإلهي الآني في كل حدثٍ من أحداث الوجود**، الذي هو مفهوم «**قيومية**» الله عَزَّوَجَلَّ؟

لأجعل السؤالين واضحين، أعود إلى **الثورة العلمية** التي حدثت في أوروبا ومثلت نهاية العصور الوسطى وبداية العصر الحديث:

لعل أهم إنجازات هذه الثورة هي تأسيس **الفيزياء الكلاسيكية** التي اتسمت بحتمية قوانينها، وقد وقف العلماء والفلاسفة من هذه الفيزياء الحتمية وعلاقتها بالإله عَزَّوَجَلَّ أحد ثلاثة مواقف.

تبنى الفريق الأول أن قوى وقوانين الطبيعة هي **الآليات التي يدير الإله بها الكون**، وأنه هو مبدعها وأنه يُلزم الموجودات باتباعها مع إمكانية التدخل الإلهي من حين لآخر لتصحيح مسار الأحداث، ويأتي على رأس هذا الفريق معظم العلماء الكبار الذين قامت على أكتافهم هذه الثورة، خاصة إسحق نيوتن وكبلر وماكسويل وبويل وباسكال وغيرهم. وقد اعتبر هؤلاء أن هذه القوانين وصياغاتها الرياضية هي **اللغة التي صاغ بها الإله الوجود**.

بينما اتخذ الفريق الثاني من قوانين الطبيعة **مبررًا لنفي الاحتياج إلى الإله**، ومن ثم نفى الوجود الإلهي وتبنى الإلحاد، ويأتي على رأس هذا الفريق الفلكي الفرنسي لابلاس، حتى صرنا نتحدث عن «حتمية لابلاس المطلقة».

ويتبنى الفريق الثالث أن الإله قد وضع القوانين التي تُسَيِّر الكون ثم اعتزله وهو نفس الطرح الذي تبناه أرسطو قبل ذلك بعشرين قرنًا، ويُعرف الآن بـ **«الديانة الطبيعية»**.

وقناعتي، أن الفيزياء الكلاسيكية لا يمكن أن تكون هي الفيزياء الأولى التي تُفعِّلُها أمر ربي «كن»، وذلك لحتميتها التي يمكن أن توهم بتلقائية إنشاء وحفظ ثم تَسيِّر شئون الكون!!!

ثم اعتدل الميزان

ثم جاءت **ثورة الفيزياء الحديثة**، التي درسناها في البابين السابقين من الكتاب، لتقلب المائدة على المذهب المادي، وتثبت دورًا محوريًّا لتدخل **عامل مرجح مطلق العلم والحكمة، والقدرة**، ما كان الوجود لينشأ ولا يبقى ولا يُدار إلا عن طريقه .

عرائس الماريونيت

بعد أن ظن **الفيزيائيون الكلاسيكيون** أنهم قد وضعوا أيديهم على فيزياء الكون الأولى التي لا توجهها ولا تحكمها فيزياء أخرى، وبعد أن فاجأهم العام الأول من القرن العشرين بما ليس في الحسبان، وهو انفجار **ثورة الفيزياء الحديثة** التي توجه الفيزياء الكلاسيكية، أصبح علينا أن نتريث قليلًا: فإذا شبهنا الكون بموجوداته بمسرح **عرائس الماريونيت**[1]، كالتي شاهدناها جميعًا في أوبريت «الليلة الكبيرة»، تكون **الخيوط** التي تحرك العرائس هي المقابل لقوانين الفيزياء الكلاسيكية، وتكون **«الصليبة»**[2] التي يحرك بها الفنانون الخيوط بمثابة قوانين الفيزياء الحديثة، ويبقى الفنان المبدع المحرك لكل ذلك لا ترصده عيون الراصدين.

السؤال هنا، هل تكون قوانين الفيزياء الحديثة (الصليبة) هي الفيزياء الأولى، التي يُفَعِّلَها يوجهها في كل لحظة أمر ربي عَزَّوَجَلَّ «كن»، أم لا يزال هناك مستويات أعلى من الفيزياء لم يُقَدَّر للعم أن يكتشفها بعد؟

أهيَّ الفيزياء الحديثة؟

عندما درستُ ثورة الفيزياء الحديثة بمحاورها الثلاثة (الكوانتم- النسبية- الجسيمات) بدا لي أنها هي الفيزياء الأولى في الكون، وذلك لثلاثة أسباب رئيسية:

السبب الأول: أن المحاور الثلاثة لهذه الثورة **تشتمل على كل ما نحتاج معرفته -هكذا نظن- عن الوجود**. فالنموذج القياسي يبين لنا بنية الذرة الدقيقة، وتبين الكوانتم كيف تسلك (الوظيفة) مكونات الوجود الدقيقة، وتبين النظرية النسبية الوظيفة على المستوى الكوني.

والسبب الثاني؛ وهو الأهم؛ إن محور الكوانتم بما يطرحه من احتمالية لاحتمية، وما تحتاجه من **«عامل مرجح»** يوجه كل حدث كمومي لكل جسيم ولكل موجة في كل لحظة في

(1) عرائس الماريونيت هي التي يحركها الفنانون بخيوط من أعلى، بخلاف أنواع العرائس الأخرى التي يحركونها من أسفل.

(2) بعض الأخشاب المتعامدة التي يمسك بها الفنان وتشتبك بها الخيوط.

كل مـكان في الكون، يدعم مفهوم **«قيومية»** ربي عَزَّوَجَلَّ الكاملة وراء إنشـاء الكون وحفظه و إدارة أحداثه **«آنيًّا»**، صغيرها وكبيرها.

والسبب الثالث؛ الذي استخدم فيه منطق الملاحدة الماديين وأرده في نحرهم، هو ما تطرحه الكوانتم أيضًا من **انهيار الدالة الموجية** عندما يرصد الموقف الاحتمالي راصد. ألا يعني ذلك أن خروج الوجود (الاحتمالي) إلى الوجود (الفعلي) يحتاج (بالمنظور العلمي المادي) إلى «راصد»، وهل يكون ذلك إلا موجود قبل الوجود؟ وهل يكون ذلك إلا ربي عَزَّوَجَلَّ؟!

هكذا بدا لي أن محاور الفيزياء الحديثة الثلاثة هي «الفيزياء الأولى».

ظللت أتبنى هذه الفكرة طوال سـنوات، وكعادتي، كنت مـن حين لآخر أراجعها وأراجع نفـسي، وأناقش الفكـرة مع المهتمين من الأصدقـاء، وظلت الحال هكذا، حتى درسـت بعمق الفيزياء الحديثة وانتهيت من كتابة البابين الأولين من هذا الكتاب، عندها اهتزت هذه القناعة من جذورها، لأسباب سأعرضها لاحقًا، ولعل أهمها ما تشتمل عليه من تعارضات.

وكعـادتي -أيضًـا- بدلًا مـن أن أكتفي بالنظر إلى ما بـين أيدينا من فيزيـاء لأرى إن كانت تصلح لأن تكون هي الفيزياء الأولى؛ قررت أن أضيف إلى ذلك الطرحَ المعاكس! أي أن نتأمل ما هي الصفات التي ينبغي توافرها في الفيزياء الأولى، وفي ضوء ذلك نستطيع أن نُقوِّم الفيزياء التي بين أيدينا، وأيضًا أن نتنبأ بالفيزياء الأولى إن لم تكن هي هذه.

سمات الفيزياء الأولى

قناعتي أن الفيزياء الأولى، التي لا تسـبقها فيزياء، بل تنبثق عنها كل أشكال الفيزياء التي نعرفها، والتي هي **السـنن الإلهية الأولى في عالم الشـهادة**، ينبغي أن تتسـم بالصفات التالية:

أولًا: إزالة التعارض بين الكوانتم والنسبية

عرضنا في فصل «النظرية الحلم» من الباب الثاني جوانب من **عدم التوافق، بل والتعارض**، بين نظريتي الكوانتم والنسبية. ولا شك أن هذه الجوانب تعني ضرورة وجود مستوى أعلى من

الفيزيـاء يتلاشى فيه هذا التعارض و يكون في نفس الوقت قادرًا على تفسـيره. ومن ثم، تكون هذه هي إحدى أهم سمات الفيزياء الأولى التي نبحث عنها.

أين وصلنا في هذا المجال؟

إذا كان معظـم الباحثـين في علـوم الكـون اليـوم يتقبلون الفكـرة القائلة بـأن الكون قد بـدأ بانفجـار عظيم، فإن هذا النموذج تقابله مشـكلة أساسـية؛ وهي أن كوننـا ما كان يمكنه الوصـول إلى حالته التي نراها اليوم إلا إذا رُسـمت حالته الابتدائيـة عند لحظة الانفجار بدقة بالغة. وبغير ذلك سرعان ما كانت الانحرافات الطفيفة في مسـاره قد تطورت إلى طامة كبرى (كاندثار مبكر للكون)، لذلك لا بد لهذه الحالة الابتدائية من ضبط مباشر دقيق للغاية، لذلك طُرح **«نموذج التضخم»**[1] ليحل هذه المشـكلات، وقد شـاع الاستشـهاد بهذا النموذج لقدرته التفسيرية المعقولة.

بعد فترة، واجه **«نموذج التضخم»** عددًا من المشكلات الكونية التي حَفَّزت عقول الفيزيائيين الرياضيين للبحث عن طرح بديل، وقد توصل بعضهم إلى حلٍّ أبسـط منه كثيرًا، لكنه -في نفس الوقـت- بمثابة الجنون لكل فيزيـائي! إذ يقوم على التخلص من فكرة ثبـات سرعة الضوء، لذلك أصبح هذا الحل يُعرف بنظرية **«السرعة المتغيرة للضوء»**[2] Varying Speed of light إذ تعتبر أن سرعة الضوء في المراحل الأولى من نشأة الكون كانت أكبر كثيرًا جدًّا منها اليوم.

وهذه النظرية، إن كانت تغنينا عن نموذج التضخم الكوني، فإنها تقف في مواجهة النظرية النسبية التي تقوم على ثبات سرعة الضوء.

ومـن الأمـور الطريفـة الغريبة؛ أن نظريـة السرعة المتغـيرة للضوء قد تكـون جزءًا من

(1) عرضنا هذا النموذج في الفصل الثاني من الباب الثاني.

(2) قـدم هذه النظرية الفيزيائي النظري البريطاني چواو ماچيوجو، الأسـتاذ في إمبريـال كوليدچ بلندن، بالتعاون مع الفيزيائي النظري الأمريكي العظيم آندرياس ألبرخت، أستاذ ورئيس قسم الفيزياء بجامعة كاليفورنيا، ومن مؤسسي فيزياء التضخم الكوني، ولد عام 1957م. والبروفيسـور ماچيو جو حصل على درجة الدكتوراة في الفيزياء النظرية من جامعة كمبردج ويعمل الآن أستاذًا بجامعتي بيركلي- كاليفورنيا وبرنستون.
وفي السـنوات الأخيرة بدأ الكثير من الفيزيائيين يختـبرون نظرية «السرعة المتغيرة للضوء» وينشرون عنها الأوراق البحثية، كما أصبحت النظرية جزءًا من الموضوعات التي تتناولها المؤتمرات العلمية.

نظرية **«الجاذبية الكمومية»** التي ظل آينشتين يحلم بها للتوفيق بين نظريتي النسبية والكوانتم، مما يعني أنه من أجل أن يتحقق حلم آينشتين يجب علينا أن نتخلى عن المفهوم الأساسي الذي كان راسخًا لديه تمامًا وأقام عليه إنجازه الأعظم (النظرية النسبية)، وهو ثبات سرعة الضوء!

فهل يصبح **عدم ثبات سرعة الضوء وعدم ثبات بعض الثوابت الكونية في المرحلة المبكرة للغاية بعد الانفجار العظيم** من سمات الفيزياء الأولى، ومن ثم نعتبر أن ثبات هذه الثوابت الآن هو حالة خاصة من نمط تغير الثوابت؟!

ثانيًا: فيزياء ذات قدرة تفسيرية كاملة

طرحنا في فصول الباب الثاني أهم الظواهر والمفاهيم التي تعجز الفيزياء الحديثة (حتى الآن) عن تفسيرها، وهو ما تصفه فلسفة العلم بأن **القدرة التفسيرية** Explanatory power لهذه الفيزياء قاصرة/ ناقصة. لذلك، لا شك أن من أهم سمات الفيزياء المرجوة هي أن تكون ذات قدرة تفسيرية كاملة، تجيب عن كل ما غمُض من أسئلة عن عالمنا الفيزيائي.

ثالثًا: فيزياء المُظلمتين

من المفاهيم الأساسية في الفيزياء المعاصرة أن كوننا مغلقٌ ماديًّا؛ لا تدخله مادة ولا طاقة من خارج ولا تغادره، وقد أدى هذا المفهوم إلى افتراض وجود **«المادة المظلمة»** و**«الطاقة المظلمة»** لتفسير تماسك وأيضًا تسارع اتساع الكون.

ولا يزال وجود هاتين المظلمتين يحتاج إلى إثبات ثم إلى معرفة طبيعتهما. لذلك أتوقع أن تنحا الفيزياء الأولى أحد منحيين؛ إما أن تقوم بهذه المهمة العسيرة، وإما أن تقدم بديلًا لهما، وهذا البديل إما أن يكون بديلًا ماديًّا آخر، أو يكون إقرارًا بأن ما يحتاج إليه الكون من مادة وطاقة لتماسكه وتوسعه يتم إضافته من خارج أولًا بأول! مما يعني الإقرار بأن كوننا ليس مغلقًا ماديًّا.

رابعًا: فيزياء احتمالية لاحتمية

ذكرت منذ قليل قناعتي بأن الفيزياء الكلاسيكية بحتميتها غير مناسبة لأن تكون هي

الفيزيـاء الأولى، إذ تبيَّنـا حاجة الكون وكل ما فيه من ظواهـر إلى «عامل مرجح» يوجه كل حدث كمومي لكل جسـيم تحت ذري وكل موجه في كل مكان في الكون في كل لحظة. لذلك ينبغـي أن تكون الفيزياء الأولى **احتمالية لا حتمية**، وهو ما يتوافر في فيزياء الكوانتم، وذلك يَرجُح أن تحافظ الفيزياء الأولى على هذه السمة من سمات الكوانتم.

خامسًا: فيزياء البدايات

بالرغـم من أن للفيزياء المعاصرة بعـض المحاولات لمعرفة ماذا كان قبـل الانفجار الكوني العظيـم ومعرفة مصدر المفـردة، وأيضًا محاولات لإزالة التعارض بـين أن لكوننا بداية وبين أن المادة لا تفنى ولا تسـتحدث. وفي مواجهة هذا الغموض، يكتفي الكثير من الفيزيائيين الكبار (وكان منهـم سـتيفن هوكنج في إحدى مراحل فكره) بالتصريح بـأن **علمهم يبدأ من الانفجار الكوني** وأن تعاملهم مع المادة يبدأ من اعتبارها موجودة فحسب.

لذلك نتوقع من الفيزياء الأولى أن تكون قادرة على الإجابة عن هذه التساؤلات، أو تكون قادرة على إثبات عجز المنظور المادي بشـكل مطلق عن تقديم تفسـيره المـادي، وبالتالي يفتح الباب على مصراعيه **لأخذ الدور الميتافيزيقي في الاعتبار**.

سادسًا: ذات موقف محايد من المعلوماتية والذكاء

بعـد أن ثبت أن البنية الأساسـية للوجود المـادي هي «المعلومات»[1]، ومـن ثم، فإن الحياة وأيضًا المادة غير الحية هما «ظاهرتان معلوماتيان».

وقـد حدا ذلك عـددًا من العلماء والفلاسـفة الطبيعيـين الذين يتنكرون لعـالم الغيب إلى الإقـرار بوجود الـذكاء في الطبيعة، فأصبحوا يتبنون الإقرار بالوعـي الكوني والذكاء المطلق والمادة ذاتية التنظيم، وأصبح هذا الفريق يُعرف بـ **«الطبيعيون غير الماديين»**.

ومـن ثم، ينبغي أن تكون الفيزياء الأولى قادرة على اتخاذ موقفٍ تجاه ما في الكون وخاصة الحياة من ذكاء وبوجه أخص الذكاء الإنساني. وهذا الموقف ينبغي أن يكون أحد طرحين؛ إما

(1) في هـذا الإطـار، نسـتخدم مصطلـح **«المعلوماتية»** ونعني به إبـداع المعلومـات ومعالجتها في إطـار منظومات ذكية متجانسة متكاملة.

تقديم التفسير الطبيعي لهذا الذكاء، و إما إثبات عجز الفيزياء مهما تعمقت عن تقديم هذا التفسير؛ مع الإقرار **بكيان ذكي مطلق غير طبيعي** يقف وراء ما في الوجود من ذكاء.

سابعًا: فيزياء التجسيد

تُعتبر ظاهرة الحياة مثالًا فذًّا بين منظومات الكون، ولعل من أكثر جوانبها إعجازًا هي منظومة الدنا -البروتين،فالدنا DNA يحمل الشفرة الوراثية التي تصف الكائن مثلما تحمل أوراق ثلاثية نجيب محفوظ أوصاف «سي السيد» الذي يمثله بلحمه ودمه الفنان يحيى شاهين رحمه الله.

وتمتلك الخلية الآلية/ المصنع القادرة على تحويل معلومات الشفرة الوراثية إلى اللحم والدم **«البروتين»**، وهذا المصنع هو الريبوسومات الموجودة في سيتوبلازم الخلية.

وبالمثل، **فمادة الكون هي في الأصل معلومات متجسدة**، فالإلكترون -مثلًا- هو كيان مادي تجسدت فيه معلومات (كتلة كذا -شحنة كذا- سرعة كذا- ...). هنا سؤال يطرح نفسه: ما هو المقابل الفيزيائي للريبوسوم الذي يحول معلومات الكون إلى مادة؟ وهل هناك حقًّا مثل هذا المصنع؟ و إن كان له وجود، فمن الطبيعي أن نتوقع من الفيزياء الأولى أن تعرفنا على هذا المصنع وكيف يعمل، أو - كما ذكرنا في سمات سابقة- أن تثبت عجز الفيزياء المطلق عن توصيف هذه العملية ومن ثم تُلجئنا للتفسير إلى عالم الميتافيزياء، مما يعني أن **عالمنا ليس مجرد منظومة مادية**.

ثامنًا: حسم موقف الظواهر الميتافيزيقية

لا شك أن من أهم جوانب قصور الفيزياء الحديثة، ومن قبلها الفيزياء الكلاسيكية، العجز عن تفسير عدد من **الظواهر الإنسانية التي تبدو غير المادية**، كالتليباثي والتأثير العقلي على الأجسام عن بعد والرؤى الصادقة والرؤى المسبقة وغيرها، لذلك أحسب أنه ينبغي أن يكون للفيزياء الأولى موقف محدد من هذه الظواهر، خاصة وأن التهرب من تقديم هذا التفسير بنفي هذه الظواهر لم يَعُد مقبولًا. لذلك تصبح الفيزياء الأولى في مواجهة أحد موقفين: إما القدرة على **تفسير هذه الظواهر فيزيائيًّا** و إما الإقرار بعجز أي فيزياء عن تفسيرها، مما يعني

الإقـرار بانتمائهـا إلى منظومة أخرى غيبية غير منظومتنا الفيزيائيـة، وبالتالي إثبات أن **كوننا ليس منظومة مادية فحسب** كما تتبنى الفيزياء المعاصرة.

تاسعًا: فيزياء غائية

من المفاهيم الشـائعة والأساسية في العلم أن «الطبيعة وجود لا غائي» وقد دعمت الفيزياء الكلاسـيكية بحتميتهـا هـذا المعنى، فالكون يسـير تبعًـا لهذه الحتميـة وليـس لتحقيق قصد معـين. وأرى أن الميزان قد انقلب تمامًا عندما جاءت **فيزيـاء الكوانتم** باحتماليتها ولاحتميتها وباحتياجهـا إلى **«عامـل مرجح»**! إن هـذا العامل المرجـح هو الذي قلب الأمـور، فالترجيح كان يُنتـج دائمًا **إبداعًا جديدًا**؛ وكان هذا الإبداع في مرحلة ما هو إنشـاء الكون، وفي مرحلة تاليـة كان تطويره، ثم كان بث الحياة فيه، وأخيرًا- وليس بآخرٍ- كان بزوغ الوعي الإنسـاني الـذي جعل الكون واعيًا بنفسـه. ويتم كل هذا الإبداع المتصاعد في وقـت يتجه فيه الكون. - تبعًـا للقانون الثاني للديناميكا الحرارية - نحو الفنـاء! ومهما تعددت الإبداعات واختلفت، فسـيظل هناك إبداع جديد يقوم العامل المرجح بين الاحتمالات بتحقيقه، بذلك أصبحنا ندرك أن **الطبيعة وجود غائي**، لذلك فإن أن الفيزياء الأولى ينبغي أن تكون فيزياء غائية[1].

عاشرًا: فيزياء الجسم الصنوبري!

ربما كان من أروع إبداعات الفيزياء الكلاسيكية أن قوانينها قد ربطت بين ظواهر مادية كنـا نظنها متباينة للغاية، فنجد قوانين نيوتن للحركة والجاذبية تنطبق على المجرة مثلما تنطبق على سـقوط التفاحة وتصـادم قطارين. ثم جاءت الفيزياء الحديثة لتدعـم هذا التوجه وتفتح نافذة على العلاقة بين العالم المادي وبين الوعي الإنسـاني باعتباره الراصد للظاهرة، ويمكن أن نصف هذه الظاهرة بـ **«التكاملية أو الشمولية»**.

لذلك، ربما تكون الفيزياء الأولى قادرة على تقديم **تفسيرٍ للعلاقة بين الوعي الإنساني وبين العـالم المادي**، التي هي صورة من صـور ثنائية (غير المادي/ العقل- المادي/ المخ). ومثلما أدى

(1) لا شـك أن هذا المعنى شديد الوضوح في قول الحق عَزَّوَجَلَّ: ﴿إِنَّمَآ أَمۡرُهُۥٓ إِذَآ أَرَادَ شَيۡـًٔا أَن يَقُولَ لَهُۥ كُن فَيَكُونُ﴾ [يس: 82]، أي أن الأمر «كن» مرتبط بإرادة شيء ما، أي بغاية محددة.

اكتشاف بنية الدنا DNA وطريقة أدائه لوظائفه إلى الربط بين العمليات الفيزيوكيميائية وبين المعلوماتية وبين الحياة، فقد تكشف لنا الفيزياء الأولى العلاقة بين الفيزيوكيمياء وبين المعلوماتية وبين الوعي والعقل الإنساني، إنها حقًّا تكاملية/ شمولية[1].

حادي عشر: فيزياء نظرية كل شيء

من القضايا الساخنة في الفيزياء الحديثة حلم البحث عن نظرية تربط بين قوى الطبيعة الثلاثة (الكهرومغناطيسية والنووية القوية والضعيفة) وهي ما يُطلَق عليها نظرية التوحيد الكبرى GUT، كما يتزايد طموح الفيزيائيين فيسعون للربط بين هذه القوى مع قوة الجاذبية (نظرية كل شيء TOE).

وقد عرفنا في الفصل الأخير من الباب الثاني أن نظرية الأوتار تُعتبر نموذجًا مناسبًا للنظرية الحلم، فهي مقبولة رياضيًّا إلى حدٍ بعيد، كما أن لها قدرة تفسيرية عالية، وإن كان العلم ما زال عاجزًا عن إثباتها تجريبيًّا.

ولما كانت سمة الوجود الأساسية هي **الانطلاق من الوحدة**؛ الذرة على المستوى الفيزيائي، والخلية على المستوى البيولوچي، وقبل هذين المصدرين تأتي المعلومة، ولما كان -أيضًا- قد تم التوصل إلى التوحيد بين القوتين الكهربائية والمغناطيسية، ثم توحيدهما مع القوة النووية الضعيفة، فمن الراجح أن يتحول هذا الحلم الفيزيائي إلى حقيقة في الفيزياء الأولى، خاصة وأن نمط الخلق الذي عهدناه عن ربي يدور حول خلق الكثرة من الوحدة.

ثاني عشر: في إطار قدرتنا على الفهم

من المقولات الموحية عن دور قوانين الطبيعة في الكون، أن كل ما يتبعه الكون من قوانين يمكن تدوين معادلاته في **ورقة صغيرة قدر كف اليد**، إن ذلك يعني أن فيزياء الكون (الكلاسيكية والحديثة) يمكن النظر إليها نظرة رياضية تقع في إطار قدرة العقول البشرية على الفهم. وهذا ما وصفه كبلر حين وضع المعادلات التي تتبعها الأجرام السماوية وقال: لقد أراد الله أن يطلعنا على الآليات التي يُسَيِّر بها الكون.

(1) لما كان ديكارت قد اعتبر أن «الجسم الصنوبري»، تلك الترمسة القابعة في منتصف قاع المخ، هو الذي يربط بين عنصري ثنائية (العقل- الجسم) فقد اخترنا هذا الاسم لوصف هذه السمة من سمات الفيزياء الأولى.

وقناعتي أن الفيزياء الأولى لن تخرج عن هذه القاعدة، بل ربما تكون قواعدها الرياضية أكثر اختصارًا، خاصة إذا اشتملت على نظرية كل شيء أو نظرية التوحيد الكبرى.

ثالث عشر: ظن أهلها أنهم قادرون عليها!

يرجع الفضل فيما حققته الفيزياء الكلاسيكية من سطوة إلى ما أنجزته من نجاح فائق في المجال التطبيقي، فقد حققت للإنسان طفرة تكنولوجية وحضارية ما كانت تخطر له على بال. وعندما تكاملت الخطوط العريضة للفيزياء الحديثة كان الظن أنها لن تتجاوز المهمة التفسيرية لما أُشكل تفسيره على الفيزياء الكلاسيكية من معضلات، ولم يتصور أحد أن هذه الفيزياء الملغزة سيكون لها دور في مجال التطبيق التكنولوجي، لكن المدهش أن العقل الإنساني المبدع قد فعلها، فقد حققت تلك التطبيقات للإنسانية طفرة حضارية تفوق أحلامنا بكثير، حتى إن قرابة ثلث الدخل القومي الأمريكي يقوم على صناعات إلكترونية تعتمد على هذه الفيزياء.

وإذا كان هذا هو المردود التطبيقي للفيزياء الحديثة الملغزة ذات التناقضات المنطقية والداخلية، فما بالك بمثل هذا المردود في إطار الفيزياء الأولى التي ينبغي أن تتغلب على هذه التناقضات وهذا الإلغاز. أحسب أن هذه الفيزياء **ستحقق لنا ما يفوق الأحلام بكثير** وتصل بنا إلى ما عناه ربي عَزَّوَجَلَّ بقوله: ﴿...وَظَنُّوٓاْ أَنَّهُمۡ قَدِرُونَ عَلَيۡهَآ ...﴾ [يونس: 24].

رابع عشر: فيزياء صليبة الماريونيت

إذا كنا نتناول في هذا المبحث السمات المتوَقَّعة للفيزياء الأولى، ورأينا أن من هذه السمات القدرة التفسيرية الكاملة وربما القدرة على تحويل المعلومات إلى مادة، فإننا إذا وصلنا -جدلًا- لهذه الفيزياء فإنها لن تكون إلا السنن الكونية الأولى في عالم الشهادة.

وإذا كان آينشتين يتبنى أن العامل المرجح في فيزياء الكوانتم قد يكون قوانين فيزيائية أعلى، وإذا كان الطبيعيون غير الماديين يرون أن قوانيننا الفيزيائية قد توجهها قوانين غائية أعلى، ولا بأس من قبول أي الرأيين، فلن يغير ذلك من طرحنا شيئًا، فتلك **القوانين الأعلى ثم الأعلى** لن تتسلسل إلى ما لا نهاية، بل **ستحتاج إلى مبدع أول**، وهو ما أثبته العلم من أن لا وجود

ولا معنى للمفاهيم الفيزيائية الأزلية التي لا بداية لها، أيضًا ما نستشهد به في علم الكلام من أن التسلسل إلى ما لا نهاية يمتنع.

وبالتالي فإن الفيزياء الأولى، **ينبغي ألا تسبقها منظومة تفسيرية**، وإلا ما كانت هي الأولى، وسيكون علينا الاكتفاء بالإقرار بأنها مشيئة الإله وإرادته وقدرته.

أعلم أن هذا المعنى قد لا يعجب الكثيرين، لكنه هو الاستنتاج العلمي المنطقي الصحيح.

وفي هذا المقام، يعجبني رأي لعالم الفيزياء النظرية العراقي الكبير **البروفيسور محمد باسل الطائي**، بعد مراسلات دارت بينه وبين الفيزيائي الملحد لورانس كراوس حول هذا الأمر:

يتلخص طرح كراوس على د. الطائي حول تصوره الكمومي عن نشأة الكون، في **قوة الجاذبية** قد سببت استطالة الزمن، مما أدى إلى بقاء الجسيمات الافتراضية التي تنشأ في العدم الفيزيائي فترة أطول من زمن بلانك فخرجت إلى الوجود ومنها نشأ الكون، وأكد كراوس قائلًا: طالما هناك قوة الجاذبية فنحن قادرون على تفسير نشأة الكون. وكثيرًا ما يعلق كراوس في محاضراته على طرحه هذا سائلًا الحاضرين: هل تجدون للإله دورًا في المنظومة؟!

وعبر آلاف الكيلومترات، أجاب د. الطائي في إحدى ندواته عن سؤال كراوس المتكرر قائلًا: نعم؛ إن الله هو الذي وضع إصبعه في الزمكان فتقعر ونشأت قوة الجاذبية التي أدت إلى استطالة الزمن!!!

يا له من رد ساخر مُعَبِّر، يختصر القول بأن **لدور الفيزياء نهاية، نصبح بعدها في مواجهة الإقرار بعالم الغيب**.

خامس عشر: مرج البحرين يلتقيان، بينهما برزخ لا يبغيان

عندما نصل إلى الفيزياء الأولى، فذلك لا يعني أننا قد توصلنا إلى همزة الوصل «المنطقية» بين عالمي الغيب (كن فيكون) والشهادة (الأسباب والسنن)، بل **سيظل الحاجز بين العالمين مُلغزًا مطلسما**، فهو متعلق بالفعل الإلهي في عالم الغيب والذي لا ندري عنه شيئًا البتة.

وإذا كانت آيات سورة الرحمن ﴿مَرَجَ ٱلْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ﴿١٩﴾ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَّا يَبْغِيَانِ ﴿٢٠﴾ فَبِأَيِّ ءَالَآءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ﴾ [الرحمن: 19 - 21]، لها معانٍ متعددة، فلعل من أقربها إلى عقلي وقلبي هذا المعنى

الـذي نحن بصدده، وهـو «الاتصال والانفصال» بين عالمي الغيب والشـهادة، وأن لكل منهما قواعده، وأن الفيزياء الأولى ليست همزة الوصل بينهما، بل هي الخطوة الأولى في عالم الشهادة.

وإذا كان القـرآن الكريـم قـد نبهنـا إلى هذا الـبرزخ بين عالمـيّ الغيب والشـهادة، فربما تتمثـل حلقة الوصل بينهما في «الملائكة» وهذا أحد الأقوال في تفسـير آيات سـورة النازعات الخمس الأولى حيث يقسم ربي بها ﴿وَٱلنَّٰزِعَٰتِ غَرۡقٗا ۝١ وَٱلنَّٰشِطَٰتِ نَشۡطٗا ۝٢ وَٱلسَّٰبِحَٰتِ سَبۡحٗا ۝٣ فَٱلسَّٰبِقَٰتِ سَبۡقٗا ۝٤ فَٱلۡمُدَبِّرَٰتِ أَمۡرٗا﴾ [النازعات: 1 - 5].

ولا شـك أن هذه قضية إيمانية، وإن كنا نؤمن بها على مراد ربي عَزَّوَجَلَّ فهي تجسـد لنا معنى عدم بغي أحد العالمين على العالم الآخر، والله تعالى أعلى وأعلم.

قد يقول قائل...

إن بعـض ما طرحته من سـمات الفيزياء الأولى **مغرق في الإلغـاز**، وتخلط فيه بين الفيزياء وبين الميتافيزياء، أو تكاد، فهل هذه محاولة للإمساك بالعصا من المنتصف بينهما؟

إن كان مصطلـح **«الإمسـاك بالعصـا مـن المنتصف»** كثيرًا مـا يطرح معنًى مسـتفزًا، فإنه مصطلح مناسـب تمامًا عندما يعكس الحقيقة؛ فلا شـك أن التقاء بحريّ الغيب والشـهادة يمثل وضعًا وسطًا بينهما.

وإذا كانت قواعد عالم الكوانتم (المحيط بنا) ملغزة، وتحكمها قواعد مخالفة تمامًا للفيزياء الكلاسـيكية، أيكون غريبًا أن تُلغِزَ علينا سمات الفيزياء الأولى التي **تعمل في تخوم عالم كن فيكون وتأتمر بأوامره؟**

الكوانتم والنسبية والمعلوماتية
تُصالح بين العلم والعقيدة

مـع ظهور الموجة الإلحاديـة في بلادنا، كثرت إحالـة الملاحدة إلى نظريـات العلم الحديثة باعتبارهـا تدعم الفكـر الإلحادي، ولجأوا في ذلك إلى ما يطرحه في هـذا المجال علماء غربيون ماديون، كما اسـتغلوا مفاهيم عقدية نؤمن بها ولم يكن الاستدلال عليها علميًّا. وسنعرض هنا

بعض هذه المفاهيم التي استغلها الملاحدة لنرى كيف يمكن إثباتها في إطار الاكتشافات العلمية الحديثة:

الكوانتم: السنن الكونية بين الفعل الإلهي والفعل الطبيعي

يقابل المهتمون بدراسة العقيدة الإسلامية اختلافًا بين مدرستين حول علاقة الفعل الإلهي بقوى الطبيعة وقوانينها.

تُعرَف المدرسة الأولى بـ **«مذهب الطبائع»** الذي يقول به في المقام الأول **«المعتزلة»**، ويتبنى أن الله عَزَّوَجَلَّ قد **«أودع»** في كل شيء طبيعته الثابتة التي يحدث الفعل بمقتضاها، كإيداع القدرة على الحرق في النار والقدرة على الرِّي والإغراق في الماء.

ويتبنى «ساداتنا الأشاعرة» الطرح الثاني، فنفوا **«العلاقة السببية الحقيقية»** بين الأحداث، ورأو أن القول بفاعلية الأسباب يتعارض مع طلاقة قدرة وأفعال الله عَزَّوَجَلَّ.

ومن أجل نفي قوى وقوانين الطبيعة كأسباب مؤثرة بشكل حقيقي، وضع السادة الأشاعرة **«نظرية الاقتران والعادة»** التي ترى أننا نفسر تتابع حدثين (كتسخين الماء والغليان) باعتباره علاقة الأسباب بالنتائج بينما هو في الحقيقة مجرد اقتران، أي لا علاقة سببية حقيقية بين التسخين والغليان، وأننا نحن الذين تصورنا حقيقية هذه العلاقة.

هذا وقد تطور موقفي تجاه هذه القضية العقدية المهمة، فتجدني **كنت أتبنى «مذهب الطبائع»**؛ فلا شك أنني كممارس للعلم مقتنع تمامًا بفاعلية الأسباب ولا أرى في أن يُودع ربي الفاعلية في الأسباب ما يتعارض مع القدرة والقيومية الإلهية.

وعندما درست طبيعة القوانين الفيزيائية، تنبهت إلى أن القوانين الطبيعية لا تفعل، لكنها تبين كيف سيكون مسار الأحداث الفيزيائية، عندها تيقن عندي أن تلك القوانين لا تحتاج لمن يحددها (أي يحدد كيف يكون مسار الأحداث) فحسب، بل وتحتاج أيضًا لمن يُفَعلها؛ أي يحرك الأحداث ويلزم موجودات الطبيعة أولًا بأول بالسلوك تبعًا للقوانين. وبهذا تأكد دور الفعل والقدرة والقيومية الإلهية بشكل أعمق.

ولتوضيح هذا المعنى، كثيرًا ما أضرب مثالًا بلعبة **كرة المائدة (البلياردو)**. فقوانين نيوتن

للحركة تخبرني بأن الكرة إذا ضُربت بقوة كذا بسرعة كذا بزاوية كذا فإنها ستسقط في الحفرة أو لن تسقط، لكن هذه **القوانين لن تحرك الكرة**، بل لا بد من اللاعب الضارب للكرة ومن العصا المضروب بها.

ومع دراستي الأخيرة لفيزياء الكوانتم، تأكد لي أن دور **«العامل المرجح»** فيها لا غنى عنه، وأنه دور محوري لتوجيه كل حدث كمومي لكل جسم تحت ذري وكل موجة في كل لحظة في كل مكان من الكون، ولعل هذا هو أعمق مستويات **«القيومية»** التي يمكن أن يصل إليها فهم الإنسان، ولعل هذا أيضًا هو ما عناه ربي عَزَّوَجَلَّ بقوله: ﴿ وَلَوْ أَنَّمَا فِي ٱلْأَرْضِ مِن شَجَرَةٍ أَقْلَٰمٌ وَٱلْبَحْرُ يَمُدُّهُۥ مِنۢ بَعْدِهِۦ سَبْعَةُ أَبْحُرٍ مَّا نَفِدَتْ كَلِمَٰتُ ٱللَّهِ ۗ إِنَّ ٱللَّهَ عَزِيزٌ حَكِيمٌ ﴾. لقد صرت أفهم أن «كلمات الله» هذه هي كلماته «الفاعلة» في الكون دون انقطاع.

وبهذا الفهم، تنزوي فكرة «مذهب الطبائع» الذي تكتسب فيه الأشياء والقوانين فاعليتها فتعمل بمعزل عن التدخل الإلهي المباشر، وتحل محلها فكرة أن ربي هو الفاعل -بحق- لكل شيء، نعم كل شيء.

وأفهم هذا المعنى في قول ربي عَزَّوَجَلَّ: ﴿إِنَّ ٱلَّذِينَ يُبَايِعُونَكَ إِنَّمَا يُبَايِعُونَ ٱللَّهَ يَدُ ٱللَّهِ فَوْقَ أَيْدِيهِمْ ۚ ... ﴾ [الفتح: 10].

وأيضًا في قوله عَزَّوَجَلَّ: ﴿فَلَمْ تَقْتُلُوهُمْ وَلَٰكِنَّ ٱللَّهَ قَتَلَهُمْ ۚ وَمَا رَمَيْتَ إِذْ رَمَيْتَ وَلَٰكِنَّ ٱللَّهَ رَمَىٰ ۚ ... ﴾ [الأنفال: 17].

وما أقرب هذا المعنى من عقيدة السادة الأشاعرة، ولم يعد هذا الطرح يمثل **«كارثة الأشاعرة»** كما يتبنى كثير من الفلاسفة، بل صار طرحًا علميًّا يتماشى مع أدق تفسيرات الوجود العلمية.

قد يبدو للبعض أن القول بطلاقة الإرادة الإلهية يتعارض مع مفهومين؛ الأول هو ما تتسم به قوانين الفيزياء الكلاسيكية من حتمية، والمفهوم الثاني هو ما تتسم به أفعال الإنسان بقدرٍ من الإرادة الحرة.

من أجل أن نزيل التعارض الظاهري مع المفهوم الأول، نقول إن ربي قد شاء أن يجري مشيئته/ أفعاله/ ترجيحاته اللحظية **بالهيئة التي تُخرج الأمور متماشية مع سننه الكونية التي**

تمكننا من التنبؤ بالأحداث. ويعجبني في هذا المقام - كثيرًا - قول لإسحق نيوتن حول إذا ما كانت قوانين الطبيعة ثابتة مستقرة أم يمكن أن تتغير؟ أجاب نيوتن:

إن قوانين الطبيعة هي إرادة الله، ولو تغيرت إرادته لتغيرت القوانين. ولكن، لما كانت إرادة الله ثابتة فستظل القوانين ثابتة.

ولإزالة التعارض مع المفهوم الثاني؛ نقول إن ربي قد قَدَّرَ أن تكون ترجيحاته في الأمور المتعلقة بالإرادة الإنسانية تتماشى مع اختيار الإنسان الحر، أي - مثلًا - أن يرجح الأحداث الكمومية التي تجعل السكين يقطع إذا مرره القاتل على رقبة القتيل. ولعل هذا الطرح يتماشى تمامًا مع **«عقيدة الكسب»** عند ساداتنا الأشاعرة؛ أي أن ربي هو الخالق للعقل وأن الإنسان يكتسب الفعل.

خلاصة الأمر، أن **السادة الأشاعرة** رفضوا السببية التي تستقل عن القيومية الإلهية المباشرة، وأحسب أن ذلك يؤكده مفهوم **«العامل المرجح»** في فيزياء الكوانتم. أي أن رفضهم لهذه السببية لم تسلمنا إلى لا معقولية هيوم[1] لكنها تقربنا من صورة الوجود المتناسقة المتكاملة التي نفهم من خلالها العلاقة بين عالمي الغيب والشهادة، أي العلاقة بين كن فيكون وبين الأسباب والسنن الكونية وبين حرية الاختيار الإنساني، تلك العلاقة التي لولاها لما استطاع الإنسان أن يمارس خلافته في الأرض التي كلفه بها ربي الخالق القيوم عَزَّوَجَلَّ.

سبحانك ربي...

هل كان هذا الطرح لساداتنا الأشاعرة «إلهامًا» من ربي عَزَّوَجَلَّ...

(1) ينبغي هنا أن نفك الارتباط بين طرح السادة الأشاعرة وطرح ديڤيد هيوم. فإن كان كلا الطرحين يتنكر للسببية المباشرة بين المقدمات والنتائج، فإن هيوم عندما يفعل ذلك فإنه يلقي بنا في حالة من «اللامعقولية»! وحجته في ذلك أنه لا يستطيع أن يرصد هذه الرابطة (السببية) بين ما نعتبره مقدمات وما نعتبره نتائج! وأدفع هذا الطرح الهيومي بأن أقول ساخرًا: منذ متى يطالب الفلاسفة بالأدلة الرصدية (الاستنباطية)؟! ألا يكفي هيوم ما بين المقدمات والنتائج من اضطراد وعدم تخلف، أي كلما حدثت المقدمة حدثت النتيجة، دون أن تختلف النتيجة عن السبب، ودون أن تحدث دون سبب؟!

النسبية: سهم الزمن والعلم والفعل الإلهي

لعل من أهم قضايا العقيدة التي تشغل المسلمين و يستغلها الملاحدة أن ربي عَزَّوَجَلَّ قد كتب في اللوح المحفوظ أفعالنا قبل خلق الخلق، مما يدعم **«عقيدة الجبر»**، وأننا لسنا مسئولين عن أفعالنا، فكيف يحاسبنا الله عَزَّوَجَلَّ يوم القيامة؟!

لتفنيد هذه الشبهة، طرحت منذ قليل الفهم العلمي «لعقيدة الكسب» عند السادة الأشاعرة، وذلك في ضوء العامل المرجح في فيزياء الكوانتم، والآن أطرح إسهام النظرية النسبية في هذا التفنيد.

لقد كشفت لنا النظرية النسبية اختلاف رصد الراصدين لتتابع الأحداث في الزمكان، وقد بلغ هذا الاختلاف حدًّا يمكن معه أن **ينقلب سهم الزمن المرصود**، فتصير المقدمة نتيجة والنتيجة مقدمة بالنسبة للراصد.

إذا كان هذا هو الحال بالنسبة لراصد الزمكان من داخله، فيكف يكون الحال بالنسبة لربي الذي لا يحده الزمكان؟

لقد بينا موقف رسل ستانارد من الأمر عند دراستنا للزمكان، وذلك حين تبنى أن الزمكان كله (الماضي - الحاضر - المستقبل) موجود في نفس الآن/الوقت، وأننا نحن الذين نمر به، إن ذلك يعني ببساطة أن يكون ربي - الخارج عن الزمكان - راصدًا آنيًّا. أي أن الأحداث كلها؛ التي لم تحدث بعد تكون بالنسبة له مثل التي حدثت بالفعل، أي تكون آنية بالنسبة لربي عَزَّوَجَلَّ، وبذلك يكون ما لم نفعله بعد حاضرًا لربي في كل آن. ومن ثم يكون ما دونَّه ربي في اللوح المحفوظ قد وقع تبعًا لاختباراتنا وأن التدوين حدث تبعًا لرصد حقيقي للفعل وليس جبرًا ولا توقعًا من الله عَزَّوَجَلَّ - حاشاه.

قارئي الكريم... لا شك أنه يستحيل علينا تصور أن تكون أفعالنا قابلة للرصد قبل أن نفعلها، لا تقلق، فالعجز عن التصور هو سمة معظم المفاهيم الكمومية، وقد سبق أن حذرنا من ذلك.

الكوانتم والنسبية والمعلوماتية: ثورة علمية وثورة في فهم العقيدة

كثيرًا ما يسألني الملاحدة والمتدينون على السواء؛ ما هي أكثر مكتشفات العلم - في رأيي - دلالة على الألوهية؟

قناعتي - الحالية - أن أكثر المفاهيم العلمية دلالة على الألوهية هي ثورات العلم الثلاث التي تناولناها في هذا الكتاب: **ثورة الكوانتم** بما أثبتته من الاحتياج لعامل مرجح، **وثورة النسبية** بما أثبتته من أن خروج الكون من الاحتمالية (= الإمكان) إلى الوجود (= الفعل) يحتاج إلى راصد من خارجه. ولا شك أن صفات العامل المرجح والراصد الخارجي لا تتماشى إلا مع ربي عَزَّوَجَلَّ.

يبقى للاستدلال على التصالح بين العلم والعقيدة طرح دور **«ثورة المعلوماتية»**، وأكرر هنا ما ذكرته في الفصل الثاني من هذا الباب، من أن المعلومات المستخدمة لبناء البروتينات في جسم الإنسان تم تسجيلها فيما يعادل 74000 صفحة جرائد كبيرة، كما أن معلومات التشغيل اللازمة لتشغيل جسم الإنسان في اليوم الواحد تبلغ مليون ضعف المعلومات الموجودة في كتب جميع مكتبات العالم.

وإذا كان العلم قد أثبت عجز ما يطرحه الماديون من آليات (الحتمية الفيزيائية والصدفوية) عن إبداع شطرٍ من بيت شعر واحد فلا يبقى أمامنا لتفسير مصدر ومعالجة هذا الكم المعلوماتي الهائل إلا القول بمصدر مطلق العلم والحكمة والقدرة...

سبحانك ربي وتعاليت.

قارئي الكريم

أخيرًا، أختم الفصل والكتاب بما أكرره دائمًا من تهاوي دعوى الملاحدة - التي يشاركهم فيها كثير من المتدينين - بأن العلم لا يستطيع أن يثبت أو أن ينفي الربوبية، باعتبار أنه يتعامل مع العالم المادي بينما الإله غير مادي، ويرجع خطأ هذه الدعوى إلى أن العلم لا يتعامل مع «جوهر» الأشياء لكنه يتعامل مع آثارها، فالعلم - مثلًا - لا يرصد الجاذبية، لكنه يرصد سقوط الأجسام، وبالمثل فالعلم يرصد «صفات وأفعال الإله الخالق» ولا يرصد الذات الإلهية.

سبحانك ربي رب العزة عما يصفون، وسبحان ربي الذي ليس كمثله شيء.

تعريف بالمؤلف

أ.د. عمرو عبد المنعم شريف

- من مواليد بورسعيد عام 1950.
- **أستاذ ورئيس أقسام الجراحة الأسبق** ـ كلية الطب ـ جامعة عين شمس. **مع التخصص الدقيق** في جراحات الكبد والجهاز المراري، ومناظير البطن، وجراحات الحوادث.
- حاصل على درجة البكالوريوس في الطب والجراحة بتقدير امتياز مع مرتبة الشرف الأولى عام 1974، ودرجتي الماجستير عام 1978 والدكتوراه عام 1981 في الجراحة العامة من كلية الطب جامعة عين شمس.
- عضو مؤسِّس للجمعية الدولية للجراحة، والجمعية الدولية لجراحة الكبد والبنكرياس والجهاز المراري بسويسرا.
- أُختير المدرس المثالي على مستوى جامعة عين شمس عام 1984، والطبيب المثالي على مستوى الجمهورية عام 1988.
- مفكر ومُحاضر في موضوعات التفكير العلمي ونشأة الحضارات، والعلاقة بين العلم والفلسفة والعقل وبين الأديان.

من مؤلفاته:

- كتاب «**أبي آدم: من الطين إلى الإنسان**»، طرح فيه مفهومًا جديدًا حول نشأة الإنسان عن طريق التطور الموجه.
- كتاب «**رحلة عبد الوهاب المسيري الفكرية**»، عرض فيه (من خلال فكر د. المسيري) إيجابيات وسلبيات الحضارة المادية الحديثة، وأسوأها ظهور الحركة الصهيونية ودولة إسرائيل.
- كتاب «**المخ ذكر أم أنثى؟!**»، وتناول فيه الفوارق التشريحية والوظيفية بين مخ الرجل ومخ المرأة، وانعكاس ذلك على أسلوب تفكير ومشاعر وسلوك كل من الجنسين. وشارك في تأليف الكتاب د. نبيل كامل خبير التنمية البشرية.

- كتاب «**رحلة عقل**»، ويعرض فيه كيف يقود العلم أشرس الملاحدة إلى الإيمان، وذلك من خلال عرض الرحلة الإيمانية لأكبر ملحد في القرن العشرين (أستاذ الفلسفة البريطاني، سير أنتوني فلو)، ثم يستكمل الكتاب الرحلة ليعرض البراهين العقلية الدالة على تواصل السماء بالأرض (الديانات).
- كتاب «**كيف بدأ الخلق**»، يعرض قصة خلق الكون ثم الحياة وتطور الكائنات الحية، وصولًا إلى الإنسان. ويقرأ قصة خلق الإنسان في القرآن الكريم في ضوء حقائق العلم.
- كتاب «**ثم صار المخ عقلا**»، ويتناول فيه دور المخ البشري في ملكات الإنسان العقلية ومشاعره الروحية، وهي أهم ما يتميز به الإنسان على غيره من الكائنات.
- كتاب «**أنا، تتحدث عن نفسها**»، ويتناول السمات المميِّزة للذات الإنسانية من منظور العلم والفلسفة والدين.
- كتاب «**وهم الإلحاد**»، لخص فيه تاريخ الفكر الإلحادي وأفكاره ومنهج دحضه. وقد صدر الكتاب كهدية مع مجلة الأزهر - عدد المحرم 1435هـ.
- كتاب «**خرافة الإلحاد**»، فَصَّل فيه الفكر الإلحادي؛ نشأته وبنيته ومنهجه، وفَصَّل أسلوب دحضه والتصدي له.
- كتاب «**الإلحاد مشكلة نفسية**»، ويتناول فيه العوامل النفسية والشخصية والاجتماعية وراء الإلحاد، والتي تختفي وراء الأسباب الموضوعية التي يعلنها الملاحدة كتبرير لإلحادهم.
- كتاب «**أصداء وظلال**»، وهو سيرة ذاتية للدكتور عمرو شريف.
- كتاب «**حادي العقول**»، وهو كتاب في التفكير العلمي؛ تعريفه - سماته - منهجه - مقوماته، وكيف نوطنه في بيئاتنا العربية.
- كتاب «**لغز الوعي**»، ترجمة وعرض وتحليل ونقد لكتاب «حوارات حول الوعي» تأليف المفكرة «سوزان بلاكمور». ويتناول الكتاب معضلات الوعي والعقل وحرية الإرادة، باعتبارها السمات المحورية التي تجعل الإنسان إنسانًا.
- ترجم كتاب «**الطب المصري القديم**» مع د. عادل وديع فلسطين، وهو أفضل كتاب في موضوعه.