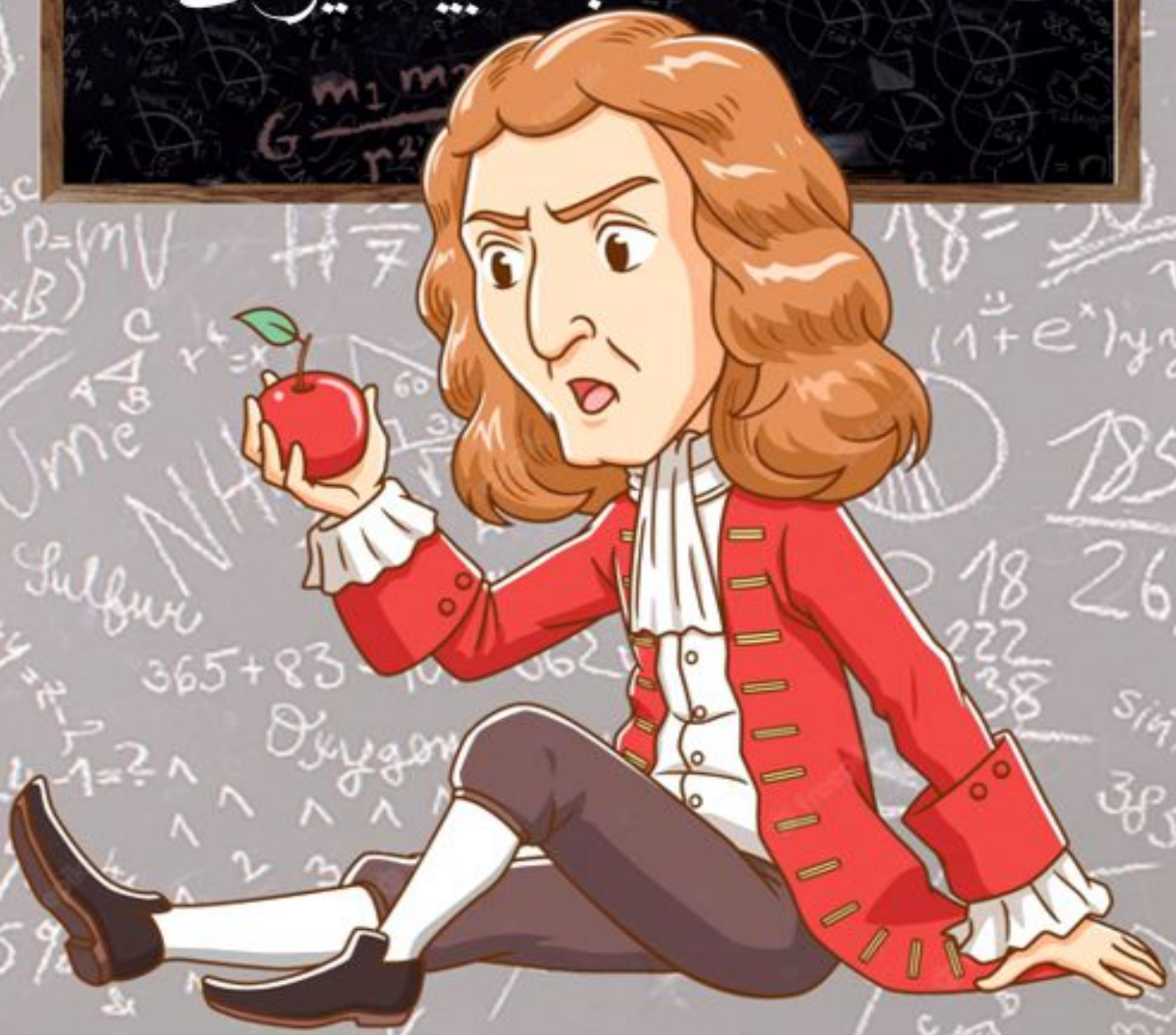
نقول حداد

فلسفة التفاحة

جاذبية نيوتن



مكتبة علي بن صالح الرقمية

نقولا حداد

فلسفة التفاحة

جاذبية نيوتن

دراسات علمية

1946

كتب أونلاين
كتب للجميع

مكتبة علي بن صالح الرقمية

مقدمة

هذا كتاب في موضوع علمي خاص؛ جاذبية نيوتن الفيلسوف الطبيعي العظيم الذي يُعَد في قمة علوم الطبيعة منذ القديم إلى اليوم. وقد كُتِبَ بأسلوب بسيط جدًّا سهل الدراسة يفهمه العامة المتعلمون تعليمًا بسيطًا، ويجد فيه الخاصة بحثًا وافيًا في سُنَّة الجاذبية من جميع نواحيها، وكشفًا لأعمق أسرارها وحلًّا لجميع ألغازها. وقد افتُتِح بسيرة نيوتن نفسه كاشف أسرار الطبيعة وضابط قواعدها ونواميسها.

وقد أضيف إلى هذا الكتاب ملحق رياضي لبرهنة القضايا المهمة في الجاذبية؛ لكي يستفيد به فريق القراء الذين لا يستصعبون القضايا الرياضية بل يستلذونها، ولعله يكون حافزًا للقراء الذين قلَّت معرفتهم الرياضية، أو هم لا يريدون أن يُعنِتوا أذهانهم في تفهُّم تلك القضايا وممارستها.

وقد استعنت في تصنيف هذا الكتاب بأحدث المؤلفات العصرية لأساطين العلم، ومنهم السير تجايمس تجينز والسير أدينغتون وأينشطين وبرتراند رصل وغيرهم. ويمتن الفلك لكبار الفلكيين الأميركيين الأساتذة الثلاثة: رصل ودوغان وستيورت، الذين نقَّحوا كتاب الفلك المشهور لسلفهم الفلكي الكبير يونغ، ودائرة المعارف البريطانية.

نقولا الحداد

الفصل الأول

مَنْ هو نيوتن؟

(١) ملاحظة التفاحة

روى بمبرتون صديق نيوتن الحميم، وقد وقف على الطبعة الثالثة من كتاب المبادئ لنيوتن: «كان نيوتن جالسًا ذات يوم تحت شجرة تفاح يفكر كعادته حين يكون منفردًا، فرأى تفاحة سقطت من الشجرة من تلقاء نفسها — لعلها تجاوزت دور النضج — فحوَّلت تفكيره إلى سبب سقوطها، وقال في نفسه: ما الذي أسقط هذه التفاحة إلى الأرض؟»

وكان قد عرف نظرية طيخو براهي عن مسارعة الأجسام الساقطة، فتراءى له أن التفاحة سقطت متسارعة؛ تراءى له تسارعها على الرغم من أن سقوطها لم يتجاوز ثانيتين، وهي مدة لا تكفي لملاحظة المسارعة، فاستطرد يقول لنفسه: وما الذي جعلها تسقط متسارعة؟ وما هي القوة التي تُهْبِط الأجسام من أعلى إلى أسفل؟ من الشجرة ومن الجو ومن رأس الجبل ومن البرج ... إلخ. ألا يمكن أن تكون هذه القوة هي نفس القوة التي تفعل بالقمر فيدور حول الأرض بدل أن يندفع في خط مستقيم وفقًا لما نعلمه بالبديهة؟ ألا يمكن أن تكون هذه القوة في الأرض نفسها، قوة تجذب ما حول مركزها إليه؟ ألا يمكن أن تكون نفس القوة التي تُحرج السيارات أن تدور من حول الشمس؟

وما عتم أن شرع يفكر في سُنَّة طبيعية توجب على الأجسام أن تدور من حول مركز، ولأنه كان رياضيًّا بالفطرة وقد نبغ في الرياضيات منذ حداثته شرع يبحث في خطة هذه القوة. لا بدَّ أن يكون ثمة نظام حسابي لهذه القوة تسير فيه على قاعدة واحدة مهما اختلفت الأجسام حجمًا وتباعدت مسافةً أو تفاوتت زمنًا.

الغاية الرئيسية من هذا الكتاب بسط سُنَّة الجاذبية كما اكتشفها هذا الفيلسوف العظيم نيوتن في جميع ظروفها ومقتضياتها. ولكن البحث في هذه الغاية يستلزم البحث في حياة نيوتن نفسه.

هذه السُّنَّة التي برزت من ذلك الدماغ الذي بقيت أليافه تلمع لمعات الذكاء برهة ثلاثة أرباع القرن، حتى إنها أضاءت عالم العلم منذ مولد ذلك الفيلسوف الطبيعي إلى اليوم وإلى الأبد؛ هذه السنة فتحت باب أسرار الطبيعة للعلماء الحديثين، فانجَلَتْ لهم حقائق عديدة عن الكون المادي.

منذ عهد نيوتن إلى الآن انجلى من أسرار الكون ما يعادل ألف ضِعْف مما استجلى الإنسان منها من قبل.

قال أحد المدركين قيمة عمل نيوتن العلمي: «كانت نواميس الطبيعة غامضة، وفي ليلٍ حالكٍ من الجهل إلى أن قال الله: «ليكن نيوتن.» فضاءت المعرفة وأنارت الكون كله.»

قبل البحث في موضوع الجاذبية ينبغي أن نرفع الغطاء عن مشعال الذكاء الذي كشف القناع عن الجاذبية، ينبغي أن نُجمل للقارئ سيرة حياة نيوتن الملقب بحق فيلسوف الطبيعة وزعيم فلاسفتها.

(٢) نشوءُه

وُلِد إسحاق نيوتن في ٢٥ من ديسمبر سنة ١٦٤٢ في منزل وضيع في وولتروب قرب جرانثام من ولاية لنكشير في إنجلند، وقيل إنه من نسل السير جون نيوتن. وكان أبوه قد تُوفِّي في أكتوبر السابق. وفي سنة ١٦٤٥ تزوَّجت أمه برنابا سمث قسيس نورث ولهام من ليستشر. وبعد زواجها الثاني عاش إسحاق مع جدته مسز إسكوف من وولتروب أيضًا، ولكنها استعادته إليها بعد ترمُّلها الثاني.

وكان في أول عمره نحيفًا ضعيف البنية لم تُرْجَ له الحياة، يقال لأنه وُلِد قبل موعد الولادة، ولازم نحو سنتين المدرسة الابتدائية في جرانثام، إذ كانت تحت رعاية المستر ستوكس، ومنذ دخل المدرسة بَدَتْ عليه مخايل الذكاء، بيد أنه لم يتفوَّق بل كان نجاحه قليلًا، ولعل السبب أنه كان يلهو بالألعاب وصنع أشياء منها، وقد ورد في كتاب أعلام المقتطف: «قيل إنه لم يكن ليلتذ مهتمًّا بمعاشرة رفاقه التلاميذ وملاعبهم، بل كان ينفرد عنهم ويلهو بالألعاب الميكانيكية وتقليد ما يراه منها، فاصطنع بيده منشارًا وقدومًا ومطرقة وسائر أدوات الصناعة بحجم صغير يناسبه، وكان يستعملها بحذقٍ غريبٍ، فصنع بها ساعات يديرها الماء المنحدر، فكانت بغاية الضبط والإتقان.

وفي ذات يوم أنشئوا في المدرسة مطحنة هوائية كانت لذلك العهد غريبة عجيبة، فما زال يدرسها حتى فهمها وصنع مثلها، وزاد عليها أن جعل الطحان فأرًا يطحن الدقيق ويأكله» (باختصار).

وأولع أيضًا بالرسم والتصوير وبنظْم الشعر، فانصرف عن درسه بهذه الألعاب والفنون إلى أن تفوَّق أحد رفاقه عليه في إحدى المنافسات، فأثار الأمر في نفسه حماسة المناظرة، وما لبث أن صار رأس فرقته.

وكان يستلذ مراقبة نجوم السماء، فلا بدع أن يُغْرق بعدئذٍ في التفكير في الجاذبية التي تربط أجرام السماء.

في الرابعة عشرة من عمره سنة ١٦٥٦ أخرجته أمه من المدرسة لكي يساعدها في الحقل. وهل المخلوق لكي يَفْلَح السماء يطيق أن يَفْلَح الأرض؟! طبعًا لم ينجح في هذا العمل؛ لأنه كان لاهيًا في العمليات الرياضية حين كان يجب أن ينشغل في الزرع والقلع والحرث والعزق. وكانت أمه ترسله إلى سوق جرانتهام لكي يبيع غَلَّة الحقل ومعه خادم مسنٌّ، فكان يحيل أمر البيع في السوق إلى هذا الخادم، ويجنح إلى الصديق كلارك الصيدلاني حيث يطالع فيما عنده من كتب علمية وكيماوية.

ولما رأى خاله وليم إيسكوف قس بورتون كوكجل والعضو في كلية الثالوث (ترينتي) في جامعة كمبريدج ميله إلى الرياضيات والعلم؛ نصح لأمه أن تردَّه إلى المدرسة لكي يستعدَّ لجامعة كمبريدج، وكان ذلك ١٦٦٠. وفي سنة ١٦٦١ استتمَّ استعداده للدخول في كلية الثالوث. وفي سنة ١٦٦٥ نال شهادة بكلوريوس علوم. وفي سنة ١٦٦٧ اختير معلمًا في الكلية المذكورة.

(٣) اكتشافاته الرياضية

وفي سنة ١٦٦٥ اكتشف النظرية الرياضية المسماة «الكميات الثنائية»، وهي عبارتان جبريتان تربطهما علامة الإيجاب أو علامة السلب، وما لبث أن استنبط الفن الرياضي المسمى «حساب التكامل والتفاضل» Calculus وقد سماه Fluxions، وترجم المقتطف الكلمة «فن السيالة». ولهذا الفن شأن عظيم جدًّا في العلوم الرياضية النظرية والعملية كالهندسة الميكانيكية وهندسة البناء ... إلخ.

وفي مايو من السنة التالية دخل في الطريقة العكسية لهذا الفن، وهي طريقة حساب المنحنيات وأحجام المجسَّمات، وقال: «وفي تلك السنة (١٦٦٦) جعلتُ أفكِّر في قوة الجذب (أو في الثقل) الممتدة إلى فلك القمر، وأخذت أقابل القوة اللازمة لحفظ القمر في فلكه بالقوة الجاذبية التي على سطح الأرض. كان ذلك في سنتَي ١٦٦٥ و١٦٦٦، وذلك أول شبابي.»

(٤) اكتشافه سر الألوان

ومنذ ذلك الحين جعل يبحث في البصريات وأسباب الألوان، وفي ١١ من يناير سنة ١٦٧٢ أرسل شرح اختباراته إلى الجمعية العلمية الملكية، وفي تلك السنة عينها اختير عضوًا في الجمعية مع لقب أستاذ، وفي الحال شرع يرسل رسائله إلى أوكدنبرج كاتب السر في الجمعية لكي تُتْلَى فيها.

ومما كتبه حينئذٍ: «سأبذل جهدي أن أبدي شكري للجمعية بتقديم ما تستطيع مجهوداتي المتواضعة أن تؤثره في ترقية البحث الفلسفي.»

وقُرئت نظريته عن النور والألوان في ٨ من فبراير في المجمع العلمي الملكي — أي الجمعية المذكورة آنفًا — وأظهرت العمليات التي شرحها أن النور مؤلَّف من مجموعة من الأشعة مختلفة الانكسار؛ أي إنها إذا مرَّت في موشور (أصبع من بلور مثلث الزوايا) خرجت أشعته ملونة منكسرة على زوايا مختلفة مع الشعاع الأصلي. ومعنى ذلك أن الألوان ليست صفات للنور المنعكس عن الأجسام الطبيعية كما كان يُظن، بل هي خواص أصلية في النور نفسه تختلف باختلاف الأشعة المنكسرة؛ أي إن اللون ليس في الجسم الذي يعكسه بل في النور نفسه الذي انعكس عليه. واختلاف الألوان يتوقف على اختلاف زوايا الأشعة المنكسرة كما نعلم نحن الآن، ونعلم أن زوايا الانكسار هذه تختلف باختلاف أحوال الموجات الضوئية وذبذباتها، والتي تُحْدِث في شبكية العين نفس الاختلاف، والدماغ يتصوَّر لكل ضرب من الموجات لونًا خاصًّا أو هو استنبطه.

وفي المدة التي كان فيها منشغلًا في هذا البحث وفي تحقيق نظريته عُيِّن أستاذًا للرياضيات، إذ استقال سلفه الأستاذ بارولكي لكي يحلَّ هو محله؛ ومن ثَمَّ كانت السلسلة الأولى من محاضراته عن البصريات مؤيدة بالمعادلات الرياضية، وهذا ما حمله على الاستمرار في البحث والاختبار التجريبيَّين بواسطة الموشور المشار إليه الذي اشتراه في معرض ستوبوردج سنة ١٦٦٦ إلى أن بلغ بحثه قمتَهُ في رسالة إلى الجمعية (أي المجمع العلمي الملكي) سنة ١٦٧٢، حيث قامت قيامة المناقشات الحادة بين العلماء الطبيعيين في هذا الموضوع، على أن المجمع أثنى عليه باحترام كلي وشكر له بحثه العظيم الشأن، وأبلغه أن المجمع عُنِي به عناية خاصة.

(٥) مُناظرة العلماء له

وحاول روبرت هوك مع «وارد» مطران سالسبوري وروبرت بويل أن يتمادوا في البحث تخطئةً لنظرية نيوتن. وهوك في كتابه ميكروجرافيا وصف عملية تجريبية بالموشور، ولكنها لم تعد بتأييد رأيه، وجميع انتقادات هؤلاء الثلاثة انتهت بتأييد رأي نيوتن.

وكان في التلسكوب «المقراب» في ذلك الحين عيب لوني، فعانى نيوتن في إصلاح هذا العيب إلى حدٍّ ما، وصنع التلسكوب المُصلَح لأول مرة سنة ١٦٦٨، ثم صنع تلسكوبًا ثانيًا وأرسله إلى المجمع الملكي في ديسمبر سنة ١٦٧١.

وتطاول البحث والنقاش في البصريات بينه وبين العلماء سنة ١٦٧٥، وكتب في تلك السنة: «لقد تعبت جدًّا في هذه المباحث التي دارت حول نظريتي في النور حتى إني لُمْتُ نفسي أخيرًا لحمقي في هجر نعمة راحتي؛ لكي أعدو وراء خيال أو ظل.»

على أن هذه المباحث كانت ذات فوائد جَمَّة؛ لأنها أدَّت به إلى تحقيق تأثيرات اللون الأخرى، وإلى البحث في سبب صدور النور، والذهاب إلى أن النور ذريرات تصدر من الجسم المنير وتنطلق في الفضاء الخالي بسرعة فائقة، وقد حسبها حينئذٍ ١٩٠ ألف ميل في الثانية، وهي الآن بالتحقيق ١٨٦ ألف ميل، فما ضلَّ كثيرًا على الرغم من فقر عصره بالآلات الفلكية والعلمية.

ثم إنه تبسَّط في أسرار انعكاس النور وانكساره كما هو معلوم الآن في علم الطبيعيات. وعاد هوك يتصدَّى إلى نقده في هذا الموضوع في كتابه ميكروجرافيا ١٦٦٤، إذ استند على نظرية هوجنس Huyghens في أن النور قوة تنتقل بحركة موجية في الإيثير المالئ الفضاء، ولكنه لم ينجح في تطبيق هذه النظرية على الانتشار «المتعامد» لكل الجهات والانعكاس والانكسار إلى غير ذلك من خواص النور. ومع ذلك كان نيوتن مضطرًّا في تعليل هذه الظاهرات إلى فرض أن النور المنتشر ذريرات من الجسم المنير تنطلق متموجة في الإيثر.

ومضى زمن بعد نيوتن كان يعتقد فيه العلماء أن النور أمواج إيثرية لا ذرية، ولكن بعض علماء هذا العصر عادوا إلى نظرية نيوتن بتنقيح كثير فيها، وقد سمى السير تجايمس تجينز أمواج الذرات النورانية Wavicles وهي نحت من كلمتي Wave-Particle.

وكانت عبارة نيوتن الأخيرة في هذا الموضوع سنة ١٦٧٥: «أظن أن النور ليس إيثيرًا ولا أمواجًا إيثيرية، بل هو شيء آخر ينتشر من الجسم المنير.» ويظن أيضًا: «أن النور والإيثير يتفاعلان الواحد مع الآخر.»

على أن شهرة نيوتن لا تتوقَّف على هذا المبحث ولا تقف عنده، بل على اكتشافات علمية أخرى تخلِّد اسمه إلى الأبد وأهمها «ناموس الجاذبية».

(٦) قوة الجذب

وفي سنة ١٦٦٦ حين عاد إلى وولتروب بسبب انتشار الطاعون في كمبريدج، جعل يفكر في قوة الجذب الممتدة إلى فلك القمر إلى أن اكتشف ناموسها، ولكن لما لم يصح تطبيق هذا الناموس على القمر الدائر حول الأرض، لم يشأ أن ينشر شيئًا بشأنه مدة طويلة؛ لظنه أنه خطأ وأن الفكرة سخيفة.

والغريب أن يظن نيوتن أن لوقوع الجسم على الأرض ودوران القمر حولها ناموسًا، أليس غريبًا أن يعتقد نيوتن أن القوة التي اجتذبت التفاحة إلى الأرض هي نفس القوة التي تدير القمر حول الأرض؟ عجبًا إذن، لماذا لا يسقط القمر على الأرض كما سقطت التفاحة وكما يسقط كل جِرْم؟ وأعجب من ذلك أن يدرك نيوتن هذا السر وهو غريب على الأذهان وبعيد عن الأفهام [1] وبناءً على فهمه هذا السر عمل حسابه فضلَّ؛ لأن المعلومات التي بنى عليها كانت ناقصة كما سيرد بيانه، وكما سيعلم القارئ السر الذي أدركه نيوتن.

في ذلك الحين كان بعض أعضاء المجمع العلمي يخمِّنون تخمينات مختلفة فيما لاح لنيوتن من قبيل قوة الجذب التي تجذب الأجسام نحو المركز والسيارات نحو الشمس والقمر نحو الأرض ... إلخ، وكان منهم رن، وست وارد مطران لسبوري، وروبرت بويل، وهوك، وهالي، إلى أن التقى هالي بهوك ورن يوم الأربعاء من يناير سنة ١٦٨٤، فقال رن: إنه اكتشف البرهان على نواميس الحركات الفلكية، أما هالي فاعترف بجهله، وانبرى حينئذٍ السير كريستوفور مشجِّعًا البحث في الموضوع، وقال: إنه يُهدي كتابًا بأربعين شلنًا لمن يجد حلًّا لمسألة دوران السيارات في أفلاكها، وأمهل المشتغلين بها شهرين.

بقيت المسألة بلا حل حتى شهر أوغسطس حين زار هالي نيوتن في كمبريدج وقال له: وصل إليَّ أنك توفقت إلى الحل لهذا السؤال: وهو أن تأثير قوة مركزية على جسم متحرك تختلف كمربع البُعْد، فكيف ذلك؟ وما البرهان؟

فوعده نيوتن بأن يبحث عن نسخة البرهان التي أهملها منذ ١٨ سنة لعدم ثقته بصحته، على أن نيوتن لم يجد النسخة فأعاد كتابة البرهان من جديد وأرسله إلى هالي في نوفمبر من تلك السنة، وعاد هالي إلى كمبريدج وألحَّ على نيوتن أن يقدِّم البرهان للمجمع.

وفي العاشر من ديسمبر سنة ١٦٨٤ أبلغ هالي إلى المجمع أن نيوتن أراه رسالة مستغربة وأنه ألحَّ عليه أن يرسلها إلى المجمع لكي تسجَّل فيه، فأرسلها نيوتن وسُجِّلت بالفعل في فبراير سنة ١٦٨٥ وعلى حاشيتها تاريخ صدورها في ١٠ ديسمبر سنة ١٦٨٤.

ولكن في أوائل سنة ١٦٨٥ أدَّت حساباته بهذا الشأن إلى اعتبار أن كلًّا من الشمس والسيارات كأنها نقط متجمعة في مراكزها؛ أي إن الجِرْم كله كتلة مضغوطة في مركزه، وفي هذا المركز مقر القوة الفاعلة، ولكن أحقيق هذا؟ أم أن الجِرْم مهما كان كبيرًا أو صغيرًا يُعتبر كله مركزًا إذا قورن بالمسافة السحيقة بينه وبين الجِرْم الآخر؟ وما هي هذه القوة التي تستطيع بها الشمس مثلًا أن تجتذب جِرْمًا خارجًا عنها؟

ومن ثمة جعل نيوتن يحسب حساباته على فرض أن كل ذرة في الشمس تجذب كل ذرة في الجسم الآخر البعيد عنها بقوة مناسبة لحاصل ذرات هذا مضروبة بذرات ذاك وبنسبة مربع البُعْد بينهما.

ولما خرج نيوتن بناموس الجاذبية نتيجة لحساباته سنة ١٦٦٥ رأى أن دوران القمر أسهل نموذج لاختبار صحة الناموس، فحسب حسابه على اعتبار أن القمر يبعد عن الأرض نحو ٦٠ مرة طول نصف قطر الأرض، فكانت النتيجة خطأً، وبعد مدة من الزمن ظهر أن قطر الأرض أطول مما كان يظن، فعمل حسابه على اعتبار الطول الجديد فصحَّ وثبتت السنة التي اكتشفها.

(وسيأتي شرح ذلك فيما بعد في الملحق الثالث، القسم الثالث.)

وبعد ذلك تجرَّأ نيوتن أن يُعلن ناموسه وأن يُجاهر به بثقة عظيمة، ثم طبَّقه على جميع دورانات السيارات، ثم صار يطبِّقه على كل حركة فلكية وكونية مهما كانت عظيمة وشاسعة وبعيدة أو صغيرة أو كبيرة.

وبواسطة قانون الجاذبية اكتُشف تسطيح الأرض عند قطبيها، وسبب تغير الثقل بتغير الارتفاع عن سطح الأرض، وبها فسَّر مبادرة الاعتدالين وسير المد والجزر، وقال بإمكان معرفة حجم السيارات بواسطة معرفة جذبها بعضها لبعض واضطراب حركاتها، وتعليل تقدُّم نقطة الرأس في الفلك الإهليلجي إلى غير ذلك من الحركات الفلكية.

الناموس الطبيعي لا ينقض بوجه من الوجوه، هو أساس النظام الثابت.

(٧) فلسفة المبادئ الطبيعية

عاد نيوتن بعد ذلك إلى كمبردج وشرع يؤلف كتابه المشهور العظيم الشأن «المبادئ» Principia سنة ١٦٨٦م، وقد سماه فلسفة المبادئ الطبيعية الرياضية Philosophae Naturalis Principia Mathimatice وأتمَّه في ثلاثة مجلدات، وطُبِعَت في ١٦٨٧.

وكانت الجمعية (أي المجمع العلمي) في ذلك الحين فقيرة فأخذ هالي نفقات الطبع على عهدته، وكان يزيل كل ما يستطيع من الصعوبات من أمام نيوتن؛ لكي يتمَّ هذا العمل العظيم، وما عتمت هذه المؤلفات الثلاثة النفيسة أن انتشرت في كل أوروبا، ونَشَرَت معها شهرة عظيمة له، وبقيت المرجع العظيم الشأن لعلماء العصر إلى اليوم، ومعظم نظريات علم الأكوان والأفلاك تستند إلى المبادئ التي قرَّرها نيوتن.

(٨) مرضه وتفوقه الرياضي

في سنة ١٦٨٩ انتُخِبَ نيوتن عضوًا في الجامعة، ثم انتُخِب ثانيةً في سنة ١٧٠١.

وفي سنة ١٦٩٠ عاد إلى كمبردج واستمرَّ في مباحثه الرياضية، وما عتم أن انتابه داء الأرق بين سنتي ١٦٩٢ و١٦٩٤، وقيل إنه أصيب باضطراب عصبي حتى باختلال عقلي أيضًا.

وحينئذٍ كتب هيفن إلى بستر:

> لا أدري إن كنت قد علمت بما حدث للفاضل المستر نيوتن، وهو أنه أصيب بالتهاب دماغي دام ١٨ شهرًا، وقيل إن أصدقاءه عالجوه بأدوية مختلفة، وحجزوه ومنعوه من الخروج.

وقد حاول أصدقاؤه مرة أن يردوه إلى عمله في سنة ١٦٩٥، ومنهم رن وصديقه تشارلس مونتاجو ولورد هاليفاكس الذي كان سابقًا أستاذًا في كلية الترينتي، ثم وزيرًا للمالية بعد ذلك، وعرضوا عليه وظيفة مراقب مصلحة سك النقود، فقبِل الوظيفة وبقي أستاذًا في كمبردج، وبعد ٤ سنين صار مدير المصلحة، وفي تلك السنة انتُخِبَ واحد من الثمانية الأجانب لعضوية الأكاديمية الفرنساوية في الفرع العلمي.

في سنة ١٦٩٦ نشر جون برنولي الرياضي السويسري رسالة على رياضيي أوروبا يقترح فيها عليهم حل قضيتين رياضيتين، وأمهلهم ستة أشهر، وفي ٢٩ من يناير ورد لنيوتن في فرنسا نسختان مطبوعتان من هذه الرسالة، وفي اليوم التالي أرسل نيوتن حلَّهما إلى مونتاجو الذي كان حينئذٍ رئيس المجمع العلمي الفلكي، فأُرسل الحلَّان بلا توقيع إلى برنولي، ولكن برنولي لما اطلع على الحلَّين وهما بلا توقيع قال: «عرفته كما يُعْرَف الأسد بجبروته؛ هو نيوتن.»

وقضى لبنتز المنافس لنيوتن في الرياضيات ستة شهور يفكر في المسألتين ولم يوفَّق إلى حلِّهما.

وفي سنة ١٧٠١ استقال نيوتن من الأستاذية في الترينتي (كلية الثالوث)، وانتقل إلى لندن وبقي قائمًا بواجباته كأستاذ ذي إنتاج ممتاز إلى أن تُوفِّي سنة ١٧٢٧.

وكان في سِنيِّه الأخيرة ذا مقام عظيم يُذْكَر له، ففي سنة ١٧٠٣ كان رئيسًا للمجمع العلمي الملكي، وبقي يُنتخب لهذا المنصب كل سنة إلى آخر حياته.

(٩) مقامه

زارت الملكة حنة كمبردج سنة ١٧٠٥، ونزلت ضيفًا على الدكتور بنتلي رئيس كلية الثالوث، وهناك منحت نيوتن وسام فارس ولقب سير.

وفي ذلك الحين ابتدأ النقاش بينه وبين لبنتز بشأن حساب التكامل والتفاضل، وقد نشرت إحدى المجلات مقالًا بلا إمضاء يزعم فيه كاتبه أن نيوتن اقتبس فكرة فن السيالة Fluxion من لبنتز، ولكن مَن يُصدق أن ذلك الدماغ العظيم تتدنَّى نفسه إلى اقتباس نظرية رياضية من غيره، وهو ربُّ الرياضيات.

واستمرت المناقشة بينه وبين لبنتز سنتين إلى أن مات لبنتز سنة ١٧١٦، ولكنها استمرت بين الرياضيين الآخرين نحو قرن.

ومات نيوتن بعلة الحصاة في ٨ مارس من سنة ١٧٢٧، ودُفِنَ باحتفال عظيم يليق بعظيم مثله في دير وستمنستر.

(١٠) نبوغه

لم يقتصر نبوغ هذا العبقري العظيم على ضرب واحد من ضروب العلوم والمعارف، بل شملها جميعًا، كان رياضيًّا بالفطرة، لم يسبقه أحد في إدراك الرياضيات العليا كأنها سجية في عقله، فلا يُعْنت فكره في فهم قضاياها، فكان إذا رأى شكل قضية هندسية واطلع على نص القضية يفهم البرهان من غير أن يدرسه أو يطلع عليه، واستنباطه لحساب التفاضل والتمام الذي تُحل به معضلات العمليات الرياضية يدل على أن عقله كان من درجة أسمى من مستوى عقل البشر، وله مصنفات في الجبر والمعادلات وفي الهندسة.

كان أيضًا عالمًا كيماويًّا، وله في الكيمياء كتاب بحسب ما كان علم الكيمياء في عصره وربما توفَّق لزيادة على ما كان.

وأما في العلوم الطبيعية، فمباحثه في النور وفي نواميس القوة والحركة كما هي محصية في كتابه «المبادئ» لا تزال إلى اليوم مستند أهل العلم الطبيعي، وله مصنفات في الفلك والنظام الشمسي.

ومع كل دراساته العلمية التي أحاطت بكل العلوم في الطبيعة والكون كان عالمًا في اللاهوت، وله مباحث في العقيدة بوجود الله، ولكنه لم يكن يعتقد بالتثليث، وكيف يمكن ذلك العقل المنطقي الرياضي أن يقتنع به؟

(١١) أخلاقه

كان دمث الأخلاق لا يغضب ولا يعادي ولا يحقد، حتى إنه إذا قُسِي عليه في جدال عَدَل عن الموضوع تحاشيًا للنفار والجفاء؛ ولذلك لم يكن له أعداء بل أحباء معجبون.

وعلى سمو عقله واتساع دائرة علمه كثير التواضع لا يفخر ولا يدَّعي ولا يتبجَّح.

وحين كان صحبه حوله يُعْجَبون بسعة علمه وسمو عقله كان يقول: «أراني طفلًا يلهو على شاطئ من أوقيانوس المعرفة حتى إذا عثرت على صدَفة أخذتها، وهل يفرغ البحر من الأصداف؟»

وعاش عزبًا، ويقول: إنه قلَّما شغل قلبه الحب، ولعله لم يحب، ومَنْ كان مشغول اللب دائمًا لا يبقى عنده وقت للحب.

قيل إنه ترك ثروة تقدَّر بنحو ٣٢ ألف جنيه، ولم يكن مسرفًا وإنما كان محسنًا جوادًا يعمل الخير ليس لذويه فقط، بل لكل مَنْ يعرف بفاقته وبؤسه.

لا يزال أساطين العلم منذ عهده إلى اليوم وبعد اليوم يضعونه في مقام الملك في دولة العلم، أو الجبل الشامخ المشرف على روابي المعرفة.

قال لابلاس: إن كتاب «المبادئ» الذي صنَّفه نيوتن أعظم نتاج عقلي ظهر في العالم. وسألت ملكة بروسيا ذات يوم لبنتز (خصمه) رأيه في نيوتن؟ فقال: إن كل ما أنتجه العقل البشري منذ بزوغه إلى اليوم من الفنون الرياضية وأساليبها لا يساوي ما أنتجه نيوتن.

وكان كبار العلماء من معاصريه مثل هوك وهالي وبويل في إنكلترا، وهوجنس في هولاندا، وتورنلي في إيطاليا، وباسكال في فرنسا يشاركون الفيلسوف لبنتز الألماني عقيدته في عبقرية نيوتن.

وفي عصرنا قال تجايمس تجينز عنه: إنه أعظم العلماء على الإطلاق، وقال أينشطين: «إن ما جاء من النظريات العلمية الطبيعية بعده لم يكن إلا نموًّا طبيعيًّا لنظرياته.» ولذلك لم ينقض أينشطين رأي نيوتن في الجاذبية كما ظنَّ البعض، بل هو زاد على تلك الدوحة غصنًا، كما أنه لم ينقض هندسة إقليدس بل زاد مداها.

---

[1] سترى تفسير ذلك في [الفصل الثاني: القوة القصوى – سر الدوران، القوتان المتعامدتان].

الفصل الثاني

القوة القصوى

(١) البديهيات

متى شرع الطفل يستوعب شيئًا من الأحداث التي تطرأ عليه يشرع أيضًا يسأل عن أسباب بعضها مما يراه مستجدًّا أو مغايرًا لما تكرَّر له وألِفه، يسأل مثلًا: لماذا لا يخطف الكلب الجبن عن المائدة، وهو يعهد الكلب يأكل الجبنة إذا رآها على الأرض؟ ولماذا ليس له وشم في يده كما في يد آخر رآه لأول مرة، وهو يظن أن الوشم خلقة في اليد؟ أو لماذا ليس لأبيه أسنان من ذهب كما لجاره؟ ونحو ذلك؛ أعني أنه منذ يسعى يشرع يظن أن لكل شيء سببًا؛ ولهذا تكثر على الطفل الأسئلة كما هو معلوم.

ولكنه لا يسأل البتة لماذا تطلع الشمس كل صباح من وراء أفق الشرق وتغرب وراء أفق الغرب؟ ولا يسأل لماذا لا يستطيع أن يرفع حجرًا كبيرًا وهو يستطيع أن يرفع حصاة؟ ولا يسأل لماذا العصفور يطير وهو لا يطير؟

إن ما وعى له أولًا وهو يراه كل يوم لا يسأل عن سبب له لاعتقاده أنه أمر طبيعي، فكأنه بديهي عنده، وأما ما يستجدُّ لإدراكه وشعوره يود أن يعرف له سببًا.

ما أكثر البديهيات عند الطفل! فطلوع الشمس وغيابها وإحراق النار وألمه، والجوع والعطش والنعاس إلى غير ذلك مما لا يُحْصَى كلها بديهيات عند الطفل، ولكن عند الناضجين ولا سيما المثقفين، فلكل هذه أسباب أو لا بدَّ من تعليلها وتفسيرها وتبيان علل لها، حتى لطلوع الشمس كل صباح وغيابها كل مساء أسباب كما هو معلوم مهما تراءيا بديهتين.

وقد تطوَّع بعضهم إلى إنكار كل بديهية حتى البديهيات الرياضية كقولك: «الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين.» و«الخطان المتوازيان لا يلتقيان.» و«العددان اللذان يساوي كل منهما عددًا ثالثًا هما متساويان.» والحقيقة أن هذه الأوليات ليست بديهيات، وإنما هي تعريفات. فإذا قلنا: الخط المستقيم هو أقرب مسافة بين نقطتين عنينا أن الناس اصطلحوا على تسمية أقرب مسافة بين نقطتين بالخط المستقيم، فكأن الكلمة وتفسيرها مترادفان، وكذلك سموا الخطين اللذين كيفما امتدَّا على سطح واحد لا يلتقيان خطين متوازيين، وقضية الخطوط أو الكميات الثلاثة المتساوية كل منهما يساوي كلًّا من الخطين

الآخرين أو الكميَّتين الأخريين هي تحصيل حاصل، كما أن الأربعة تساوي ٢ و٢ هي تحصيل حاصل والنكتة في التعبير.

ومعنى ذلك أنه ليس ثمة شيء بديهي بالمعنى الذي نقصده، العقل لا يعرف شيئًا بالبديهة كما نظن، وإنما يعرفه بتكرار الملاحظة حتى يعتقد أنه شيء طبيعي لا يحتاج إلى برهان فسماه «بديهية». ولا شيء أشد بداهةً من قولك: لا يوجد شيء في مكانين في وقت واحد معًا، ولكن بحسب ناموس النسبية هذا ممكن لشخصين راصدين في مكانين مختلفين.

وإذا سألت العامي: لماذا المياه تجري من أعالي الجبال إلى أسافل الأودية ثم إلى البحر؟ دُهش لسؤالك هذا وقال: «ويك! أتريد أن تصعد المياه من الأسافل إلى الأعالي؟»

تقول له: «لِمَ لا؟»

يزداد دهشةً واستغرابًا ويقول: «هذا مستحيل.»

– «قل لي: لماذا هو مستحيل؟ ماذا يمنع أن تصعد المياه من الأسافل إلى الأعالي؟ ماذا يُرغمها أن تنزل ولا تصعد؟»

حتى إذا تحيَّر ولم يحر جوابًا لجأ إلى ما وراء الطبيعة وقال: «هكذا خلقها الله، خلقها تنزل ولا تصعد.»

وإذا سألته: لماذا تسقط التفاحة عن الشجرة إذا تقادم نضجها؟ لماذا لا ترتفع في الفضاء؟ استجنَّك لهذا السؤال؛ لأنه لا يرى سببًا لهذا الشيء المألوف عند جميع العقول منذ آدم إلى اليوم، وهو أن الأشياء تسقط إلى تحت ولا ترتفع إلى فوق من تلقاء نفسها، أو إذا لم تُقْذَف قذفًا بقوة، وأخيرًا مصيرها أن تهبط إلى تحت، هذا أمرٌ بديهيٌّ عنده، كما أن طلوع الشمس صباح غد، وموج البحر ... إلخ، كل هذا بديهيات عنده.

ولكن نيوتن لم يسلِّم أن سقوط التفاحة شيء بديهي، بل قدَّر له سببًا، وجعل يفكر في السبب، وعبرت القرون على الكرة الأرضية والعقول حتى الفلسفية منها تعتقد أن سقوط التفاحة وانحدار الماء وغير ذلك من أشكال السقوط إنما هي أحداث طبيعية؛ أي هي من سجايا الوجود، ولا سبب لها ولا تحتاج إلى برهان، فقال: هذه بديهية.

لم يخطر لأحد أن يبحث عن هذا السر العجيب الغامض، ولكن نيوتن لم يقتنع بهذه البداهة، فرام أن يفهم لماذا سقطت التفاحة أمام نظره من تلقاء نفسها ولم ترتفع إلى فوق؟ ففكر كل حياته ومات وهو لم يفهم ذلك السر، ولا فهمه أحدٌ آخر إلى الآن، وإنما خمَّنوه تخمينًا؛ ولذلك اضطرَّ العقل البشري أن

يرضخ لحكمة الطبيعة الغامضة ويقول: ليس هناك سر، فما ذلك إلا إرادة الطبيعة، كذا أرادت الطبيعة وكذا يكون، واللاهوتي يقول: هناك يد الله تعمل.

على أن نيوتن إذا لم يعرف ذلك السر العميق الخفي، فقد عرف بتفكيره البعيد الغور ناموس ذلك السر ومقتضياته، وحسبه هذه المعرفة وكفى.

اكتشف أن لذلك السقوط سُنَّة سرمدية نظامية رياضية، وظهر بعدئذٍ للعلماء أن جميع سنن الطبيعة رياضية، كأن الطبيعة نفسها أستاذ رياضي، أو بالأحرى إن الله تعالى الباريها عالم رياضي أعلى، وقد برأ الكون كله على قواعد رياضية، وكذلك لسقوط الأجسام من أعلى إلى أسفل ناموس طبيعي رياضي، وهو ما جعل نيوتن يفكر ويبحث عن هذا الناموس.

(٢) اكتشاف نيوتن السر

ولما كان نيوتن قد علم من كتابات كوبرنيكس وبعض أسلافه من العلماء أن الأرض كرة تدور حول نفسها، وتطوف حول الشمس في مدار (فلك) واسع؛ أدرك أن الأجسام تسقط في اتجاه واحد نحو المركز، فخمَّن أن في مركز الأرض قوة غير منظورة تجذب الأجسام نحو المركز.

لما رأى نيوتن أن التفاحة أو أية مادة أخرى أينما كانت فوق سطح الأرض تسقط سقوطًا سمتيًّا إلى الأرض — أي إنها تتجه حتمًا إلى مركز الأرض — تنبَّه إلى أن هذه القوة الجاذبة نحو المركز منشرة في جميع الجهات بالتساوي؛ يؤيد ذلك ما علمه من ناموس الأجسام الساقطة الذي اكتشفه جاليليو [١] أن الجسم كلما تقدَّم نحو المركز كان أسرع هبوطًا.

(انظر تفسيره في الملحق في آخر الكتاب.)

وعلم نيوتن ورأى أن هذه القوة تشتد كلما قرب الجسم الساقط إلى المركز، فهي إذن في أشدها عند المركز وأضعفها كلما ابتعدت عن المركز، ولكن على أي حساب تقوى وتضعف؟ أو ما هي قاعدة استقوائها وضعفها؟

وكان طيخو براهي قد سجَّل لعدة سنين مدارات (أفلاك) السيارات التي كانت معروفة لعهده مستعينًا بالمقراب (التلسكوب) الذي اخترعه جاليليو، ثم جاء بعده كبلر ودرس أرصاد طيخو براهي هذه درسًا دقيقًا، فلاحظ أن هذه السيارات لا تسير في الفضاء اعتباطًا بلا نظام، بل هي تسير في دوائر على أبعاد مقررة من الشمس، وليست مداراتها مستديرة تمام الاستدارة، بل هي إهليلجية الشكل قليلًا، والشمس في

أحد محترقي الإهليلج، ولاحظ أيضًا أن سرعاتها متناسبة وبالتالي مدات دورانها متناسبة أيضًا بالنسبة إلى أبعادها عن الشمس، فاكتشف لحركاتها ثلاثة نواميس ثابتة لا تتغير:

(١) جميع أفلاك السيارات إهليلجية كثيرًا أو قليلًا (الفلك هو المدار الذي يدور فيه السيَّار حول الشمس، والإهليلجي منه هو البيضي الشكل أي دائرة مستطيلة Oval).

(٢) خط القوة Radius fector في كل سيَّار يمسح في أوقات متساوية مساحات متساوية (خط القوة هو الخط الوهمي الممتد من مركز الشمس إلى السيَّار يطول أو يقصر حسب ابتعاد السيَّار عن الشمس أو قربه منها في فلكه الإهليلجي).

(٣) نسبة مربع المدة التي يقضيها السيار الواحد إلى مكعب بُعْده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيار آخر إلى مكعب بُعْده. [٢]

(٣) الناموس أو القانون

ثم جاء نيوتن فدرس ملاحظات كل من كوبرنيكس وجاليليو وطيخو براهي وكبلر درسًا دقيقًا؛ فاستنتج منها ناموس القوة التي تجذب الأجسام نحو المركز، إذ ثبت له أن مركز الشمس يفعل في السيارات التي حولها كما يفعل مركز الأرض في القمر وفي الأجسام التي عليها، أما ما هي هذه القوة الفاعلة فلم يَدرِ، وإنما دَرَى أن هناك قوة، وأن لها نظامًا رياضيًّا، فسماها جاذبية واستخرج نظامها الرياضي، وهو الناموس الذي نحن بصدده:

إن القوة التي تجذب الأجرام أو الأجسام نحو المركز تنقص كمربع البُعْد عن المركز.

مثال ذلك: إن كان الجِرْم المنجذب نحو المركز على بُعْد مقياس واحد (قل ميلًا أو فرسخًا أو ما شئت) يزن ١/٢٠ وزنة (واحسب الوزنة رطلًا أو طنًّا أو ألف طن كما تشاء)، فعلى بُعْد مقياسين يزن ٤/٢٠، وعلى بُعْد ٣ مقاييس ٩/٢٠، وعلى بُعْد ٤ مقاييس يزن ١٦/٢٠، وعلى بُعْد ٥ يزن ٢٥/٢٠ وهلمَّ جَرًّا.

هذا هو ناموس الجاذبية [٣] الذي اكتشفه نيوتن، ورأى أنه يصدق على جميع حركات السيَّارات وأقمارها، فالسيَّارات كلها تدور من حول الشمس بحسب هذه السُّنَّة، والقمر يدور من حول الأرض حسب هذه السُّنَّة أيضًا.

(وسترى تتمة الناموس في الفصل الثالث.)

وأخيرًا رأى علماء الفلك الطبيعي Astrophysics أن جميع الأجرام أفرادًا وجماعات تجري في الفضاء في أفلاك (مدارات) حول مراكز معينة حسب هذه السُّنَّة أيضًا.

وفي يقين العلماء الآن أن سُنَّة الجاذبية هي سُنَّة تحرك الأكوان على الإطلاق.

(٤) سر الدوران

وهنا لا بدَّ من أن يعترض القارئ اعتراضًا وجيهًا قائلًا: إن دوران القمر من حول الأرض ودوران الأرض وسائر السيَّارات من حول الشمس، ودوران مجموعات الأجرام من حول مراكزها، ودوران الأكوان العظمى من حول مركزها الواحد، [٤] جميع هذه الدورانات ليست كسقوط التفاحة على الأرض، ولا كانحدار المياه من الأعالي إلى الأسافل، ولا كتساقط الشهب إلى غير ذلك. تلك الأجرام تدور من حول مراكزها والتفاحة تهبط إلى جهة المركز حيث تستقر على السطح الذي يحول دونها ودون المركز، فكيف يطبق ناموس سقوط الأجسام على دوران الأجرام في أفلاك؟ ليس بين نوعَي الحركة المذكورَين من تماثل أو تشابه، حتى يصدق عليهما ناموس واحد. [٥]

هذا هو الظاهر في الحقيقة، ولكن لا بد له من تفسير يتضح منه أن نوعَي الحركة المذكورين يخضعان لناموس واحد، الأمر الذي انتبه له نيوتن جيدًا، وهو يدلك على سمو عقل هذا الذي لا تكفي لوصفه كلمة عبقري.

إن حركة الدوران حول المركز نتيجة فعل قوتين متعامدتين: الأولى اندفاع الجِرْم في الفضاء بقوة خاصة (سنُفْرد لها نبذة خاصة بعد أن نفرغ من هذا التفسير الذي نحن بصدده، النبذة الخامسة التالية)، والثانية جذب المركز له بقوة جاذبية نيوتن، نسميها «جاذبية نيوتن» تمييزًا لها عن أية قوة أخرى محرِّكة كما سيتضح فيما بعد.

لو كان الجِرْم يندفع في الفضاء بقوة واحدة فقط لكان يندفع في خط مستقيم، هذا أمر بديهي إذا شئت أن تعتقد في البداهة، وإلا فعليك بالاختبار، وإذا كان لا يسير في خط مستقيم فلأي ناحية يميل؟ وما الذي يميله؟ ليس له طريق طبيعي إلا الطريق الذي يندفع فيه وهو الطريق المستقيم.

ولكن إذا طرأت عليه قوة أخرى في خط اندفاعه زادت سرعة اندفاعه في خط سيره، وإذا طرأت عليه في خط معاكس لخط اندفاعه ردَّته إلى الوراء إن كانت أقوى من القوة التي دفعته أولًا، أو إذا كانت أضعف ارتدَّت هي ولكنها تنقص من سرعته بقدرها، ولكن إذا طرأت عليه قوة في خط معارض لخط اتجاهه حوَّلت اتجاهه إلى اتجاه آخر بين اتجاه القوتين معًا كما هو واضح في كتب الطبيعيات ويعلمه جميع طلبتها.

فإذا قذفت أية قذيفة في الفضاء بقوة يد أو قوة منجنيق أو قوة مدفع، وكان الجو خاليًا من الهواء الذي يقاومها وجب أن تنطلق في الفضاء في خط مستقيم إلى ما لا نهاية له، لولا أن قوة جاذبية الأرض تعترض خط اندفاع القذيفة فتستميله نحوها، وحينئذٍ تتجه القذيفة في خط ثالث هو نتيجة خطَّي القوة المتعارضين وفقًا للقاعدة التي ذكرناها آنفًا.

ولما كانت قوة الجاذبية نحو المركز أقوى، فلا بدَّ من أن تسير القذيفة إلى مركز الأرض، فنرى خط سيرها ينحني إلى أن تسقط على سطح الأرض أخيرًا، ولو كانت الأرض غازية لطيفة رقيقة المادة لانحدرت القذيفة الثقيلة إلى مركز الأرض.

ما انحنت القذيفة في سيرها إلا لأن قوة الجاذبية نحو مركز الأرض أقوى من القوة التي دفعتها إلى الفضاء.

لو كانت القوة التي دفعتها في الفضاء في خط أفقي فوق طبقة الهواء تستطيع أن تقذفها بسرعة ٤ أميال وتسعة أعشار الميل في الثانية لما سقطت هذه القذيفة إلى الأرض بتاتًا، بل لبقيت تدور حول الأرض كقمر صغير حولها إلى أبد بعيد جدًّا؛ لأن القوة التي دفعتها في تلك المنطقة حول مركز الأرض تعادل قوة جاذبية مركز الأرض لها [٦] في تلك المنطقة، أي إن القوتين متعادلتين فتسير القذيفة في خط متوسط بين خطَّي القوتين، وهو بينهما عند ٤٥ درجة لكل منهما كما هو معلوم للرياضي الطبيعي (انظر قانون المسارعة في الملحق الثاني).

(٥) القوتان المتعامدتان

وهنا يبدر إلى ذهن القارئ هذا السؤال:

فهمنا أن القوة التي كانت تستميل القذيفة نحو المركز بحيث تسير في خطٍّ منحنٍ هي قوة جاذبية مركز الأرض، وكذلك هي نفس القوة التي تحني خطوط جميع السيارات من حول الشمس فهمنا ذلك، ولكن ما هي القوة الأخرى التي قذفت بالقمر وبالسيارات أولًا فاندفعت في الفضاء ثم لاقتها قوة الجاذبية فاستمالتها وحنت خطوط اندفاعها؟

هذا سؤال وجيه أيضًا، وله تفسير لا نقول: إنه بسيط، ولكن يمكننا أن نقول: إنه تفسير بديع.

هذا البحث يردنا إلى أولًا كيفية انبثاق السيارات من الشمس، وانبثاق القمر من الأرض، بل يردنا ثانيًا إلى كيفية تكوُّن الأجرام، وهذا نرجئه إلى الفصلين الثامن والتاسع، وأما انبثاق السيارات والأقمار فهو انتشار هذه الأجرام الصغيرة من أمهاتها بأسباب اختلف عليها فقهاء الفلك، ونحن نعبأ بأحدثها

وأصوبها وهو ما شرحه العلّامة الكبير السير تجايمس تجينز، ولا محل لشرحه هنا بالإسهاب وإنما نشير إلى مجمل النظرية.

وهو أن الأجرام تتجاذب فيما بينهما بحكم سُنَّة الجاذبية، فإذا تقارب جِرْمنا في سيرهما وهما في الحال الغازية؛ ارتفعت من سطوحهما أكوام بفعل الجذب كما ترتفع مياه البحر عندنا بفعل جاذبية القمر، فيُحْدِث ذلك على الشاطئ جَزرًا ثم مَدًّا بعد ابتعاد القمر، هذا نفس ما حدث للشمس حين اتفق اقترابها من جِرْم آخر، فكلاهما فعل في الآخر مثل ما يفعل القمر في بحار الأرض، والأكبر يفعل بالأصغر أكثر مما يفعل هذا به.

سلَّ ذلك الجِرْم من جِرْم الشمس كومة عظيمة تفتتت بعد تباعد الجِرْمين — الشمس والجِرْم الآخر الأكبر — وكان الفتات هذه السيارات.

وعلى هذا النمط وُلِد القمر من الأرض.

إن بيان ميلاد السيارات والأقمار ليس الجواب المباشر لسؤال القارئ الآنف الذكر، بل هو توطئة له.

إذا كنت ملمًّا بشيء من علم الفلك، فإنك تعلم أن جِرْم الشمس ككل جِرْم يدور على محوره، ويتم الدورة كل ٢٤٫٦٥ يومًا تقريبًا، وإذا علمت أن محيط الشمس الاستوائي — أي محيط منطقتها الوسطى — نحو ٢٧١٥٧٤٣ ميلًا تقريبًا علمت أن سرعة ذلك المحيط نحو ٠٫٩٣ من الميل في الثانية، في حين أن سرعة محيط الأرض أقل من ثلث ميل في الثانية.

وندرك حينئذٍ أن الكتل التي تنتثر منها تنتفض بمثل هذه السرعة أو سرعة فائقة على كل حال، ولكنها تتقذف بنفس اتجاه الدوران؛ لأنه معلوم طبيعيًّا بالملاحظة والاستقراء (وبالبديهة إذا شئت) أن الجسم يأخذ دائمًا نفس حركة الجسم الذي انفصل عنه ونفس سرعته.

إن جميع الأجرام تدور كالشمس على محاورها في اتجاه واحد على الإطلاق، ثم إنها تسير دائرة من حول مركز عام لها في نفس ذلك الاتجاه كأنها موكب حافل عظيم يطوف في الفضاء من حول ذلك المركز العام بسبب سُنَّة الدوران أيضًا.[٧]

الجِرْم الذي مرَّ بمقربة من الشمس أو هي مرَّت بمقربة منه وهو أضخم منها جدًّا كان يجذب كتلة الشمس كما تقدَّم القول في نفس اتجاه دوران الشمس على محورها واتجاه مسيرها، واتجاه سيره هو أيضًا في اتجاه واحد، فاتخذت تلك الكتل المنتثرة من الشمس بفعل ذلك الجِرْم الغليظ الذي كان والشمس يتقاربان وهما في اتجاه واحد أيضًا، ولكن أحدهما أسرع من الآخر، اتخذت تلك الكتل اتجاهًا أفقيًّا بالنسبة إلى الشمس، فكان ذلك الاتجاه هو الخط المعامد أو المعارض لخط قوة جاذبية الأرض.

ولما تباعد ذلك الجِرْم والشمس بقيت تلك الكتل السيارة تجري في الفضاء بعيدة عن سطح الشمس، ولكنها لم تستطع أن تشرد في الفضاء؛ لأن قوة جاذبية الشمس كانت لا تزال تكبحها وتمنع شرودها، ولا سيما لأن ذلك الجِرْم شرع يفارقها وتناقصت قوة جذبه لها وضعفت جدًّا.

ولا يخفى عليك أن مثل ذلك حدث في الجِرْم الذي سطا على الشمس وارتفعت منه كتل، ولكنها لم ترتفع أكثر مما يرتفع الماء عندنا في حالة المد؛ لأنه أكبر من الشمس جدًّا، فلا تؤثر الشمس فيه أكثر مما يؤثر القمر على أرضنا.

وهنا ملاحظة أخرى لا بد من انتباه القارئ لها وهي أن الشمس كانت أكبر حجمًا منها الآن، وكانت ألطف كثافة وكانت سرعة دورانها المحورية أشد، فالأجرام المنتثرة منها أخذت تلك السرعة القديمة.

ذلك هو مصدر «القوة الخاصة» التي أشرنا إليها في [الفصل الثاني: القوة القصوى – سر الدوران] القوة التي كانت تدفع الكتلة المشتقة في خط معارض لخط جاذبية الشمس الذي كان يحنيه، هذه هي القوة التي تعاونت مع قوة جاذبية المركز في إلزام السيارات أن تدور حول الشمس.

فترى أن مصدر القوتين واحد، الجاذبية جاذبيتان من جِرْمين مختلفين حجمًا وسرعةً تعاونتا في إحراج جِرْم أن يدور حول مركز.

ثم هناك نتيجة أخرى لانسلاخ كتل من جِرْم وبقائها تطوف من حوله كما حدث في انسلاخ السيارات من الشمس، وهذه النتيجة هي أن الكتلة المنسلخة من الجِرْم (الشمس مثلًا) تكتسب منها حركة الدوران على محورها؛ إذ هو معلوم أن جميع كتل الشمس في بدنها في ثورات دورانية عنيفة تتقلَّب ملتفَّة حول أنفسها، فإذا أفلتت من الشمس بقيت لها هذه الحركة الالتفافية؛ ولهذا ترى أن السيارات كلها تدور على محاورها، حتى القمر الذي لا يرينا إلا وجهًا واحدًا منه يتم في الفضاء دورة واحدة على محوره كلما أتمَّ دورة من حول الأرض؛ أي كل شهر قمري.

يكفي ما تقدَّم بيانًا لتسبيب الجاذبية حركة الدوران من حول المركز ومن حول المحور، وقد ظهر منه بوضوح أن التفاحة الساقطة على سطح الأرض لم تدُرْ حول الأرض كالسيار؛ لأنه ليس ثمة قوة أخرى معامدة لخط قوة الجاذبية كافية لكي تحرجها إلى الدوران، وكذلك القذيفة التي قذفتها اليد أو البندقية أو المدفع، فإنها سقطت أخيرًا على سطح الأرض؛ لأن القوة القاذفة لم تكن مكافئة لقوة الجاذبية لكي تمنحها حركة الدوران.

بقي بحث خطير الشأن في تعميم سُنَّة الجاذبية على كل جِرْم وكل جماعة أجرام، وكل جزء من أجزاء الجِرْم وكل ذرة من ذراته وذريراته، وسنُفْرد له فصلًا خاصًّا فيما يلي.

[١] مات جاليليو يوم وُلِد نيوتن، وكأن علم الفلك شرع يتعرَّى من علم التنجيم، ويتسلسل سليمًا نقيًّا منذ عهد كوبرنيكس فكبلر فجاليليو فنيوتن ... إلخ.

[٢] ترى شرح هذا في الملحق الرابع.

[٣] انظر شرحه في الملحق الثالث في آخر الكتاب.

[٤] الكون مجموعة مجرَّات كمجرَّتنا المُسماة درب التبان، وكلها تدور من حول مركز واحد، ويقال إن عددها نحو مليونَي مجرَّة.

[٥] انظر الملحق الثاني، قانون المسارعة الدورانية.

[٦] البرهان في الملحق السادس في آخر الكتاب.

[٧] بعض أقمار السيارات تدور في اتجاه مخالف للاتجاه العام، وإلى الآن لم يعلل الفلكيون هذا الشذوذ تعليلًا مقنعًا.

الفصل الثالث

شمول ناموس الجاذبية

(١) تجاذب الكتل

أشرنا فيما سبق إلى أن ناموس الجاذبية الذي ذكرناه لنيوتن ليس إلا إجمالًا للناموس، فهو غير كامل كما ضبطه نيوتن، وقد أشرنا إلى ذلك في [الناموس أو القانون] من الفصل السابق، وقد ضبطه نيوتن هكذا:

«كل ذرة من كل جِرْم تجذب كل ذرة من ذرات الجِرْم الآخر بنسبة مربع البُعْد بينهما بالقلب.» يعني أن الأرض والشمس تتجاذبان بحاصل ضرب عدد ذرات كل منهما بعدد ذرَّات الآخر بنسبة مربع البُعْد بينهما هكذا:

الجاذبية = (الأرض × بالشمس)/مربع المسافة بينهما، وبعبارة رمزية:

ج = (ض × ش)/م^{٢} باعتبار أن ج رمز الجاذبية، وض رمز الأرض، وأن ش رمز الشمس، وم رمز المسافة.

وستتضح هذه المعادلة البسيطة جيدًا في الملحق الثالث قسم ثانٍ في آخر الكتاب.

إن تجاذب الأجرام هو بالحقيقة تجاذب ذراتها من جِرْم إلى جِرْم بنسبة مربع البُعْد بينهما، ولا يخفى عليك أن الثقل هو عبارة مرادفة للجذب، وبالتالي هو مقدار الجذب نفسه، فثقل القنطار مثلًا على الأرض هو مقدار جذب ذرات الأرض لذرَّات القنطار بنسبة بُعْد مركز الأرض، وإذا روعيت كتلة كلٍّ من القمر والأرض ونصف قطر كل منهما كان القنطار على سطح القمر يزن ٦ قناطير على الأرض.

ومن حيث البُعْد عن المركز ترى أن الجسم يزن بالميزان الحلزوني على قمة الجبل أقل مما يزن على شاطئ البحر؛ لأن هذا أقرب من ذاك إلى مركز الأرض.

(٢) توازن الأجرام حول المركز

وهو معلوم في علم الطبيعيات أن الجسم مهما اختلف شكله الهندسي واختلفت كثافة كتلته ولطافتها، فلا بد من أن يكون له مركز تتوازن جميع أجزائه من حوله، ويسمى هذا المركز «مركز الثقل»، مثال ذلك: إذا كان عندك علبة مستطيلة من خشب، وقد طوَّقت بعض حدودها بالحديد ووضعت في جانب منها رصاصًا وملأت باقي فراغها بالورق والقطن، فلا بد أن تكون في ناحية منها نقطة تتوازن من حولها جميع أجزائها ومحتوياتها حتى إذا علقت بحبل في تلك النقطة المركزية كانت متوازنة فلا تميل إلى جانب دون آخر، هذه النقطة المذكورة هي مركز الثقل.

والقمر والأرض باعتبار أنهما جِرْمان متلازمان كجِرْم واحد ومتجاذبان، فمركز الأرض يختلف باختلاف موقع القمر من الأرض، ويكون دائمًا أقرب إلى ناحية القمر وأبعد عن المركز الأصلي؛ لأنه هو المركز المشترك بينهما.

كذلك المركز المشترك للشمس وسياراتها يتغير كل دقيقة بحسب تغير مواقع السيارات من حولها؛ لأنها وسياراتها تعتبر كجِرْم واحد وتشترك جميعًا بمركز ثقل واحد.

وإذا اتفق في دهر من الأدهار أن جميع السيارات كانت في خط واحد من ناحية واحدة من نواحي الشمس، أصبح مركز الثقل في الشمس أبعد عن مركزها الأصلي عدة أميال، ثم يعود فيقترب إلى المركز الأصلي تدريجيًّا كلما تشتتت السيارات من حول الشمس، وفي نفس ذلك الوقت تتغير مراكز السيارات أنفسها أيضًا حسب نسبة مواقعها بعضها إلى بعض وإلى الشمس.

(٣) تفاعل القوى الجاذبة

وتقارُب السيارات بعضها من بعض يقوِّي التجاذب بينها، وقد يقاوم جاذبية الشمس مقاومة زهيدة، فتتغيَّر سرعتها بسبب هذا التجاذب كما لاحظ الفلكيون ذلك جيدًا.

ولهذا السبب كان السيَّار أورانوس في بعض الأزمان يختلف ميقاته وتختلف أيضًا سعة فلكه (أي مداره) وموضعه، فدرس هذا الاختلاف بعض الفلكيين وبينهم ليمونيه درسًا دقيقًا طويلًا إلى أن قرَّر هذا أن هناك سيَّارًا آخر يؤثر عليه فضلًا عن تأثير زُحَل جاره، وما لبثت المراصد أن اكتشفت السيَّار نبتون بحسب نبوءات ليمونيه وزملائه.

وبمثل هذا السبب وهذه الملاحظات الرصدية حُكِم بوجود السيَّار بلوتو الأخير، ثم اكتُشِف كما تُنُبِّئ به، وكان المتنبئون يعوِّلون في تنبؤاتهم على تأثير الجاذبية في الأجرام المتقاربة والمتباعدة، وحساباتهم الدقيقة كانت تكشف ليس عن مواقع السيَّار المتنبَّأ به فقط، بل عن بعض خواصه أيضًا كمقدار كتلته وحجمه وكثافته ... إلخ.

وحاصل القول: أن اكتشاف نيوتن لناموس الجاذبية مهَّد الطريق لاكتشافات علمية عديدة فلكية وغير فلكية، وأثبت أن كل حركة في الكون إنما هي تتجه بقوة الجاذبية.

الجاذبية قوة القوى، القوة القصوى.

الفصل الرابع

مصدر القوى

(١) ظاهرات الجاذبية

الجاذبية مصدر كل قوة في الوجود على الإطلاق، ولإيضاح ذلك نشرح ظاهرات القوى العاملة على الأرض.

نأخذ أبسط هذه الظاهرات أولًا.

أقدم ما عرفنا من الآلات لاستخدام المياه المنحدرة المطاحن أو الطواحين المائية التي يُدار فيها حجر الرحى بقوة المياه المنحدرة من علٍ في شبه بئر يجري إليها الماء، ثم يندفع من كوَّة في أسفلها بزخم شديد مساوٍ لارتفاع البئر أي عمقها، فتصدم المياه أضلاع دولاب موضوع وضعًا دقيقًا ومحوره متصل في غرفة الطحن بحجر الرحى فوقه، فيدور هذا الدولاب ويدور به حجر الرحى على حجر آخر ثابت، ويرسل القمح من ثقب كبير في الحجر الأعلى ما بين الحجرين فتُسْحَق الحِنْطة بينهما.

أما الدولاب الذي نحن بصدده فهو قرمة غليظة من الخشب مستديرة غُرِزَت في محيطها الأضلاع التي أشرنا إليها آنفًا على أبعاد متساوية متقاربة، وعرضها مائل نحو ٣٠ درجة على الأفق والمحور العمودي المار بالقرمة والمثبت فيها مركَّز على حفرة صغيرة مستديرة مقعَّرة لكي يدور عليها، حتى إذا تدفَّقت المياه على الضلع الواحدة دفعتها فحلَّت محلها الضلع التي وراءها فيدفعها الماء فتأتي التي وراءها إلى محلها، وهكذا دواليك فيدور الدولاب ويدور به حجر الرحى.

هذه أقدم عملية آلية تتحرَّك بقوة اندفاع الماء، ولا نعلم متى اختُرِعَت، ولا مَنِ اخترعها؟ وكيف تنبَّه لها القدماء وأدركوا أن للمياه المنحدرة قوة يمكن استخدامها والانتفاع بها.

على نفس هذا المبدأ تُستخدم الآن المياه المنحدرة لإدارة الدينمو لتوليد الكهرباء، وأظن أن أول ما استعملت المياه المنحدرة لهذا الغرض بقوة كبيرة كان في شلالات نياغرا في أميركا، حيث تولد قوة نصف مليون حصان، والآن قد شاع هذا النمط لتوليد القوة في كل بلد في أميركا وأوروبا حتى في لبنان أيضًا.

فكأن قوة الماء المنحدر قد تحوَّلت إلى قوة كهربائية كما لا يخفى، وهذه القوة تمتاز على القوة المائية بإمكان نقلها إلى مسافات بعيدة بواسطة الأسلاك، وإمكان توزيعها بمقادير مختلفة حسب مشيئة الإنسان، واستعمالها لإدارة الآلات المختلفة الأغراض، وتحويلها إلى نور وحرارة وإلى أمواج كهرطيسية كأمواج الراديو مثلًا، وإلى أغراض أخرى عديدة.

فمن أين هذه القوة التي في المياه المنحدرة، وقد أدارت حجر الرحى والدينمو (المحرك الكهربائي)؟

هي ثقل الماء الهابط، والثقل معادل للكتلة الهابطة، وسبب الثقل هو جذب كتلة الأرض للماء نحو مركزها، الماء هابط بفعل الجاذبية، إذن فالذي يدير الرحى هو الجاذبية، والذي يدير الدينمو هي — أيضًا بفعل الماء الهابط — الجاذبية.

ومن أين جاءت المياه المنحدرة؟

من المطر الذي يسقط من الجو ويتغلغل في أتربة الجبال وشقوق صخورها، والثلج الذي يهبط من الجو في الشتاء ثم يذوب في الصيف وينحدر بفعل الجاذبية.

ومن أين ماء المطر والثلج؟

من بخار الماء الذي كان أخف من الهواء فتصاعد في الجلد ثم برد هواء الجلد فتقلص وانعصر ماء البخار منه فهبط مطرًا أو ثلجًا، فالبخار كان وهو يتصاعد يعاكس فعل الجاذبية؛ لأن الهواء أثقل منه فيرسب، فلما برد ثقل وهبط فكأنه كان بصعوده يختزن قوة الجاذبية، فلما هبط ردَّ قوة الجاذبية التي كان يختزنها.

وما الذي بخَّر الماء؟

حرارة الشمس، فكأنها فعلت فعلًا مضادًّا لفعل الجاذبية الأرضية، وخزَّنت بالبخار هذه القوة، وسترى أن الحرارة فعل جاذبي أيضًا.

قد يقول القارئ: هناك دينمو يدور بقوة الآلة البخارية، وحجر الرحى يمكن أن يدور بقوة البخار، وكثير من الآلات تدور بها أيضًا، فمن أين قوة البخار هذه التي تدير الآلات؟

هو معلوم أن قوة الآلة البخارية ناتجة من تمدُّد البخار المائي، وهذا التمدد ناجم عن الحرارة التي تبعد الذرات بعضها عن بعض، والصادرة من إحراق الفحم والحطب والبترول أو أي شيء يحترق، والحرارة حركة نشطت من الإشعاع الشمسي والحركة حاملة قوة، فالحرارة إذن قوة أيضًا.

ومن أين جاءت الحرارة للفحم حين كان يحترق مع أنه كان باردًا قبل الاحتراق؟

كان الفحم وسواه نباتًا في الأصل، والنبات نبت ونما بفعل حرارة الشمس ونورها، فبينما هو ينمو كانت الحرارة تُخزَّن فيه، أي الحركة كمنت، فلما أُحْرِق اتحد الأكسجين مع ذرات الفحم وغيره مما يحترق، وأثار الحركة ثانية بصورة حرارة، فالحرارة قوة أيضًا.

ومن أين حرارة الشمس؟

حرارة الشمس ونورها أيضًا شكلان لا شعاع واحد يُسمى شعاعًا كهرطيسيًّا، أي كهربائيًّا مغنطيسيًّا، وهو تموُّج من صنف تموُّج الراديو، كهرطيسي.

وما هو مصدر التموُّج الكهرطيسي؟

(٢) تركب الذرة

هنا نرانا مضطرين أن نأتي باختصار وبكل بساطة على تركيب الذرة؛ أي الجوهر الفرد Atom لكي نتأثر مصدر الكهرطيسية، وهو بحث طويل جدًّا يستغرق مجلدًا فننوِّه به تنويهًا باختصار كلي.

الجوهر الفرد هو الجزء الأول للمادة؛ لأنه لا يتجزَّأ كيماويًّا، ولكن العلماء رأوا أخيرًا أنه يتجزَّأ كهربائيًّا، هو الجزء الذي تتألَّف منه أجسام المادة من حجر وماء وشجر ولحم، وإلى ما لا يُحْصَى مما يُرى من أشكال المادة، والجواهر الفردة — أي الذرات — ٩٢ صنفًا كيماويًّا تختلف باختلاف أعداد العنصرين أي الذريرتين اللتين تتألَّف منهما الذرة (الجوهر الفرد) وهما: الأُوَيل (البروتون) والكهيرب (الإلكترون).

نواة الذرة تؤلَّف من بروتونات مفردة في الهيدروجين ومتعددة فيما سواه إلى أن تبلغ ٩٢ بروتونًا في الأورانيوم جد الراديوم يصحبها ١٤٦ نيوترونًا، ولكل بروتون كهيرب يقابله دائرًا حول النواة في فلك كالسيَّار حول الشمس، والقوة التي تدير هذه الكهيربات من حول نفسها أولًا، ثم من حول النواة في أفلاك ثانيًا، هي نفس قوة الجاذبية التي تدير الأرض حول محورها ثم حول الشمس.

دورانات النواة والكهيربات على محاورها ودورانات الكهيربات من حول النواة كلها في اتجاه واحد كدورانات السيارات حول الشمس.

فالذرة صغيرة كالهيدروجين أو عظيمة كالأورانيوم تعتبر نظامًا جاذبيًّا قائمًا بذاته كالنظام الشمسي تمامًا.

وهنا أتخيلك تتعمَّق في التساؤل عن أصل هذه القوة العظمى، أمِّ القوى، أو عن مصدرها الأول، ما هو مصدر هذه القوة؟ — إذن يجب أن نتعمق في البحث عن أصل المادة — الهيولي — فإليك البيان:

(٣) الهيولي

الهيولي: أي ذرات المادة (الذرات الأصلية الأولى) هي أدق الذرات، هي أصغر من الكهيرب، إن ١٨٤٠ كهيربًا تساوي بروتونًا، والكهيرب إذا طُبِّق على البروتون انحلَّا بلمعة شعاع إلى فوتونات أي ضويئات.

ينحلُّ الكهيرب إلى عشرة آلاف فوتون، فالبروتون إذن ينحل إلى ١٨٤٠٠٠٠٠ فوتون.

والفوتون هو أدق أجزاء المادة، إلى الآن، لم يُعْرَف إن كان الفوتون مؤلَّفًا من أجزاء أدق، يعتبر الآن هو المادة الأولى: الهيولي.

وُجِدَت الهيولي أو الفوتونات أو خلقها الخالق، ولها ثلاث سجايا أو طباع أو خواص:

- (١) خاصية الامتداد الثلاثي: الطول والعرض والسُّمك.
- (٢) متحركة: تتحرك حركة دورانية على نفسها، دورة محورية وجميعها في اتجاه واحد.
- (٣) متجاذبة: يجذب بعضها بعضًا الأقرب فالأقرب، والأقرب أقوى من الآخر الأبعد بالنسبة لواحد آخر بينهما.

هذه خواص ذريرات المادة الأولى.

إذا لم تكن لها هذه الخواص الثلاث — ولا سيما الأولى — فماذا تكون؟ إذا لم تكن ذات امتداد فهي عدم وليس للحيِّز نفسه وجود، إن الذي أوجد المكان أوجد المادة فيه، ولولا وجودها لما كان للمكان وجود، تصور الفضاء خاليًا من المادة فهل تستطيع أن تتصور وجودًا ينعدم المكان بانعدام المادة التي تشغله؟ [١]

وإذا لم تكن متحركة فما هي موجودة أيضًا، تصور أجزاء المادة أو ذراتها أو ذريراتها أو فوتوناتها أو مجموعاتها ثابتة غير متحركة، تصورها هكذا، فما الفرق بينها وبين العدم؟ وكيف نحس بوجودها؟ بل قل لي كيف تتصور العدم؟ كيف تتصوره غير هذا الجمود المطلق؟ وإذا لم تكن ثمة حركة فكيف يكون ثمة زمان؟ الزمان مقياس الحركة.

وإذا لم تكن متجاذبة فكيف تتجمَّع في كتل وأجرام ... إلخ؟ تصورها غير متجاذبة، تبقى ساكنة في أماكنها وحينئذٍ تكون كالعدم أيضًا.

نذهب إلى أن لذريرات المادة الأولى هذه الخواص الثلاث الرئيسية؛ لأن علماء الفلك الطبيعي والرياضي تحققوا أن لجميع الأجرام دورانات محورية في اتجاه واحد، وأن مجموعات الأجرام تدور من حول مراكز لها في اتجاه واحد أيضًا.

وكذلك علماء الجوهر الفرد — أي الذرة — لاحظوا أن ذريراتها الكهيربات (إلكترونات) والبروتونات تدور على محاورها، وتلك تدور حول هذه في اتجاه واحد أيضًا، ودورانها خاضع لسُنَّة الجاذبية تمام الخضوع.

فمن هذه الملاحظات نستنتج أن جميع أجزاء المادة وجماعاتها من ذريرات وذرات وكتل وأجرام وجماعات أجرام سائرة في هذا الفضاء العظيم مواكب مختلفة وسرعات مختلفة بحسب البُعْد عن المركز، ولكنها كلها في اتجاه واحد، والعامل الوحيد في هذا السير هو الجاذبية، الجاذبية بين الذريرات وبين الذرات وبين جماعات الذرات وكتلها ... إلخ [٢] ...

وأخيرًا لك أن تقول إن كل حركة في هذا الكون الأعظم هي نتيجة قوة الجاذبية.

(٤) قاموس السرعة

فهمت مما تقدَّم أن الجاذبية قوة، والقوة تُحْدِث حركة، وللجسم المتحرك سرعة بمدة معينة، فمقدار السرعة إذن من فعل الجاذبية، وله ناموس مشتق من ناموس الجاذبية نفسه.

وقد علمت أن قوة الجذب تنقص كمربع البُعْد عن المركز، وكذلك مقدار السرعة ينقص بنسبة البُعْد عنه على هذه القاعدة، وهي نسبة مربع سرعة الجِرْم الواحد في الثانية إلى مربع سرعة الجِرْم الآخر كنسبة بُعْد الآخر إلى بُعْد الأول، وبعبارة رياضية أخرى أبسط:

مربع مقدار سرعة الواحد مضروب في مسافة بُعْده عن المركز تساوي مربع مقدار سرعة الآخر مضروبة في مسافة بُعْده عنه.

وقبل التمثيل على هذا القانون نلفت نظر القارئ إلى اصطلاح العلماء على الأقيسة في النظام الشمسي، فقد اتفقوا على جعل بُعْد الأرض عن الشمس — أي طول المسافة بينهما — مقياسًا للأبعاد أو المسافات الفلكية، فحسبوه مترًا فلكيًّا واحدًا (مع أنه ٩٣ مليون ميل أو ١٤٩,٤٥ مليون كيلومتر)، والأفضل أن نسميه «المقياس الفلكي».

فإذا قلنا: إن نصف قطر فلك المشتري ٥٫٢ مقياس فلكي عنينا أن متوسط بُعْد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُشْرَان كبُعْد الأرض.

(وكذلك سموا السنة الأرضية مقياسًا زمنيًّا لدوران السيارات حول الشمس.)

فبناءً على قانون السرعة المشار إليه إذا كانت سرعة الأرض في فلكه ١٨½ ميل بالثانية فيجب أن تكون سرعة المشتري ٨٫١ ميل في الثانية؛ لأننا إذا طبَّقنا هذه القاعدة على هذه النسبة كان لنا.

مربع سرعة الأرض ١٨½ ٢ × بعدها بالقياس الفلكي وهو واحد = مربع سرعة المشتري ٨٫١ ٢ × ٥٫٢ ′ بُعْده عن الشمس هكذا ١٨½ ٢ × ١ = ٨٫١ ٢ × ٥٫٢ امتحن ذلك.

(لبرهنة القانون انظر الملحق الخامس بآخر الكتاب.)

---

[١] تجد في كتابنا «هندسة الكون النسبية» فصلًا ضافيًّا بهذا المعنى تحت عنوان «الزمكان» (الزمان المكان).

[٢] تجد بحثًا في جاذبية ذريرات الذرة في كتابي «علم الذرة» الذي سيصدر قريبًا إن شاء الله.

الفصل الخامس

سر التجاذب

(١) نظرية الإيثر

أول عقبة قامت أمام نظرية الجاذبية هي الإجابة على السؤال الآتي: ما هي الوسيلة التي تنتقل عليها أو فيها أو بها هذه القوة من ذريرة إلى ذريرة ومن جِرْم إلى جِرْم؟ لأنه إذا كانت الذريرات كالأجرام تدور بعضها حول بعض بفعل قوة الجاذبية، فإذن بينها فراغ تحيط به أفلاك (مدارات) فكيف تعبر تلك القوة هذه المدارات؟ وباصطلاح العلماء كيف يمكن أن يكون الفعل عن بُعْد؛ عن مسافة؟

تشاهد هذا الفعل السري أو الغامض إذا كنت تدني مسمارًا مثلًا إلى نضوة مغنطيس، فنرى أن المغنطيس اجتذب المسمار قبل أن تقربه إليه وبينهما في نظرنا فراغ، فما في هذا الفراغ من الواسطة أو الوسط لنقل هذه القوة من المغنطيس إلى المسمار، ومن الأرض إلى القمر، ومن الشمس إلى سياراتها؟

مثل هذه العقبة السرية المحيرة قامت في سبيل انتقال نور الشمس وحرارتها إلى الأرض — أو انتقالهما على الإطلاق — أيضًا.

أما من حيث انتقال النور والحرارة معه فقد زعم نيوتن أن النور ذريرات Corpuscles تنطلق من الجسم المنير بسرعة ١٩٠ ألف ميل في الثانية (والسرعة التي تقررت أخيرًا ١٨٦ ألف ميل)، ولكن رُئي أن النور يسير أمواجًا، فقالوا: إن الزعم الأصح أن تفرض مادة خفيفة جدًّا جدًّا مالئة الفضاء سموها إيثرًا، وأن النور حركة صادرة من الجسم المنير تصدر أمواجًا في هذا الفضاء الإيثري. ولا يزال فرض الإيثر بين الشك واليقين إلى اليوم، ولكن بعض أساطين العلماء مثل تجينز ولودج وغيرهما يرجِّحونه وأينشطين لا ينقضه، ولكن يقول: إن نظريته النسبية تستغني عنه.

هذا من جهة انتقال النور، وأما من جهة انتقال الحرارة فهي ضلع من النور مصاحِبة له.

وأما من جهة انتقال قوة الجاذبية فلم يقل نيوتن شيئًا، بل لم يقل كيف يحدث التجاذب عن بُعْد بتاتًا، فبقي هذا سرًّا غامضًا إلى اليوم.

على أن أينشطين المغرَم بنظرية «الزمكان» (اندماج الزمان بالمكان) ينسب للفعل الجاذبي زمانًا، وبهذه النسبة نقح جاذبية نيوتن، فإذا كانت قوة الجاذبية تستغرق وقتًا في انتقالها فهي إذن كالنور تموُّج إيثري؛ أي إن حركات ذرات الجسم الجاذب تُحْدِث أمواجًا جاذبية في الإيثر، فتصدم الجسم المجذوب وتُحْدِث فيه حركة الدورانين: الدوران المحوري والدوران المركزي من حول المركز.

(٢) لغز الجاذبية

اكتشف نيوتن ناموس الجاذبية وطبَّقه على جميع السيارات حتى على جميع الأجرام المتحركة، ولكنه لم يقل لنا: ما هي الجاذبية أو ما هو سرها، أو بعبارة أصح: ما هو سبب دوران السيارات حول الشمس بسرعات متناسبة مع أبعادها عن الشمس؟

وما زال العلماء حتى اليوم حيارى في هذا السر، حتى إذا كلُّوا عن فهمه قالوا: لماذا نحسب الجاذبية سرًّا؟ لماذا لا نحسبها طبيعة في المادة؟ لماذا لا نقول إن المادة مخلوقة يجذب بعضها بعضًا؟ فلا سر هناك، وإنما نحن اختلقنا لها سرًّا وجعلناه مجهولًا أو مستحيل التفسير، في حين أن المسألة بسيطة لا تحتاج إلى إعمال فكر، الجاذبية صفة من صفات المادة كما أن الألفة الكيميائية صفة من صفات الذرات، والتبلُّر صفة من صفات الجزئيات Molecules، والذوبان صفة أخرى وهلمَّ جرًّا (والحقيقة أن لهذه جميعًا أسبابًا طبيعية ليس هنا محل بيانها).

ولكن لو كانت الجاذبية تجاذبًا فقط بين جسمين لاكتفينا بتفسيرها بأنها خاصية من خاصيات المادة، ولكنها ليست مجرد تجاذب فقط، بل هي مع ذلك دوران جسم حول مركز بسرعة مقيدة ببُعْد الجسم عن المركز. هذه أهم ظاهرة من ظواهر الجاذبية، وغرضنا هنا كشف هذا السر في صميمه إن أمكن.

(٣) ضلعا الجاذبية

إذا حلَّلنا ظاهرة الجاذبية رأيناها تنحلُّ إلى ظاهرتين: الأولى التجاذب بين جسمين في خط مستقيم إلى أن يتصل أحدهما بالآخر كتجاذب المغنطيس والحديد وسقوط التفاحة من الشجرة إلى الأرض.

الظاهرة الثانية: دوران جِرْم صغير حول جِرْم كبير كدوران القمر من حول الأرض، أو دوران الأرض وسائر السيارات من حول الشمس، أو دوران جِرْمين غير متفاوتين بالحجم والكثافة المادية Mass كثيرًا حول مركز التجاذب بينهما، كدوران فرعي النجم المزدوج Binary star المتباعدين حول نقطة التجاذب بينهما.

في الظاهرة الثانية يدور الجِرْم الدائر حول المركز بسرعة مناسبة لبُعْده عن المركز، وهذه النسبة بين السرعة والبُعْد خاضعة لناموس الجاذبية كما تقدَّم بيانه في الفصل السابق، حتى إذا اختلَّت نسبة السرعة هذه سقط الجِرْم إلى المركز إن كان أبطأ أو شرد عنه إن كان أسرع من القدر القانوني [راجع الفصل الثاني: القوة القصوى – سر الدوران].

فيظهر مما تقدَّم أولًا: أن الجِرْم الدائر (كالقمر من حول الأرض أو الأرض من حول الشمس) واقع تحت سلطة قوتين [1] القوة الواحدة تسوقه في خط سيره المستقيم، والقوة الأخرى تستميله نحو المركز فتجعل خط سيره منحنيًا في دائرة حول المركز، ولأننا نرى جميع الأجرام — سيارات وغير سيارات — تدور من حول مراكز خاصة بكل منها، وما من جِرْم شارد عن مركز ولا جِرْم هابط إلى مركز، نفهم من هذا أن القوتين المسيطرتين على الظاهرتين اللتين نحن بصددهما متكافئتان، أو أنهما متعاضدتان، أو أنهما صادرتان من مصدر واحد. [2]

ويظهر أن الجاذبية تشتمل على حالتين من الحركة، أو بالأحرى على قوتين متعامدتين تُنتجان حركتين متعامدتين أيضًا: حركة الجذب نحو المركز وحركة الشرود عنه، والحاصل من تسلطهما على جِرْم واحد هو الدوران حول المركز لا اقتراب ولا شرود؛ أي إن هذه الحالة تحول دون هبوطه، كما أن تلك تحول دون شروده وهما:

- (١) قوة الانجذاب نحو المركز Centripetal Force.
- (٢) قوة الابتعاد عن المركز Centrifugal Force فلنبحث في كل منهما بحثًا تعليليًّا.

---

[1] راجع [الفصل الثاني: القوة القصوى – القوتان المتعامدتان].

[2] راجع [الفصل الثاني: القوة القصوى – القوتان المتعامدتان].

الفصل السادس

الجاذبية والدافعية

(١) قوة الانجذاب نحو المركز

نبتدئ من مذهب أن التجاذب بين الذرات خاصة من خواص المادة (كما سبق هذا القول في [الفصل الرابع: مصدر القوى – الهيولي]) أو طبيعة من طبائعها؛ أي إن المادة كذلك خُلِقَت، ذرات يجذب بعضها بعضًا، أو إذا شئت فقل إن من طبيعة الذرات أن تقترب كل واحدة إلى أقرب ذرة إليها من غير دافع خارجي عنها يدفع كلًّا منهما إلى الأخرى، إلا إذا طرأت عليهما قوة تفرِّق بينهما فتتباعدان مرغمتين، كما لو مرت ذرة ثالثة في نقطة أقرب إلى إحدى الاثنتين فتتجاذب هاتان دون تلك، وحاصل القول إن الذرة لا تستطيع العزلة أو الانفراد.

وقد قلنا إن هذه هي طبيعة كل ذرة في الكون — فالبروتونات الأويلات والكهارب والفوتونات الضويئات والكتل المتجمعة منها والأجرام كلها — خاضعة لحكم هذا التجاذب، فإذا تصوَّرنا جميع الذرات التي تألَّفت منها الأجرام منفرطة العقود ومشتتة في الفضاء المطلق، فهل يكون غريبًا عن تعقُّلنا أو عجيبًا لأذهاننا أن يتقارب بعضها إلى بعض؟

قد نتساءل بماذا تتقارب؟

هَبْ أنها لم تتقارب بل بقيت مبعثرة، أفلا يخطر لك أن تسأل: لماذا هي مبعثرة هكذا؟ لماذا لا تتجمَّع؟ فتجمُّعها ليس أدعى للاستغراب من تشتُّتها، ربما كان العقل يرتاح إلى تقاربها أكثر منه إلى بقائها مشتتة.

(٢) سر التقارب

لنفرض أن تقارب الذرات بعضها إلى بعض (كما هو الواقع) أو ثباتها في أماكنها من غير تقارب، سيَّان عند العقل المنطقي، أو أن لهذا التقارب سببًا نجهله، أو أن هناك قوة أجنبية عن المادة تُحْدِثه (قوة

الله)، على أن هذا التقارب حادث فعلًا، وما دمنا لا نكتشف له سببًا فلنعده خاصة من خواص المادة (الله خلقها بهذه الطبيعة)، ولنسمِّه نزعة مادية، أي إن كل جسم مادي — ذرة أو مجموعة ذرات — ميَّال أو نزوع إلى الاقتراب لأقرب جسم آخر إليه، فمن هذه النزعة نبتدئ في تفسير سر الجاذبية.

بالبديهة نعلم أن كل ذرتين متعادلتين كتلة تتقاربان في المكان والزمان بالتساوي؛ أي إن كلًّا منهما تقترب إلى الأخرى مسافة واحدة في مدة واحدة، كقولك مثلًا: إن كلًّا منهما تدنو نحو الأخرى سنتيمترًا في ثانية واحدة، فإذا تفاوت الجسمان في عدد الذرات كان تقارب كل منهما يجري على هذه القاعدة البديهية؛ أي إن اقتراب الجسم الواحد إلى الآخر يكون بقدر ما في الآخر من الذرات بالنسبة إلى ما في الأول منهما.

لنفرض ذرة واحدة تبعد ١١ سنتيمترًا عن مجموعة تحتوي على عشر ذرات، فحينئذٍ نتصور الذرة المفرَدة ميَّالة للاقتراب إلى كل ذرة من الذرات العشر سنتيمترًا واحدًا، كما أن كل ذرة من الذرات العشر ميَّالة للاقتراب إليها، فإذن كلما اقتربت الذرات العشر سنتيمترًا واحدًا كان على الذرة المفردة أن تقترب إليها في نفس الوقت عشر سنتيمترات لكي توفي كلًّا من العشر حقها من التقارب.

على هذا النحو: مجموعة ذات ٥ ذرات تقابل مجموعة ذات ٣٠ ذرة، وبينهما ١٤ سنتيمترًا تقترب تلك ٦ سنتيمترات كلما اقتربت هذه سنتيمترًا واحدًا، وفي آخر الثانية الثانية تلتقيان عند السنتيمتر الثاني عشر؛ لأن ٥ × ٦ × ٢ = ٣٠ × ١ × ٢.

وهذا يُطابق الضلع الأول من قانون الجاذبية الذي اكتشفه نيوتن، وهو أن الجاذبية هي حاصل ضرب كتلة الجِرْم الواحد بكتلة الجِرْم الآخر (والمراد بالكتلة مجموع عدد الذرات)، ولكن الجاذبية ليست هذا الضلع وحده، بل هي نسبة هذا إلى ضلع آخر، وهو مربع المسافة بين الجِرْمين، وهذا يؤيد ما ذُكر في [الفصل الثالث: شمول ناموس الجاذبية – تجاذب الكتل].

والضلع الثاني أهم من الأول وفيه معظم السر.

لو اقتصرت الجاذبية على الضلع الأول — أي تقارب الذرات ومجموعات الذرات بعضها إلى بعض — لانطبقت جميع ذرات الكون وجميع أجرامه وسُدُمه بعضها على بعض، بحيث لا يبقى أقل فراغ بينها، وكان ضغطها بعضها على بعض في شدة لا يتصورها عقل، ولكن الضلع الثاني يتدارك هذه الكارثة الكونية ويجعل للكون أنظمته التي نعلمها.

الضلع الأول يسمى القوة الجاذبة إلى المركز وقد انتهينا منه، والضلع الثاني يُسمى القوة الدافعة عن المركز وهو الذي نعلِّله فيما يلي:

(٣) قوة الابتعاد عن المركز

قلنا آنفًا: إن من خواص المادة تقارب الذرات أو بالاصطلاح العلمي تجاذبها، وبالتالي تجاذب الذرات وتجاذب مجموعاتها وأجرامها وسُدُمها، وهنا نقول: إن من خواصها أيضًا الدوران المحوري Rotation أي إن كل ذرة وكل جسم (مجموعة ذرات) مستقل في حيزه يدور على نفسه — على محوره — هذه ظاهرة طبيعية عامة مشاهَدَة في الكون، الشمس والأرض والسيارات والأقمار كلها تدور على محاورها، كذلك النجوم ومجموعات النجوم والمجرَّة والسُّدُم تدور على محاورها، حتى أدق أجزاء المادة، الفوتون الضوئية والكهيرب والذرة المؤلَّفة منها تدور على محاورها، فكأن المادة مخلوقة ولها هذه الخاصة: خاصة الدوران.

ولكن هذا الدوران المحوري ليس النوع الوحيد، بل هناك دوران آخر هو الدوران المركزي Revolution أي الدوران حول مركز عن بُعْد كدوران الأرض والسيارات من حول الشمس فضلًا عن دورانها على محاورها، والدوران الأول هو سبب الدوران الثاني، وهو أيضًا سبب القوة الدافعة عن المركز ضد القوة الجاذبة إلى المركز.

وهنا لا بد أن يسأل القارئ كيف يكون ذلك؟ وكيف يمكن أن يؤثر دوران جِرْم مركزي كالشمس في جِرْم آخر كالأرض على بُعْد سحيق بينهما، بحيث يجعلها تدور من حول الشمس بسرعة مقرَّرة لا تتعدَّاها، ولا تقصر عنها لتتمَّ الدورة في سنة كاملة؟ فما هي واسطة الاتصال التي تنتقل بها القوة من الجِرْم المركزي الدائر على نفسه إلى الجِرْم البعيد عنه؛ لكي تضطره أن يدور حوله، فلا تتركه يهبط إلى المركز ولا تدعه يشرد عنه؟

هنا تتبري وظيفة الإيثر في الميدان لحل اللغز، وهنا تتضح علاقة الجاذبية بالإيثر، وهنا يتضح الدور الذي يلعبه الإيثر في الضلع الثاني من الجاذبية، وإليك البيان:

تصوَّر الشمس — مثلًا — وهي تدور على محورها مع ما فيها من نتوءات وفجوات، وتصوَّر ما فيها من ذرات وجزيئات تدور على نفسها وكهيربات تدور حول بروتونات، وكل ذرة تُصْدِر سلسلة تشععات Radiations، تصوَّر جميع هذه تصادم البحر الإيثري مصادمات متساوقة متتابعة في اتجاه واحد؛ لأن دوراناتها متجهة اتجاهًا واحدًا، تصوَّر هذه المصادمات محدِثة أمواجًا مسوقة في اتجاه تلك الدورانات المحورية، وهي تنتشر بشكل حلزوني، وكلما ابتعدت الموجة تحدَّدت دوائر الشكل الحلزوني وضعفت قوته حسب قانون الانتشار، ورقت الموجة أي قصر عرضها بين الارتفاع والهبوط، ولكن الموجة لا تزال تسرع مبتعدة عن المركز بالسرعة التي صدرت بها؛ لأن السرعة تتوقَّف على دقة ذرات الوسط المتموِّج (الإيثر) وعلى كثافته، وهنا نظن القارئ يسأل: لماذا تنتشر التموجات بشكل حلزوني؟

(٤) الدوران الحلزوني

يمكنك أن ترى شبهًا لهذه الحركة الحلزونية إذا ملأت «طستًا» واسعًا ماءً ووضعت في وسط المسافة بين مركزه ومحيطه فلينة، ثم وضعت أصبعك في المركز وحرَّكته حركة رحوية حول المركز، وإذا جعلت بدل أصبعك خشبة بعرض سنتيمترين أو ثلاثة سنتيمترات وسماكة سنتيمتر واحد، وطفقت تديرها بسرعة ترى الموج يتولَّد من هذه الحركة بالشكل الحلزوني، ولا تلبث أن ترى الفلينة سائرة ببطء حول المركز في اتجاه الدوران الذي أنت محدثه، وإذا لم تر دوران الفلينة منتظمًا؛ فلأن الموجات ترتد من محيط الطست مفسدة نظام الموجات الواردة من المركز والمصدومة بها.

تصوَّر هذه الأمواج الحلزونية صادرة ليس من دوران الشمس على محورها فقط، بل من بلايين الذرات التي تتألَّف الشمس منها، وهي تدور على نفسها بنفس اتجاه الدوران الشمسي، فهذه البلايين من الأمواج المنتشرة بشكل حلزوني من المركز إلى اللانهاية هي ما يُسمى «الجو الجاذبي».

والآن لكي نفهم هذه الصورة التالية جيدًا تصوَّر الشمس وهي تدور على محورها، وتصوَّر نتوءاتها الذرية التي لا تُحْصَى تصدم الإيثر صدمات عرضية أي معامدة لنصف القطر؛ فتُحْدِث أمواجًا عرضية متتابعة لا يُحْصَى عددها، تنتشر من حول الشمس انتشارًا حلزونيًّا في اتجاه دورتها المحورية، ولتسهيل التصور نقتصر على تتبع الأمواج التي يُحْدِثها نتوء واحد كل هنيهة، فترى أن الموجة الواحدة التي يُحْدِثها النتوء لا تتم دائرة حول الشمس بل تلتف التفافًا من حول الموجة التي تليها، فإذا تصورت أن نبرات الشمس في دورانها المحوري تُحْدِث بلايين الأمواج في البحر الإيثري على هذا النحو، أمكنك أن تتصوَّرها ملتفَّة بعضها على بعض بالشكل الحلزوني وهي تصدم الإيثر أمامها صدمًا عرضيًّا معامدًا لأنصاف أقطار الدائرة.

ثم تصوَّر الأرض على بُعْد من الشمس وهذه الأمواج تصدمها على نحو ما تصوَّرناه آنفًا، فلا بد من أن تتصوَّر أن الأمواج تسوقها أمامها سوقًا، أو تتصوَّر أن الأرض — وهي قاصدة أن تقترب إلى الشمس — لا تستطيع الاقتراب؛ لأن الأمواج تمنعها فتضطر أن تتدحرج أو تتزحلق على متون تلك الأمواج في خطٍّ منحنٍ يتم في دائرة، فكأن الأرض تحت تأثير قوتين: قوة الانجذاب نحو مركز الشمس، وقوة الأمواج الصادمة لها في خط معامد لخط الانجذاب المذكور، ونتيجة القوتين المتعامدتي اتجاه السير في خط دائري — حول الشمس — هو الفلك (المدار) الذي تدور فيه الأرض من حول الشمس، ولولا هذه الأمواج الحلزونية الإيثرية لسقطت الأرض على الشمس، هذه هي «الدافعية» أي القوة الدافعة عن المركز.

ولعلك تظن أنه ما دامت الأمواج تسوق الأرض أمامها — وهي حلزونية — فلا بد أن تسير الأرض في خط حلزوني أيضًا فتبتعد عن الشمس مع ابتعاد الأمواج الحلزونية الدافعة لها.

نعم، كان يجب أن تتباعد الأرض عن الشمس بفعل هذه الأمواج لولا أن هناك قوة التجاذب (أو التقارب) بين الجِرْمين التي شرحناها آنفًا، وهذه القوة تقاوم قوة الأمواج العرضية وتوازنها.

ولعلك تسأل: إذا قذفنا حجرًا أو قنبلة قذفًا أفقيًّا، فلماذا لا يستمر دائرًا من حول الأرض كما يدور القمر من حولها؟ أو لماذا لا يسقط القمر إلى الأرض كما يسقط الحجر إليها؟

أقول: إن الجواب على هذا السؤال هو لباب ناموس الجاذبية؛ لأن هذا الناموس لا يقتصر على تجاذب الجِرْمين فقط، بل يشتمل على ناموس سرعة الدوران: دوران الواحد من حول الآخر، فالسرعة هي أهم ضلع في الناموس؛ لأن مقدارها المناسب للبُعْد عن المركز هو الذي يقي الأرض من الهبوط إلى الشمس، كما أنه يعصمها من الشرود عنها، وهو الذي يقي القمر من الهبوط إلى الأرض أو الشرود عنها.

لو أمكننا أن نقذف قنبلة بسرعة ٩/١٠ أربعة أميال في الثانية لجعلت تدور من حول الأرض كسيَّار أو قمر حولها، ولو أمكننا أن نقذفها بسرعة خمسة أو ستة أميال في الثانية لشردت عن الأرض وتاهت في الفضاء، والسهم الذي زعموا أن الأستاذ جودارد الأميركي يبتغي قذفه إلى القمر لا يمكن أن يبتعد عن الأرض إذا لم ينقذف بسرعة تزيد على خمسة أميال في الثانية، فأين القوة الأرضية التي تستطيع أن تُحْدِث هذه السرعة؟ كذلك القمر لو أبطأ معدل سرعته — ولو بعض الميل — لهبط إلى الأرض لا محالة، ولو طرأت عليه قوة من عالم الغيب تزيد معدل سرعته لشرد في الفضاء.

بقي أن القارئ يستغرب أن ذلك الإيثر الذي حسبنا لطفه جزءًا من ملايين جزء من لطف غاز الهواء تستطيع موجته أن تدفع أمامها الأرض التي هي أكثف من الهواء عشرات المرات، ولكن إذا تصورت أنه ليس في البحر الإيثري قوة أخرى غير قوة أمواج الإيثر تتسلَّط على الأرض من أية ناحية البتة، فمهما كانت قوة هذه الموجة ضعيفة في تصوُّرنا فهي ذات قوة كافية لأن تدفع جِرْم الأرض معها ما دام ليس هناك قوة ضدها.

الفصل السابع

الجو الجاذبي

(١) الأمواج الإيثرية

هذا البحر الإيثري المتموِّج الذي يوجب دوران الأجرام حول مركز كما رأيت هو ما يسمى «الجو الجاذبي» أو «المجال الجاذبي» Gravitational Field.

وكان فارادي أول مَنْ نبَّه إلى الجو الجاذبي، فقال إن الحديد الممغنط يُحدِث حوله جوًّا جاذبيًّا يُوجب الحديد الآخر أن ينجذب نحوه، وكذلك الشمس تُحْدِث حولها جوًّا جاذبيًّا يحتم على السيارات أن تنجذب نحوها، أي إنها تلتوي في سيرها أو تنحني انحناءً يرسم دائرة حول الشمس.

هذه الأمواج الإيثرية التي يُحْدثها دوران الذريرات والذرات وسائر الأجرام تنتشر بسرعة واحدة في الفضاء أو البحر الإيثري على سُنَّة «مربع البُعْد»؛ أي إنها كلما بعُدَت ضعُفَت قوتها.

كلها تسير بسرعة واحدة، ولكنها تختلف بعددها (عدد الموجات) في الثانية، أي عدد الذبذبات Frequency، وتختلف أيضًا بسعتها بين الموجة والموجة، وهذه السعة هي ما يعبِّرون عنه بطول الموجة (كما تعلم في اصطلاحات الراديو).

إذا ضربت عدد الموجات في الثانية في طول الموجة كان الحاصل ٣٠٠ ألف، وهو عدد ثابت يتغير، وهي سرعة الأمواج مهما كان نوعها، نوريَّة أو موجات راديو أو أشعة سينية أو أشعة ما فوق البنفسجي أو ما تحت الأحمر إلى آخره.

يتوقف هذا الاختلاف في عدد الموجات وطولها على اختلاف مصادرها، ولا متسع هنا لشرح هذه النقطة.

في الطبيعة عدد كبير من أصناف الموجات من حيث الطول وعدد الذبذبات، وهي مرتَّبة ترتيب درجات السُّلَّم الموسيقية السبع؛ أي إن كل درجة من سُلَّم أعلى تكون ذبذباتها مضاعف ذبذبات درجة تقابلها في سلم أدنى منه، وإنما يكون طولها نصف طول هذه.

ونحن لا نشاهد منها إلا السلّم النورانية التي تنحل بالمطياف إلى الألوان السبعة، وغيرها لا ترى كموجات الراديو أو الموجات السينية أو موجات ما فوق البنفسجي وما تحت الأحمر والأمواج الكونية ... إلخ، ويبلغ عدد هذه السلالم أو الطبقات أو الطقوم الموجية نحو ٦٩ أو ٧٠ طاقمًا.

القوة التي رفعت المياه بخارًا من البحر والبر، والقوة التي خُزِنَت في أعضاء النبات والحيوان ... إلخ صادرة من الشمس، وقد حملتها هذه الأمواج التي نحن بصددها.

هذه الأمواج هي ما نسميها الأمواج الكهرطيسية أي الكهربائية المغنطيسية Electro-magnetic Waves، ولا محل هنا لزيادة التفصيل.

(٢) الفوتونات

ظهر معنا أن القوة المحرِّكة في الكون هي هذه الموجات التي تصدر من دوران ذريرات المادة وذراتها ومجموعات ذراتها.

ولكن هذه الموجات الدورانية ليست كل ما ينقل القوة من الذرات، بل هناك شذرات تنتثر من الذرات وتمضي مع تلك الموجات وبسرعتها، وإليك بيان أمرها:

إذا أطبق كهيرب (إلكترون) على بروتونه أفنى كلٌّ منهما الآخر كما يفنى الموجب والسالب إذا تلاقيا — يفنيان في لمعة موجية تنتشر في الفضاء — يعني أنهما لا يبقيان بروتونًا ذا شحنة إيجابية وكهيربًا ذا شحنة سلبية، بل يتفتَّتان إلى شظيات تسمى فوتونات (ضويئات) لا شحنة كهربائية فيها، وإنما لها القوة التي كانت كامنة في الذرة، فتنطلق هذه الفوتونات في الفضاء بسرعة الموجات الكهرطيسية التي نحن بصددها.

هذه الفوتونات هي القوة المحمولة في الموجات، أو لك أن تقول هي نفسها الموجات الكهرطيسية.

متى أطبق الكهرب على البروتون لأي سبب (ولا محل هنا لشرح الأسباب) انحلَّ إلى عشرة آلاف فوتون، ولما كان البروتون يزن ١٨٤٠ مرة وزن الكهيرب كان ينحل بنوبته إلى ١٨٤٠٠٠٠٠ فوتون (ضُوَيئة).

النور والحرارة اللذان نحس بهما هما من هذه الفوتونات، وكذلك سائر أمواج الراديو وما شاكلها، وهذه الفوتونات هي التي يقع قسم منها على أرضنا بشكل حرارة ونور وما وراء البنفسجي إلى آخره، هي القوة التي تخزَّن في عالمَي الحيوان والنبات، وتعود فتظهر بإحراقهما بالأوكسجين وبوسائل أخرى لا محل هنا لبيانها.

ويمكننا أن نقول: إن العنصر الحيوي في الحيوان والنبات من مفعول هذه الفوتونات، والذين يتعرَّضون لنور الشمس وحرارتها بغية الحصول على أمواج ما وراء البنفسجي في أبدانهم قد لا يخطئون إلا بأنهم يفرطون في هذا الأمر إلى حد الأذى وقد يكون شديدًا، وقد يكون قاتلًا إذا تجاوز الحدود.

وتلك الموجات الكهربائية المغنطيسية التي تحملها أو تصطحبها هي التي تولِّد تيارات كهرطيسية أخرى في الكروموسوم (الصبغي) في الخلايا الحية، وهي سر الحياة بحسب نظرية لاخوفسكي التي ظهرت حديثًا، وقد نشر المقتطف لي مقالة في شهر نوفمبر سنة ١٩٤٣م في هذا الموضوع.

تفقد الشمس بصدور هذه الفوتونات منها كل دقيقة ٣٦٠ طنًّا من مادتها.

وفي رأي بعض العلماء ومنهم العلَّامة تجايمس تجينز أن هذه الفوتونات هي ذريرات إيثرية، أي إن البحر الإيثري هو فوتونات، كأن الأجرام والأجسام تولدت من هذه الفوتونات فلما فنيت عادت إلى بحر الفوتونات. «من الفوتون وإلى الفوتون تعود.»

الفصل الثامن

نشوء الذريرات والأجرام

يحسن بنا هنا أن نبحث في كيف نشأت الذريرات والذرات والأجسام والأجرام بقوة الجاذبية أو بعمل خواص المادة الثلاث التي مر ذكرها في [الفصل الرابع: مصدر القوى – الهيولي].

(١) أصل السُّدُم

شكرًا للنور وللآلات البصرية التي اخترعها العلم لتحليل النور واستكشاف نواميسه وخواصه، شكرًا له ولها لأنها جميعًا وضعت تحت بصرنا كتاب الطبيعة المادية Cosmophysics مشتملًا على صور العوالم المادية من ملايين السنين إلى اليوم، فهو يكشف لنا طبيعة مجموعات العوالم في عصور مختلفة ومتباعدة أكثر مما تكشف لنا الأحافير عن طبقات الأرض.

تصوَّر التلسكوب (المقراب) والسبكتروسكوب (المطياف) يجلوان لك كثيرًا من ظاهرات سديم [١] يبعد عنا مئة مليون سنة نورية أو أكثر، يعني أن نوره يقضي هذا العدد من السنين لكي يصل إلينا، فهو بعد مضي هذه السنين لم يبق كما نراه الآن سديمًا غازيًّا، بل لا بد أنه أصبح كمجرتنا، وقد تجمعت أجزاؤه في أجرام من شموس ومجموعات شموس (كوكبات)، وربما كان بين شموسه شموس ذات سيارات كشمسنا، فبُعْده السحيق عنا حفظ لنا في الفضاء صورته كما كان منذ مئة مليون سنة أو مئات الملايين، فإذا وجَّهنا مرصدنا العظيم بمطيافه إلى النواحي المختلفة في الفضاء، أو بالأحرى في الحيِّز الكوني، نرى سُدُمًا مختلفة الأبعاد، وبالتالي مختلفة المظاهر تبعًا لاختلاف أبعادها، فنرى بعضها في الحالة الغازية الصرفة كأنها لهيب مندلع، وبعضها كأنها ضباب محترق، وبعضها ضباب يشتمل على عقل أكثف من الضباب، وبعضها نجوم ومجموعات نجوم، وأقربها إلينا أكثر مشابهة لمجرتنا وأبعدها غازي صِرْف، فكل هذه الظاهرات الواصلة إلينا على أجنحة النور إذا أدخلنا أبعادها المختلفة في الحساب، تدلنا على أنه لو كان في إمكان عقلنا أن يتنقل بينها بأسرع من النور ألوف المرات أو فجأةً، لكان يراها كلها مقاربة في النضوج إلى مجرتنا، وربما كان بعضها أنضج منها.

ومن ذلك نفهم أن كل جِرْم أو مجموعة أجرام، أو كل مجرَّة كمجرتنا كانت في الأصل سديمًا غازيًّا لطيفًا جدًّا، ثم جعلت ذراته تتجمَّع بعضها إلى بعض؛ فتتكوَّن منها جماعات فجماعات أكثر من الأصل

عددًا، ثم جعلت أجزاء كل جماعة منها تتجمَّع في جماعات أخرى أكثف منها فتتكوَّن مجموعات الأجرام إلى أن بلغت مثل ما نرى في مجرتنا.

فلا شبهة في أن جميع العوالم كانت في الأصل سُدُمًا غازية لطيفة جدًّا، ثم تقلَّصت وتجمَّدت أجرامًا، والمطياف (السبكتروسكوب) يقول لنا إن جميع هذه السدم متشابهة المادة تشابهًا كليًّا، مثلًا يريك في كل منها عنصر الهيدروجين أو عنصر الهيليوم وكثيرًا من العناصر التي عندنا في أرضنا منها، بل يريك صفات البروتونات والكهيربات فيها جميعًا، ولا يخفى ما في هذه الظاهرات من الدليل الجازم على أن السُّدُم جميعًا متكوِّنة من أصل واحد أي من ذرات مادية متماثلة، فماذا كانت تلك الذرات؟

لا يحتاج الجواب إلى تكهُّن أو إلى تخرُّص، نحلل أية ذرة من الذرات المادية التي عرفناها، فما تنحل إليه نهائيًّا فهو الذريرة التي تألفت منها السدم، بل تؤلف السديم الأعظم الذي انشقت منه السدم وانفصلت بعضها عن بعض، فقد علمنا فيما سبق أن آخر جزء تنحل إليه الذرة هو الفوتون (الضويئة)، ولا نعرف ذريرة أدق من الفوتون، أو أن الفوتون ينحل إلى أجزاء أدق منه، حتى إننا لاعتبارات علمية اعتبرنا الإيثر بحر فوتونات (وتجينز يظن هذا الظن)، وربما كان بحر ذريرات أدق من الفوتونات والله أعلم.

(٢) البحر الفوتوني أو الضويئي

هبْ أن ذريرة الإيثر أصغر من ذريرة الفوتون، وأن الفوتون مؤلَّف من ذريرات إيثرية فمهما تمادينا في تجزئة المادة فلا نستطيع أن نتمادى بلا تناهٍ؛ لأن عدم التناهي خارج عن منطقة العقل البشري فلا يتطوَّح العقل إليه، ولأن المادة خاضعة لتصور العقل فلا بدَّ أن تكون متناهية التجزئة، ولأن الفوتون آخر أجزائها كما نعلم حتى الآن، فلنا أن نفرض أن السديم الأعظم الذي اشتقت منه جميع السُّدُم كان بحر فوتونات، وإذا شئت أن تتصوَّر بحر ذريرات إيثرية أدق من الفوتونات فلا بأس، وإنما لكي نجعل حدًّا لبساطة المادة ودقتها نفرض الفوتون الذي لم نعرف حتى الآن ذرة أبسط منه وأدق، نفرضه أصلًا لمادة الكون (الهيولي)، هو عنصر البحر الإيثري والمادي.

في هذه الحالة نتصور الحيز الكوني المتناهي (لا الفضاء الخالي اللامتناهي الذي نعتبره عدمًا) في البدء مملوءًا فوتونات منتشرة فيه على مسافات متساوية تمام التساوي، وقد حسب بعض العلماء ذرات أو جزيئات جميع المجرات والسُّدُم الكونية فإذا هي ٧٩ صفرًا عن يمين الواحد، أي هي عشرة مضروبة بنفسها ٧٩ مرة، وتُكْتَب بالاختصار هكذا ١٠ ^{٧٩} × ١٠ ^{٥} × ١٨٤، وإذا كانت أصغر ذرة — الهيدروجين مثلًا — تنحلُّ إلى نحو ١٨ مليون فوتون تقريبًا ١٠٠٠٠ × ١٨٤٠ فيكون عدد فوتونات

الكون ١٠ ^{٧٩} + ٥ × ١٨٤ أي ١٨٤ وأمامها ٨٤ صفرًا، هذا ما عدا ذريرات البحر الإيثري التي يمكن استخراجها بحساب آخر ليس هنا متسع له.

ثم حسب بعض العلماء نصيب كل جزيء من الحيز الكوني إذا تشتتت أجزاؤه بالتساوي فيه فإذا هي من ٢ إلى ٣ يردات مربعة، أي إنه بين كل جزيء وكل واحد من جيرانه نحو ٢ إلى ٣ يردات، وبناءً على هذا الحساب يكون نصيب الفوتون الواحد من الحيز الكوني نحو سنتيمتر مكعب، أي إن كل فوتون يبتعد عن جيرانه نحو سنتيمتر، هذا إذا انحلَّت ذرات الكون كله إلى فوتونات وتشتتت هذه في الحيز الكوني.

أضف إلى هذا الحساب الذي لا يستطيع العقل تصوره أن النور يقضي نحو ١٠ آلاف مليون سنة لكي يقطع الحيز الكوني من جنب إلى جنب، وثمَّ تصور ما شئت من سعة هذا الكون.

حساب آخر: وقد حسب هوبل رئيس مرصد جبل ويلسن (أعظم مرصد في العالم الآن) في أميركا أنه لو انتشرت ذرات جميع الأجرام والسدم وتوزَّعت في الحيِّز الكوني توزُّعًا متعادلًا لبلغت كثافتها فيه ١٥ جزءًا من ٣١ صفرًا إلى يمين الواحد من كثافة الماء، وتُكْتَب للاختصار هكذا: ١,٥ × ١٠ ^{٣١}، وبعبارة أخرى: إن سنتيمترًا مكعبًا من الماء يصبح حينئذٍ ١٥ إلى يمينها ٣١ صفرًا سنتيمترات مكعبة.

(٣) نشأة الكون الهيولي

تصورنا الحيز الكوني المتناهي في بدئه مفعمًا بفوتونات أو ذريرات إيثرية متماثلة وموزَّعة فيه على نسبة واحدة؛ أي إن كثافتها فيه واحدة في أي منطقة في ذلك الحيز.

وهنا يقاطع القارئ حديثنا بالأسئلة التالية:

(١) من أين جاءت هذه الفوتونات (أو الذريرات الإيثرية أو كيف وُجِدَت مرتَّبة هذا الترتيب)؟

الجواب: إن هذا السؤال استفزاز للعقل؛ لكي يثب من دائرة المتناهي إلى دائرة اللامتناهي، وهو عاجز عن هذا الوثوب.

إذا بحثنا عن سبب وجود فوتونات المادة، أو إذا فرضنا لوجودها سببًا أو موجدًا انبرى أمامنا سؤال آخر، وهو كيف وُجِد ذلك السبب أو الموجد؟ وعلى هذا النحو نستمر في سلسلة فروض لا نهاية لها، والعقل متناهٍ فلا يستطيع أن يشمل اللامتناهي، فخيرٌ للسائل أن يكفَّ عن هذا السؤال المحير؛ لأنه لا يستطيع أن يجد فيه مزيلًا لحيرته، فإن كان يرتاح إلى نظرية وجوب وجود الله موجدًا للمادة فذلك خير ما يعتقده ويريح باله، اللهمَّ إذا كان لا يجد بُدًّا من السؤال «مَنْ أوجد الله؟» وحينئذٍ

فافتراض أن المادة وُجِدَت هكذا وجوبًا يغنيه عن هذا السؤال؛ لأن افتراض أن المادة وُجِدَت هكذا وجوبًا هو كافتراض وجود الله وجوبًا، إذن فلنقل: إن المادة وجدت فوتونات مرتبة هكذا بكيفية يستحيل أن ندركها أو أن نخمِّنها وُجِدَت والسلام، أو أن الله الواجب الوجود أوجدها وهو منظمها ومدبرها، والبحث في أصل وجودها عقيم.

(٢) متى وُجِدَت فوتونات المادة؟

الجواب: إن الزمان ليس شيئًا قائمًا بذاته، بل هو تعبير عن حركة المادة، فإذا كانت المادة ساكنة بلا حركة — إن كان قد وُجِدَت ساكنة — فلم يكن ثمة مرور زمن، إذ لا نجد أثرًا في الكون له؛ ولذلك لا نستطيع أن نُعيِّن لبدء وجودها زمنًا، وإنما نُعين لبدء حركتها زمنًا سواء أكانت الهيولي أزلية أو حادثة، ولا يستحيل علينا أن نستنتج بدء ظهور حركتها، أي منذ كم من الزمن ابتدأت تتحرك؟ أي متى صارت الفوتونات تتألَّف في كهيربات وبروتونات؟ فإن كانت قد وُجِدَت متحركة فنعلم بدء حدوثها أو وجودها من معرفتنا بدء حركتها، وإنما نبقى جاهلين كيفية ذلك الحدوث كما تقدَّم القول، فمهلًا بهذا السؤال الذي يمكن الجواب عليه وإزالة الحيرة فيه، وحينئذٍ يعلم القارئ أن لا أزل ولا أبد، بل هناك بداية للكون المادي الذي نحن فيه الآن وكما نعرفه وله نهاية على الأرجح (انظر الفصل العاشر).

(٣) كيف نعلم أن المادة وُجِدت فوتونات أولًا، ثم تألَّفت من الفوتونات ذريرات فجزيئات وتجمعت منها سُدُم وأجرام؟ ولماذا لا نقول إنها وُجِدَت جزيئات تامة التركيب كما نراها في شمسنا وأرضنا؟ ولماذا لا نقول إنها وُجِدَت ذريرات أصغر من الفوتونات وهذه الفوتونات تألفت منها؟

والجواب: إننا نرى في السدم المترامية جميع درجات التركيب من الفوتونات إلى البروتونات والكهارب إلى الجزيئات ... إلخ، ولم نشاهد أو نعثر على ما هو أدق من الفوتونات، فإن كان هناك ما هو أدق منها فإلى الآن لم نكتشفه، ولا كلام فيما نجهله جهلًا مطلقًا، وفي أرضنا نرى خليات حيوية مؤلفة من جزيئات أيضًا، وكل ذلك يدلنا على أن التركيب حادث في المادة بعد وجودها، فلا يمكن أن تكون قد وُجِدَت هكذا كما نراها ما دمنا نرى تركبًا وانحلالًا، نرى في درجات السدم دلائل التكاثف والتركُّب واضحة كالنهار، فنتأكد أن التركُّب طُبِع في المادة، وإذن ابتدأ التطور منذ كان الحيز الكوني بحر فوتونات فقط.

(٤) بالبرهان على أن الحيز الكوني الذي كان مملوءًا فوتونات فقط ومتوزِّعة فيه بالتساوي كان متناهيًا أي له حجم مقرَّر، ولماذا لا يقال إنه غير متناهٍ؟

الجواب: إن العلم مكَّننا من ارتياد الكون وأقنعنا بأنه متناهٍ، وأن الحيز الذي يشغله محدود الحجم، وعِلْمُنا أو استكشافنا محصور في هذا الحيز المحدود، وبعده لا ندري شيئًا؛ إذ لا وسيلة لاتصالنا بما بعده كما لنا وسائل الاتصال بجميع نواحي حيِّزنا هذا، ولكن جهلنا بما بعده لا ينفي نفيًا قاطعًا إمكان وجود حيز أو حيزات كونية أخرى لا وسيلة عندنا للاتصال بيننا وبينها، فهي بالنسبة إلى عقلنا في حكم التخيُّل الظني فقط، إذ لا تأثير لها على عقليتنا، فكأنها من مستنبطات عقلنا فقط؛ ولذلك من السخف أن نفرض أو نزعم أو نعتقد بما ليس له صلة بحواسنا أو عقلنا أو تعقُّلنا.

إذن نحصر بحثنا في حيز كوننا المادي فقط؛ لأن لنا اتصالًا حسيًّا بنواميسه؛ ولأن هذا الاتصال ينتهي عند حدود نستطيع أن نقيس أبعادها بالتقريب.

(٥) هل وُجِدَت المادة متحركة أو أن الحركة طارئة عليها؟

الجواب: ليس لأيٍّ من الأمرين جواب يرتاح إليه العقل أو يزيل الحيرة، فقد يمكن أنها وُجِدَت متحركة، ولا جواب للسؤال: «كيف وُجِدَت متحركة؟» إلَّا الجواب الذي بسطناه للسؤال الأول، وقد يمكن أن تكون الحركة طارئة عليها بعد وجودها، وحينئذٍ يتصدر السؤال التالي:

(٦) إذا كانت الحركة قد طرأت على المادة بعد وجودها فما هي القوة التي أحدثتها؟

والجواب على هذا السؤال من رتبة الجواب على السؤال الأول، فيستحيل على العقل البشري أن يتصوَّر قوة مستقلة قد حرَّكت المادة أو أثارتها فتحرَّكت؛ لأنه في الحال يقوم أمامه سؤال آخر وهو: ما هي هذه القوة؟ أو إذا كان يعتقد أنه ليس هناك شيء قائم بذاته يسمى قوة، بل إن ما نعنيه بالقوة وما عرفناه منها إنما هو حلقة من سلسلة حلقات الحركة، إذا كان العقل البشري يعتقد هكذا فلا بد أن يسأل ما هي الحركة السابقة التي أحدثت حركة الفوتونات؟ وهكذا يدخل في سلسلة غير متناهية من الأسئلة.

فإذن نترك البحث في اللامتناهي — لأنه عقيم — ونبحث في تطور المادة كما رأيناها منذ بدء تحركها، سواء أكانت قد وُجِدَت ساكنة فطرأت عليها قوة فحرَّكتها، أو وُجِدت متحركة فشرعت تتطوَّر.

---

[١] السديم: مجموعة مادية عظيمة جدًّا كمجموعة مجرتنا، ولكنه في الحالة النارية.

الفصل التاسع

تطور الكون

(١) وجوب وجود المادة متحرِّكة

نعود إذن إلى تصوُّر الحيِّز الكوني مفعمًا فوتونات فيها نزعة طبيعية إلى التقارب بعضها إلى بعض، ونزعة أخرى وهي الدوران المحوري الذي أشرنا إليه مرارًا فيما سبق، ومن هنا نعتبر بداءة تطورها.

نزعم أنها ابتدأت بتطورها من حالة كونها موزعة فوتونات في الحيِّز الكوني بالتساوي؛ لأننا نرى دلائل التصور في سُدُمها واضحة كالنهار كما قلنا، فلا بد أن تكون هذه الحالة من درجات تطورها إن لم تكن أولى درجاته، فصار السؤال الآن: كيف شرعت تتطوَّر من بعد وجودها في هذه الحالة؟

نراها الآن بواسطة المراصد كما كانت منذ ملايين السنين: مجموعات سُدُم غازية متفاوتة الكثافة مختلفة الأشكال بعض الاختلاف متقاربة الأحجام، وكلها تدور على محاورها، فإذن كيفية نشوئها واحدة، كما أن المادة التي تكوَّنت منها واحدة (الشكل والطبع)، فكيف نشأت متنوعة؟ وما هي أسباب بعض الاختلافات في أشكالها وأحجامها وأوزانها؟

والجواب الإجمالي: إنها نشأت بكيفية التكاثف في البحر الفوتوني، فكيف حدث هذا التكاثف؟

نتصور هذا البحر الكوني الفوتوني ككرة عظمى يحيط بها العدم، ونتصور حركته أول أمرين أو كليهما معًا. الأول أن في كل ذريرة (فوتون) نزعة طبيعية للاقتراب إلى أقرب فوتون إليه، والأمر الثاني كل فوتون يدور على نفسه دورة مغزلية (على محوره) حتى إذا تحرَّك في اتجاه محوره كان يمر في الفضاء كالبرغي في الخشب، فرضناه هكذا لأن بعض العلماء مثل تجينز يعتقد أن الفوتون ينتشر من الذرة مندفعًا وهو يدور على نفسه (على محوره) مارقًا في الفضاء بحركة حلزونية، هذا إذا تحرَّك محوره، وقد يتحرَّك في اتجاه دورانه، فتكون حركته كأنه يتدحرج في الفضاء كالعجلة.

يحتمل أن يكون الفوتون أو الذريرة الإيثرية الأولى قد ابتدأت بالتحرك بحركة التقارب فقط، ثم جاءت حركة الدوران بعدئذٍ كنتيجة للتطور، أو يُحْتَمل أيضًا أنها ابتدأت بالتحرك بالحركتين معًا أي حركة الدوران وحركة التقارب، والحركتان معًا نتيجتا التطور، وإنما هنا يتعذر على العقل السليم أن يتصور أن حركة الدوران نزعة طبيعية لحركة التقارب، ولا بد إذ ذاك من التشدد في السؤال: أية قوة

دفعت الفوتونات في هذه الحركة؟ وحينئذٍ نعود فندخل في دائرة اللامتناهي التي ينصرع العقل فيها حتى ولو فرضنا أن القوة المحرِّكة للفوتونات قوة إلهية؛ لأن هذا الفرض ليس أقرب إلى العقل من نسبة الحركة لطبيعة الفوتونات نفسها، ولأنه لا ينقذ العقل من ورطة اللامتناهي؛ لأنه لا يستطيع أن يتملَّص من سؤال آخر وهو: من أين جاء ذاك المحرِّك الأول بالحركة؟ أو من أين استمدَّ قوته؟ فإن فرضنا محرِّكًا آخر قبله مَنَحَهُ هذه الحركة درجنا في سلسلة اللامتناهي التي لا يخرج منها ولا يستقر فيها العقل مقتنعًا راضيًا، فإذا لم يكن بدٌّ من فرض قوة واجبة الوجود كأصل أو علة لوجود الكون متحركًا أو لتحرُّك المادة، فماذا يمنع أن تكون المادة المتحركة هي نفسها واجبة الوجود؟ ولماذا نقدِّم عليها قوة لا مزية لها وليس فيها إقناع للعقل أكثر مما في وجوب وجود المادة نفسها؟

على أي حال القارئ حر في تعليل وجود المادة متحركة، ونحن نبتدئ في شرح تطور الكون المادي من وجود بحر فوتونات لها على الأقل نزعة التقارب.

(٢) ناموس التكاثف

في هذه الحالة نرى بعين العقل كل فوتونة بين ست فوتونات من حولها في الجهات الست، وهي ميَّالة للدنوِّ إلى كل واحدة منها، أو بتعبير الاصطلاح الجاذبي كل واحدة راغبة في استدعاء أية واحدة من اللواتي حولها إليها، ولأنهنَّ جميعًا على مسافات متساوية بينهنَّ فلا تستطيع الواحدة منهنَّ أن تختار واحدة دون الأخريات، حتى ولو كانت لهنَّ خصلة الدوران المحوري.

فإذا فرضنا أن الكون غير متناهٍ بل هو ممتد من جميع النواحي إلى ما لا نهاية له، وهو أمر يستحيل تصوره فتكون الذرات الإيثرية أو الفوتونات في وضعها الذي تصوَّرناه متوازنة فيما بينها، وليس ثمة من داعٍ أو عامل لتحريكها بعضها نحو بعض، بل تبقى كذلك إلى أبد الآبدين، أو إلى أن تطرأ عليها قوة أجنبية تحرِّكها وتخلُّ توازنها هذا فتشرع في تطورها تجمُّعًا وتفرُّقًا فأين القوة الأجنبية؟

وإنما نحن علمنا أن الحيِّز الكوني متناهٍ أي محدود الحجم حوله فراغ نعتبره عدمًا، وليس عندنا دليل قط أنه انشقَّ من كونٍ أعظم غير متناهٍ، وإن كان هذا لا يستحيل حدوثه إلا عند عقلنا الذي لا يستطيع تصوُّر اللامتناهي.

فلنبق على فرضنا الأول وهو أن كوننا المادي وحيد فريد، وقد وُجِدَ منذ الأزل بحر فوتونات بشكل كروي يحيط به الفراغ المطلق أو العدم، وحينئذٍ نرى الفوتونات متوازنة فيما بينها إلا في قشرة سطحه الكروي، فهناك نرى كل فوتون منجذبًا إلى خمس فوتونات من جهات خمس دون الجهة السادسة، وأن التوازن في القشرة السطحية مختل، وإذن فوتونات القشرة تدنو إلى ما بين الخمسة بحسب قانون تعدُّد

القوات المتسلطة على جسم واحد واختلاف جهاتها كما هو معلوم في علم الطبيعة، وحينئذٍ تصبح فوتونات الطبقة التي تحت القشرة أكثر عددًا وتقاربًا، فتجذب فريقًا من الطبقة التي تحتها، ويحدث تجمُّع في قشرة جديدة فتختل الموازنة في الطبقة الرابعة، وتهبط إلى طبقة تحتها ويحدث تجمُّع آخر قد يكون أعظم من التجمُّع الأول أو أقل.

ولا يخفى أنه إذا اختلَّ التوازن في ناحية اختلَّ في جميع النواحي، وحينئذٍ يطلق العنان لحركة التقارب والتباعد في كل ناحية، ولا يمكن تصوير كيفية ذلك بانتظام، فهو في نظر العقل البشري سلسلة مصادفات لا ضابط لها، وهكذا تحدث تجمُّعات متوالية تتعاضد بينها قوات تقارب مختلفة، ومهما كانت الطبيعة منظَّمة ومحافظة على التشاكل Symmetry فلا بد أن يزداد اختلال التوازن من كل ناحية.

وفيما نحن نتصوَّر التجمع في طبقات غضضنا النظر عن اختلال التوازن في الطبقات الكروية نفسها الأمر الذي يمزِّقها إلى تجمُّعات صغيرة، وهذا التمزُّق محتمل جدًّا، بل هو منتظر إذا كان عدد فوتونات القشرة وترًا لا شفعًا، أو وتر الوتر بحيث يستحيل أن تنقسم القشرة إلى جماعات متساوية العدد من غير فضلة، فالفضلة وحدها إما أن تكون مجموعة أصغر أو أن تنضمَّ إلى مجموعة أخرى أكبر، وهذا التفاوت في أحجام المجموعات واختلاف المسافات بينها يزيد في اختلال التوازن، ويُنشئ اضطرابًا في بحر الحيِّز الكوني الفوتوني، وحينئذٍ نستطيع أن نتصوَّر ذلك البحر الإيثري اللطيف يتحوَّل رويدًا رويدًا إلى جماعات غيمية هنا وهناك بتناسب قليل، وهي ما يسمونه سُدُمًا (جمع سديم).

يمكنك أن تتصوَّر هذه الدرجة الأولى في نشوء الكون المادي وتصوره إذا ملأت إناءً حليبًا ثم عصرت عليه ليمونة حامضة، يكفي أن تهزَّ الإناء قليلًا فترى زلال اللبن تكتَّل كتلًا متقطعة، وإذا ساعدت حركة التكتُّل بأن تحرَّك اللبن بملعقة لكي يتوزَّع فيه حامض الليمون رأيت الكتل متوزِّعة في مصل اللبن الصافي هنا وهناك، ولولا جاذبية الأرض لما كنت تراها ترسب متجمعة، بل تبقى متوزِّعة في كل ناحية من المصل، وتبقى في حركتها الدورانية التي أحدثها التحرك بالملعقة إلى الأبد.

على هذا النحو نشأ التكاثف الأول في بحر الحيِّز الكوني وتولدت التكاثفات Condensations المتعددة التي هي السُّدُم الأولى، وهي الدور الثاني من أدوار الكون المادي.

(٣) ناموس الدوران

هذا التكاثف استلزم الحركة — حركة الانتقال في الحيز من نقطة إلى نقطة — وقد فرضنا أنها طبيعة في الفوتونات متبادلة بين بعضها والبعض على قاعدة أن الأقرب يقترب إلى الأقرب، والعدد الأكثر يستدني العدد الأقل.

فإذا فرضنا أن جميع فوتونات الطبقة السطحية تهبط إلى الطبقة التي تحتها (نعني إلى جهة المركز) وكلتاهما إلى ما تحتهما كانت النتيجة تقلُّص البحر الفوتوني وتكاثفه في كرة أصغر إلى أن يصبح أخيرًا جِرْمًا واحدًا عظيمًا كثيفًا جدًّا، وأكثفه في مركزه بحيث لا يستطيع العقل تصور مقدار كثافته، ولا حركة دورانية فيه بل يكون بجملته ساكنًا وأجزاؤه ساكنة بنسبة بعضها إلى بعض، ولكن المشاهد في تعدد السُّدُم يخالف هذا الفرض الذي ترفضه طبيعة الحال وينقضه قانون التجمع والتكاثف كما رأيت، فقد رأيت أن الاختلال في التوازن بين الفوتونات يجعل حركات التجمع مختلفة الاتجاه إلى جميع الجهات؛ ولذلك تحدث عدة تكاثفات.

ولذلك إذا تصوَّرنا أن حركة التقارب بين الفوتونات وبين جماعاتها المتكونة حديثًا غير متجهة كلها اتجاهًا واحدًا نحو مركز الحيِّز الكوني، بل بعضها معامد وبعضها معارض على زوايا مختلفة وبعضها معاكس، فحينئذٍ نقدر أن نتصوَّر التكاثف مبتدئًا بحركة دورانية منذ بدأ تكاثف الطبقة الخارجية الأولى.

وبعدئذٍ نتصوَّر كل تكاثف آخر مجاريًا للتكاثف الأول في اتجاه دورانه، وحينئذٍ نرى البحر الكوني كله دائرًا حول مركزه بسرعات مختلفة في مناطقه بعضها أسرع من بعض، وبعضها أبطأ من بعض، وإنما كلها تدور في اتجاه واحد.

وإذا صحَّ افتراضنا هذا وعزَّزته الظاهرات وهو أن للفوتون حركة طبيعية أخرى؛ أي حركة الدوران المغزلي مع حركة التقارب، كان ثمة سبب آخر لتكون التكاثفات دائرة على محورها، وهو اكتساب هذا الدوران من دوران الفوتونات.

نرى شاهدًا على هذا في الجيروسكوب فإنه يدير معه الوعاء الذي هو فيه إذا لم تمنعه قوة أخرى، فإذا تصورت الفوتونات كلها تدور على محاورها في اتجاه واحد سهل عليك أن تتصور مجموعاتها متخذة هذه الحركة نفسها وفي نفس الاتجاه، فالحركة الدورانية Angular Momentum التي يكتسبها الكل من أجزائه هي سنة طبيعية منطقية، ومن هذا القانون نشأ قانون بقاء الحركة الدورانية أي دوامها Conservation of Angular Momentum وتوزعها من الكل على الأجزاء التي تفرعت منها كما هي مشروحة في متون علم الميكانيكيات، فإذا تشبَّع ذهنك بهذا القانون جيدًا سَهُل عليك أن تتصور دوران السدم وأجزائها كأنها موروثة من أصل واحد وهو دوران البحر الكوني منذ اختلال توازنه وبدء اضطرابه.

وكلما استقل تكاثف أو سديم (كما هو مصطلح على تسميته) بنفسه ورث حركة الدوران هذه من الأصل الذي اشتُقَّ منه، وجعل يدور على نفسه بنفس الاتجاه، وإن وُجِدَت بعض السُّدُم تتحرك أو تدور باتجاه مخالف للاتجاه العام؛ فبسبب شيء من فوضى التكاثف والاشتقاق التي أحدثها اختلال التوازن كما تقدَّم القول؛ لأنه في بحر عظيم كهذا مؤلَّف من ذرات صغيرة بالنسبة إلى عظمه وحركتها زهيدة بالنسبة إليه لا يمكن أن يشرع بتحرُّكه الدوراني كمجموع تحركًا تام الانتظام والتشاكل بين أجزائه

Symmetrical، فلا بد من حدوث شواذ زهيدة بين حركات أجزائه، فهذه النتيجة — أي دوران متجمعات الفوتونات — هي ما نراه في السدم الموجودة الآن، والتي نرصدها ونرى نماذجها في أدوارها المختلفة نراها جميعًا تدور على محاورها بسرعات متفاوتة من شبه السكون إلى سرعة مئات الأميال بالثانية حسب موقعها في المجموع، وبُعْدها عن المركز.

(٤) بدء عمل الجاذبية وقانون التكاثف

متى شرعت مادة الحيز الكوني تتكاثف على نحو ما شرحناه يشرع ناموس الجاذبية يتضح لنا جذبًا فدفعًا؛ لأنه حالما يبتدئ التكاثف يبتدئ أيضًا تكوُّن البروتونات والكهارب، إذ لا يوجد مانع يمنعها من التكوُّن ما دامت موادها موجودة والحركة اللازمة لها حادثة، وحينئذٍ نرى الذريرات تتكوَّن من الفوتونات والذرات من الذريرات والجزيئات تتألَّف كيماويًّا، ونرى بقيات باقية من ذريرات البحر الفوتوني أو ذريرات البحر الإيثري إن كانت غير فوتونية تتصدم من دوران البروتونات ودوران الكهارب حولها.

وبالاختصار؛ نقول إن قانون الجاذبية العام جذبًا ودفعًا يشرع عمله بوضوح، وعليه فعملية التكاثف تكون خاضعة: أولًا لقوة الجاذبية، وثانيًا لسرعة الأجزاء التي يتكوَّن منها التكاثف بحيث لا يزيد السديم المتكوِّن عن حجم محدود، ولا ينقص عن حجم آخر محدود وإلا فلا يثبت، أي إنه يجب أن يكون توازن بين قوة الجاذبية فيه وسرعة دوران أجزائه حول مركزه، وإلا فهو مقلقل مزعزع (راجع قانون المسارعة في الملحق الثاني).

ولا يخفى أن قانون بقاء قيمة الحركة الدورانية أي دوامها Conservation of Angular Momentum يقضي بأن لا تتلاشى قيمة الحركة الدورانية، بل هي ككل حركة يمكن أن تنتقل من جسم إلى آخر، أو تتوزَّع إلى أجسام في الحيز حسب اتساعه، وبموجب هذا الناموس كلما تقلص جِرْم أو سديم وصغر حيزه ازدادت سرعة دورانه؛ لأن قيمة حركته الدورانية لم تنقص بنقص حجمه، جميع حركات الدوران على الأرض متمشية على هذا القانون، والمشاهد من حركات السُّدُم والأجرام الدورانية يطابق هذا المبدأ والقانون كل المطابقة.

•••

بقيت أبحاث أخرى في تناسب المتجمعات الكبرى للصغرى، ونشوء المجموعات الكروية المسماة «الكوكبات العنقودية globular clusters» التي كل كوكبته منها تدور على محور واحد كأنها كتلة واحدة

متصلة بعضها ببعض، مع أن بينها أبعادًا شاسعة، وهناك اعتبارات لم يعد يسع المقام الاسترسال فيها، (تراها في كتابنا: نشوء الكون وتطوره المُعَد للطبع).

الفصل العاشر

تمدد الكون وتقلصه

رأينا في الفصل السابق أن عناصر المادة تتحوَّل تدريجيًّا من ذرات إلى فوتونات تتفانى في بحر الإيثر؛ بسبب أن الأحداث المختلفة في الطبيعة تُفضي إلى إطباق الكهرب على البروتون، فينطلقان فوتونات في أشعة كهرطيسية في ذلك البحر الإيثري كما علمت، فمادة الكون إذن تتناقص تدريجيًّا بسبب هذا التشعع.

وقد حسب العلماء الأخيرون أن الشمس تنقص بهذه التشععات المتوالية كل ثانية ٤ ملايين طن من وزنها تقريبًا، أو نحو ٢٥٠ مليون طن كل دقيقة، فبعد ملايين السنين تذوب الشمس (وكل جِرْم) ذوبان قطعة الجليد في ماء البحر، وهناك مَنْ يقول ٣٥٠ طنًّا في الدقيقة والعلم عند الله.

ولا يخفى أنه كلما نقصت مادة الشمس وخفَّ وزنها ضعفت قوة جاذبيتها؛ لأن الجاذبية تتوقف على حاصل ضرب ذرات الجِرْمين المتجاذبين كما علمت في فصل قانون الجاذبية، وبالتالي تتباعد سياراتها عنها، وقد حسب تجينز أن الأرض تبتعد في فلكها عن الشمس بهذا السبب نحو يردة كل قرن من السنين، وعلى هذا القياس تتباعد السيارات عن الشمس، وتتباعد الأجرام بعضها عن بعض لهذا السبب عينه، فتنتفخ المجرَّة لتباعد أجرامها وكوكباتها، وعلى هذا النحو تتباعد المجرات أيضًا، فالكون كله ينتفخ رويدًا ويتسع حيِّزه.

ليس هذا الانتفاخ الكوني مجرد تكهُّن أو تخرُّص أو تفلسف، وإنما هو حقيقة واقعة مشاهدة، فقد شاهد هوبل مدير مرصد ويلسن (أعظم مرصد في العالم اليوم) في كاليفورنيا أن الأجرام السحيقة تتباعد بسرعات مختلفة لا تكاد تُصدَّق.

فهذا الكون العجيب العظيم الذي تجمعت فيه ملايين المجرات مصاب بمصيبتين: الأولى أنه يتشتَّت بسرعة في الفضاء الفارغ، وعلى التمادي يملأ حيِّزًا أكبر، يضاعف أضعاف حيِّزه الحالي، والثاني أنه يضمحل تدريجيًّا في أمواج كهرطيسية حاملة فوتونات إلى أن تمتزج فوتوناته في البحر الإيثري، وتلتبس فيه كمادة منه.

وتجينز يقول: إنه بعد هذا الاضمحلال النهائي على هذا النحو تعود الذريرات الفوتونية الإيثرية تتجمَّع في كهارب وبروتونات فذرات فجزيئات فكتل أجرام وجماعات أجرام ... إلخ، تعود تتجمع بقوة التجاذب بينها كما فعلت أولًا على نحو ما شرحناه في الفصل السابق، فكأن الكون يعيد رواية نشوئه

وتطوره من جديد، والله أعلم، كما أعاد هذه الرواية قبلًا وكم يعيدها بعدُ ذلك هو الأزل، وهذا هو الأبد السرمد الذي تقف عنده الأفهام حائرة ذاهلة.

أجل، إن الكون الأعظم ينشأ ويتطور ويشيخ ويضمحل مرة بعد مرة إلى ما لا نهاية له كما كان لا بداية له، فهو تطور دوري يطوي في كل دور ملايين ملايين الأدهار والأحقاب.

وكان أينشطين قد قدر بحسب نسبيته أن للكون الأعظم الشامل ملايين المجرات قدرًا معينًا من المادة يشغل حيِّزًا معينًا من الفضاء بشكل بيضة فارغة لا زلال فيها ولا مح؛ أي إن مادة الكون تشغل قشرة البيضة فقط، وضمن هذا الحيز البيضي فراغ مطلق وحوله فراغ مطلق أيضًا، وقال: إن حجم الكون هذا وشكله ثابتان لا يتغيران، ومجال الحركة فيه مقتصر على هذه القشرة.

ولكن لما أعلن هوبل أرصاده عن تباعد الأجرام والمجرات قام دي ستر ودرس أرصاد هوبل، وبرهن أن الكون الأعظم آخذ بالانتفاخ؛ أي إنه ليس ثابت الحجم كما قال أينشطين، ثم حسب دي ستر سرعة الأجسام أو الأجرام المتباعدة ومعدل الانتفاخ، ولكنه لم يقل متى ابتدأ الانتفاخ؟ أي لم يبين الحالة التي كان عليها الكون حين ابتدأ ينتفخ.

وكان الأب ده لامتر العالم البلجيكي إنه لما اطلع على نظرية أينشطين نشر رسالة في إحدى المجلات الحقيرة (لأنه لم تتكرم مجلة معتبرة بنشر رسالته) فحواها أن الكون كما وصفه أينشطين، واستنتج حجمه وشكله من نظريته النسبية لا بد أنه ابتدأ صغيرًا جدًّا، ثم جعل يتمدد حتى صار كما هو الآن، وإلا لما اقتضى أن يكون فارغًا في داخله، إن تفرغه الداخلي دليل قاطع على أنه كان كتلة كثيفة متجمعة حول المركز، ثم صار ينتفخ كانتفاخ فقاعة الصابون إذا نفخت فيها.

فلما ظهرت أرصاد هوبل وأبحاث دي ستر عاد العلماء إلى رسالة الأب لامتر التي لم يعيروها سابقًا أقل اعتبار، وقالوا كما قال: إن الكون يتمدد باستمرار، فالأب لامتر عرف بالمنطق والحساب ما اكتشفه هوبل بالرصد.

الكون ابتدأ كما برهن الأب لامتر.

وهو الآن كما برهن أينشطين.

ومستقبله كما برهن دي ستر.

أما أينشطين فلما سمع بخبر أرصاد هوبل ذهب إلى أميركا ونظر بنفسه الأرصاد ورصد مع هوبل، فاقتنع بنظرية التمدد ونقَّح نظريته في شكل الكون وتمدده.

•••

وهنا يرى القارئ أن الجاذبية تلعب دورها في هذا التمدد كما لعبت دورها في التجمع.

وقد علم القارئ أن الجسم أو الجِرْم المندفع يأخذ بالطبع في سيره خطًّا مستقيمًا، ولكن قوة جاذبية المركز تلويه نحوها، أي إنه لولا جاذبية المركز لبقي مندفعًا في خط مستقيم.

ولذلك إذا كانت قوة الجاذبية تضعف قرب المركز بسبب نقص مادتها فلا بد أن يضعف إحناؤها له، وبالتالي يبتعد خط الانحناء؛ أي إنه يميل إلى خط الاستقامة ما استطاع، كالقضيب المرن إذا لويته يظل يميل إلى الاستقامة بقدر ما تخفف قوتك في إمالته، وهكذا الجِرْم يميل إلى خط الاستقامة ما استطاع، أو بقدر ما تطلق له قوة الجذب الحرية للعودة نحو خط سيره الأصلي (المستقيم).

وقد نسبوا هذا الشرود عن المركز إلى قوة النزوع إلى الاستقامة على نحو ما قلنا هنا، وسموها قوة الدفع الكوني Cosmic Repulsive أي إن للجسم المندفع نزعة طبيعية للميل إلى الاستقامة.

لدى هذا التطور الكوني العظيم يقف العقل البشري مدهوشًا ذاهلًا.

ولماذا هذا الذهول؟ أليس أن العقل نفسه هو الذي غلغل في أعماق هذا الكون وأدرك هذه الحقائق؟

فما باله يُدهش مما اكتشف وعرف؟

أجل، يذهل لأنه يرى نفسه حقيرًا لدى عظمة هذا الكون العجيب.

لا، لا تستصغر نفسك أيها العقل الأعجب والأعظم.

أتزعم أنك جِرْم صغير وفيك انطوى العالم الأكبر؟

الخاتمة

تلك هي الجاذبية التي فتح الفيلسوف الأكبر إسحاق نيوتن بضبط سنتها بوابة حقل الطبيعة، ودعا رجال العلم منذ عصره إلى اليوم؛ لكي يدخلوا إلى ذلك الحقل الواسع الأرجاء ويطَّلعوا على ما فيه من كنوز عرفانية باهرة.

لا ريب أن الفتح العلمي الذي فتحه نيوتن كشف عن معظم أسرار الطبيعة، وبدَّد دياجير الجهل ومحا ظلاله، وفتح البصائر المنيرة لرؤية خبايا قوات الطبيعة واعتقالها لنفع المجتمع الإنساني.

منذ عهد نيوتن إلى اليوم تقدَّم العلم النظري والعرفان العملي عشرة أضعاف ما كان قبله، وكان أنه انقضى نحو ألفي سنة من عمر العلم الذي انتهى به عصر الجهل المطبق والعلماء ما زالوا يتخبَّطون في دياجير الخرافات والترهات ويبنون على أضاليلهم عقائد فاسدة، ويعتسفون طريق الهدى في مسالكهم العملية إلى أن جاء نيوتن.

وما خبَّ الإنسان خبَّه المتسارع في الاكتشاف والاختراع وفي العلم خاصة إلا بعد اكتشاف نيوتن سُنَّة الجاذبية وانتشار نظرياته في المبادئ الطبيعية التي تبسَّط فيها في ثلاثة مجلدات، إذ أصبحت القواعد الأساسية التي يُبْنَى عليها كل علم حديث تقريبًا.

ففي عوالم الفنون الهندسية وفي الصناعات والزراعات وسلك البحور وفي الاختراعات التي لا تُحْصَى — النافعة والتي أسيء استعمالها كالأسلحة المختلفة — تجد السنن والمبادئ الطبيعية التي كشفها نيوتن ظاهرة في صلبها جميعًا ناتئة في حواشيها مالئة بطونها.

حتى في الاقتصاديات والسياسيات وسائر الاجتماعيات تجد — إذا غلغلت فيها — سنن نيوتن ومبادئه الطبيعية عاملة فيها.

فلا ريب أن العصر منذ عهد نيوتن إلى اليوم يعد سيد العصور الأعظم في العلم والاختراع، فهو على رأس العصور السالفة كالهرم الباذخ الراسخ بين هضاب الصحراء، وذلك الفيلسوف العظيم بين الفلاسفة العظماء منذ عهد طاليس إلى اليوم هو كالشمس بين السيارات والنجوم التي تختفي تحت سطوعه.

إن جاذبية نيوتن ومباحثه في النور وطيفه ومبادئه في الطبيعة أنارت الطريق أمام أساطين العلم مثل هرتز وهولمز وفاراداي ومكسول وميكلسون وأينشطين، وعشرات غيرهم ممن غابوا عن الذهن الآن.

لا ريب أن العقل البشري اتسعت تصوراته وعمقت تبصراته بعد نيوتن أضعاف ما كان شأنه قبل ظهور ذلك العَلَم المفرد، إذا كان في اللغة أبلغ من كلمة عبقري فهي لنيوتن وحده، وإلا فهو العبقري الأوحد وغيره ممن نلقبهم بالعباقرة مفتئتون.

الملحقات الرياضية

لمن يشاء الاطلاع على البراهين الرياضية للقوانين الواردة في هذا الكتاب

الملحق الأول: ملحق [الفصل الثاني: القوة القصوى – اكتشاف نيوتن السر]

قانون جاليليو لسرعة الأجسام الساقطة

لاحظ جاليليو أن الجسم الساقط يتسارع بسقوطه، ووُجِد بالاستقراء والاختبار أن سرعة سقوطه تزداد كلما اقترب إلى الأرض، فعلى سطح الأرض يهبط الجسم في نهاية الثانية الأولى ٣٢ قدمًا، ولأن سرعته في أول الثانية صفر وفي نهايتها كلها ٣٢ فيكون متوسط سرعته (٠ + ٣٢)/٢ = ١٦ قدمًا في الثانية الأولى.

وفي الثانية الثانية يكون ١٦ + ٣٢ = ٤٨.

وفي الثانية الثالثة يكون ٤٨ + ٣٢ = ٨٠.

وهلم جرًّا، وإذا أردت مجموع السقوط في عدد من الثواني فاستعمل القاعدة التالية لقانون المسارعة، أي تزايد السرعة هكذا:

نرمز عن المسارعة بحرفي مس وعن مدة الثواني بحرف ث، فمعدل (أي متوسط) سرعة الجسم الساقط إذن (مس × ث)/٢ في المثل الأول.

فإذا ضربنا هذا المتوسط بعدد الثواني ث التي يقضيها في الهبوط كان مقدار المسافة التي يهبطها في عدد معين من الثواني مساويًا = (مس × ث^{٢})/٢.

بهذه العبارة الرياضية يمكنك أن تحسب كم من الأقدام سقط الجسم في أثناء عدد من الثواني؛ وذلك بأن تضرب مربع عدد الثواني بالعدد ٣٢ وتقسم الحاصل على ٢، احفظ هذا ببالك:

مسافة الهبوط = (مس ث^{٢})/٢ (معادلة أولى).

جدول الأمثلة على قانون المسارعة.

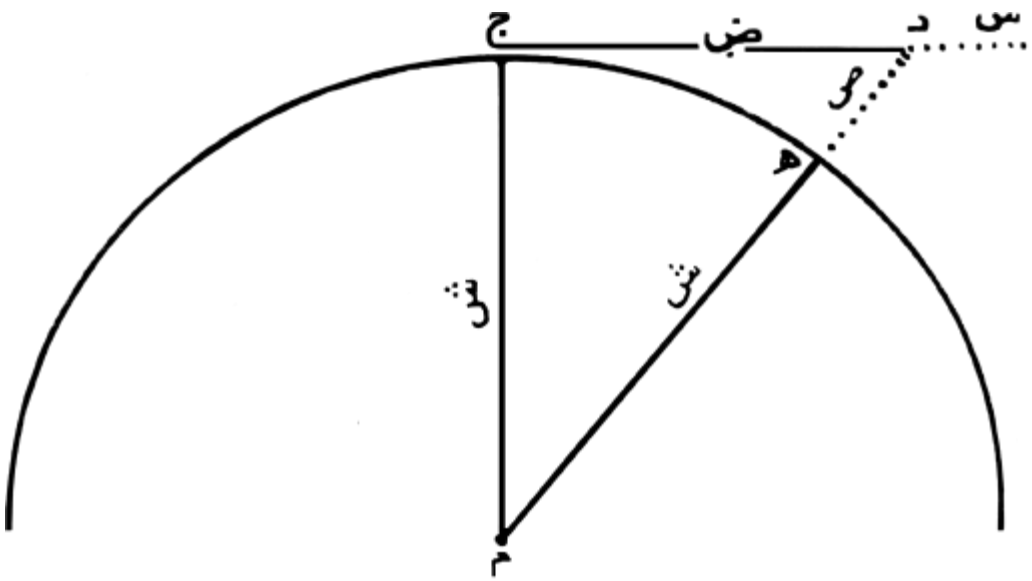
مربع الثواني ب ٣٢ مقسوم ÷ ٢ = ١٦		مجموع أقدام السقوط في الثواني كل ثانية		المجموع مع ما سبق		معدل السرعة كل آخر ثانية		السرعة الإضافية	عدد الثواني
		١٦							الأولى
(٢)^{٢} × ١٦	=	٦٤	=	+ ١٦ ٤٨	=	١٦	+	٣٢	الثانية
(٣)^{٢} × ١٦	=	١٤٤	=	+ ٦٤ ٨٠	=	٤٨	+	٣٢	الثالثة
(٤)^{٢} × ١٦	=	٢٥٦	=	+ ١٤٤ ١١٢	=	٨٠	+	٣٢	الرابعة
(٥)^{٢} × ١٦	=	٤٠٠	=	+ ٢٥٦ ١٤٤	=	١١٢	+	٣٢	الخامسة
(٦)^{٢} × ١٦	=	٥٧٦	=	+ ٤٠٠ ١٧٦	=	١٤٤	+	٣٢	السادسة
(٧)^{٢} × ١٦	=	٧٨٤	=	+ ٥٧٦ ٢٠٨	=	١٧٦	+	٣٢	السابعة
(٨)^{٢} × ١٦	=	١٠٢٤	=	+ ٧٨٤ ٢٤٠	=	٢٠٨	+	٣٢	الثامنة

وهلمَّ جرًّا إلى آخره.

الملحق الثاني: قانون المسارعة الدورانية

ذلك ناموس الأجسام الساقطة، ولكن الأجرام السائرة بسرعة وبقوة تعادل قوة الجاذبية لا تسقط سقوطًا، وإنما تنحني انحناءً نحو المركز فتدور حوله كالقمر حول الأرض، فإليك قانونه.

فيما يلي اكتشاف النسبة الثابتة بين سرعة الجسم اللازم لفك دورانه (أي مداره) حول المركز ومسافة بُعْده عن المركز، أي النسبة التي تساوي انحناء الجسم في دورانه عن خط اتجاه انقذافه المستقيم كما يتضح من الرسم التالي:



شكل ١: الشعاعان ش ش منفرجان أكثر من اللازم للتمكن من رسم الأحرف الرمزية.

لنفرض أن الجسم عند ج مندفع بسرعة س (قل أمتار أو أميال أو ما تشاء)، فإذا لم يكن ثمة سلطة أية قوة أخرى عليه سار في اتجاه اندفاعه بخط مستقيم إلى د وإلى ما لا نهاية له.

ولكن إذا كان ثمة قوة أخرى مركزية كالنقطة م مثلًا (القوة الجاذبة) انحرف عن اتجاه ج د إلى اتجاه ج ه المنحني، وبدل أن يصل في ثانية إلى د يصل في الثانية إلى ه، فكأنه هبط من مستوى ج د في القوس ج ه بعد أن ابتعد عن ج قدر س (وهو مسافة ج ه) السرعة بالثانية أمتارًا أو أميالًا، فما هي مسافة هبوطه في الثانية؟ وبأي قيمة نعبِّر عنها؟

لا وسيلة للتعبير عنها إلا بقيمة النسبة الثابتة بين س (السرعة) وش الشعاع نصف القُطْر، أي مسافة بُعْد ج عن المركز، فكم تساوي المسافة د هـ من هذه النسبة؟ فلنرَ.

لا يخفى أن الخط ج د مماس للدائرة التي حول المركز، الدائرة التي يدور فيها، وخط المسافة من ج إلى م هو الشعاع، فإذن الخط ج د معامد للشعاع ج م والزاوية عند ج قائمة.

ارسم الوتر م د وهو مؤلَّف من ش الشعاع والخط الآخر ص (المسافة بين د هـ وهي مسافة الهبوط)، فلنا إذن مثلث قائم الزاوية ج م د.

بحسب قضية فيثاغورس مربع وتر هذا المثلث يساوي مجموع مربعي ساقيه أي ج د وج م، فلنعبر عن ج د بحرف واحد ض، وعن ج م بحرف واحد هو ش الشعاع هكذا.

(ش + ص) ^{٢} = ض ^{٢} + ش ^{٢} بالجبر.

ش ^{٢} + ٢ش ص + ص ^{٢} = ض ^{٢} + ش ^{٢}.

احذف ش ^{٢} من الجانبين واستغنِ عن ص ^{٢}؛ لأن قيمتها زهيدة جدًّا لا يعتد بها، يبقى ٢ش ص = ض ^{٢} أو ص = ض ^{٢}/٢ش (معادلة ٢).

أي إن ص مسافة هبوطه من د إلى هـ تساوي مربع سرعته (من ج إلى د) مقسومًا على مضاعف مسافة بُعْده عن المركز الذي استماله عن د إلى هـ.

وهو معلوم أن المسافة ض تقاس بالسرعة مضروبة بالوقت هكذا ض = س ث (معادلة ٣).

بحيث إن س رمز السرعة، وث رمز الوقت (الثانية أو الثواني).

وبما أن مسافة ص هي مقدار الهبوط المعبر عنها هكذا في المعادلة الأولى.

ص = (مس ث ^{٢})/٢ (معادلة ٤).

ضع في المعادلة الثانية قيمة ض التي في المعادلة الثالثة وقيمة ص التي في المعادلة ٤ يكن لك:

مس ث ^{٢}/٢ = س ث ^{٢}/٢ش أو مسافة الهبوط مس = س ^{٢}/ش (المعادلة ٥).

الجاذبية علة المسارعة؛ ولهذا اعتبرنا ج (الجاذبية) = مس.

أي إن المسارعة التي هي نتيجة فعل قوتين إحداهما مركزية تساوي مربع السرعة الناتجة عنها مقسومة على مسافة البُعْد عن المركز، وبعبارة أخرى: إن النسبة التي بين السرعة ومسافة البُعْد عن المركز (المساوية لمسافة الهبوط) هي مربع السرعة مقسومة على مسافة البُعْد.

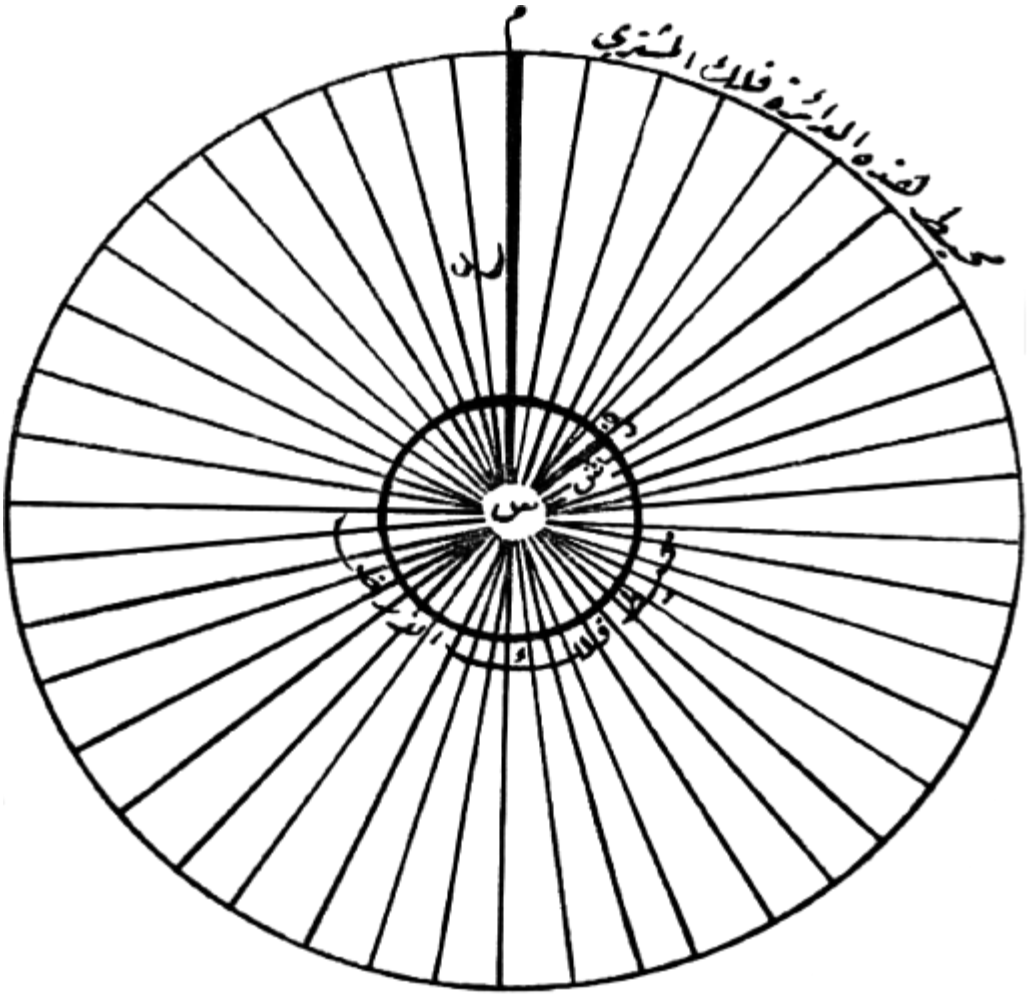
هذه النسبة ثابتة Constant وبموجبها كلما بعُد الجسم الدائر حول المركز صارت سرعته أقل، وكلما كان أقرب كانت سرعته أعظم بحيث تكون المسارعة دائمًا مساوية س ^{٢}/ش.

فإذا اختلَّت هذه النسبة بحيث تفوق سرعة الجسم على مسافة بُعْده شرد عن المركز، وإذا قلَّت سرعته بالنسبة إلى مسافة بُعْده هبط إلى المركز، وما دامت هذه النسبة محفوظة فهو دائر في مداره حول المركز إلى الأبد.

الملحق الثالث: قانون الجاذبية (الملحق الثالث من الفصل الثاني)

قسم أول

إذا اعتبرنا الجو الجاذبي خطوط قوة منتشرة من المركز (مركز الشمس مثلًا) إلى جميع الجهات بالتساوي، فبالطبع يكون هذا الجو الجاذبي كثيفًا قرب المركز، ولطيفًا كلما بعُد عن المركز (كما ترى في الشكل الثاني)، أي كلما كان أقرب إلى المركز كان أقوى، وكلما كان أبعد كان أضعف، فالسيَّار الذي يدور حول الشمس في فَلَك مقرَّر إنما هو سابح في سطح كرة وهمية من هذا الجو على بُعْد واحد من المركز تقريبًا، وهو تحت سلطة من قوة الجذب في هذا الجو مناسِبة لبُعْده عن المركز، (أي نصف قُطْر تلك الكرة الوهمية التي نحن بصددها)، فأينما كان السيَّار في سطح تلك الكرة الوهمية كان تحت فعل قدر واحد من قوة ذلك الجو الجاذبي.



شكل ٢: الخطوط الصادرة من مركز الدائرة (الشمس) هي خطوط القوة (الجاذبية).

مثال ذلك: ض (في الشكل الثاني) الأرض تسبح حول س الشمس في خط غير معوَّج على سطح كروي، (والشكل قطاع الكرة) يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ش أي ض إلى س، وقوة الجاذبية منتشرة في ذلك السطح الكروي تساوي القوة موزَّعة على مساحة السطح الكروي (لا مساحة الدائرة) هكذا: ق/٤ب ش ^{٢}

حرف ب هنا هو «π الحرف اليوناني باي» هو عبارة عن قسمة محيط أي دائرة على قطرها (الذي هو ٢ش، أي مضاعف شعاعها) كما اصطلح عليه الرياضيون وهو يساوي ٢٢/٧ تقريبًا، وأما ٤ب ش ^{٢} فهي مساحة سطح أية كرة كما هو معلوم عند الرياضيين، وحرف ق عبارة عن قوة الجاذبية.

وكذلك م المشتري يسبح كالأرض حول الشمس في خط غير معوَّج على سطح كروي يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ع، (أي الخط م س).

فلنر الآن نسبة جذب الشمس للمشترى إلى جذبها للأرض على اعتبار أن المشتري يبعد عن الشمس خمس مرات كبُعْد الأرض عنها تقريبًا، (وبالتحقيق يبعد ٢، ٥ مرات).

ج (ض × س) = ق/(٤ب ش ٢) مساحة سطح الأرض (١).

ج (م × س) = ق/(٤ب ع ٢) مساحة سطح المشتري (٢).

بحيث إن: ج رمز الجاذبية، س كتلة الشمس، ض كتلة الأرض، م كتلة المشتري، ق قوة الجذب، ش مسافة بُعْد الأرض عن الشمس (أي شعاع فلك الأرض)، ع مسافة بُعْد المشتري عن الشمس (أي شعاع فلك المشتري).

ناسب بين المعادلتين: (١) و(٢) أي اقسم الواحدة على الأخرى.

ج (ض × س)/ج (م × س) = (ق/٤ب ش ٢)/(ق/٤ب ع ٢) أبسط.

ج ض/ج م = (١/ش ٢)/(١/ع ٢) = ع ٢/ش ٢ (٣).

أي نسبة جذب الأرض إلى جذب المشتري كنسبة مربع شعاع فلك المشتري إلى مربع شعاع فلك الأرض هكذا: ض: م: ع ٢: ش ٢ (٣).

فإذا كان شعاع فلك المشتري (أي مسافة بُعْده عن الشمس) ٥ مرات شعاع فلك الأرض (أي مسافة بُعْد الأرض عن الشمس)، فبحسب المعادلة (٣) لنا.

جاذبية الشمس للأرض/جاذبية الشمس للمشتري = ٥ ١/٢ ٢ = ٥ ١/٢ لأن ع = ٥ش.

أي إن جاذبية الشمس للأرض ٢٥ مرة جاذبية الشمس للمشتري.

قسم ثانٍ

بقي علينا أن نبرهن نص نيوتن أي قوة الجاذبية = (شمس × أرض)/(مربع المسافة بينهما).

من قوانين الطبيعيات أن القوة = تساوي كتلة الجسم مضروبة في مسافة الحركة، أي قوة = كتلة × حركة، ومنها الحركة = القوة/الكتلة أو بالرموز ش = ق/ك باعتبار أن ش رمز مسافة الحركة، وق رمز القوة، وك رمز الكتلة.

مثاله: قوة حصان يرفع جسمًا وزنه ٥٠ رطلًا مترًا واحدًا في ثانية، أو جسمًا وزنه ١٠٠ رطل خمسة أمتار بنفس الوقت هكذا:

قوة حصان = ٥٠٠ × ١ = ١٠٠ × ٥ = ٥٠ × ١٠ أو ٥ = قوة حصان/١٠٠.

بناءً على هذا القانون:

مسافة حركة الجاذبية أي مسيرها من المركز إلى المحيط وهو الشعاع ش:

ش = قج/ض أي قوة جذب الشمس للأرض/كتلة الأرض (وزنها).

ومثله شش = قج/ي أي قوة جذب الشمس للمشترى/كتلة المشتري (وزنه).

ض تمثل كتلة الأرض، ي تمثِّل كتلة المشتري، ش تمثل بُعْد الأرض عن الشمس، شش تمثل بُعْد المشتري عن الشمس، قج تمثل قوة الجاذبية.

وبناءً على هذا تكون معادلة الجاذبية السابقة (٣) هكذا:

قج/ض: قج/ي: شش ٢: ش ٢ (قوة الجاذبية).

ومنها: ش ٢ قج/ض = شش ٢ قج/ي (٤).

•••

ولكننا في هذه المعادلة لم نحسب حساب المسافة بين الأرض والمشتري؛ لأن التجاذب ليس بينهما بل حسبناها بين كل منهما والشمس، باعتبار أن الشمس المركز الذي يجذب كلًّا منهما وكل منهما يجذبها.

وكذلك غضضنا النظر عن التجاذب الذي بينهما، واقتصرنا على نسبة كلٍّ منهما إليها، فإذا رُمْنَا أن نحسب حساب هذا التجاذب كانت شم (كتلة الشمس) مركزًا بين جانبي هذه المعادلة، هكذا:

(ش ٢ قج/ض) = شم = (شش ٢ قج/ي).

أي إن كتلة الشمس تقوم مقام كلٍّ منهما هكذا:

شم = ش ٢ قج/ض ومنها قج = (شم × ض)/ش ٢ أي = (الشمس × الأرض)/مربع البعد بينهما وهي معادلة قانون نيوتن كما تقدَّم نصها في أول الفصل الثالث.

بناءً عليه إذا ضُرِبَ كلٌّ من طرفي المعادلة (٤) بقيمة ١/شم (أو إذا شئت قج/شم) هكذا:

(ش ٢ قج/ض ٢) × (١/شم) = (شش ٢ قج/ي) × (١/شم).

تصبح كما يجب أن تكون هكذا:

(شم × ض)/ش ٢ = (شم × ي)/شش ٢ = قج.

وهي معادلة نيوتن بعينها.

يعني أن قوة الجاذبية تساوي حاصل ضرب كتلتي جِرْمين مقسومًا على مربع البعد بينهما أينما كانا وعلى أي بُعْدٍ كانا (بقطع النظر عن تداخل جِرْم ثالث على مقربة من أحدهما أو من كليهما)، وهذا هو معنى تعميم قانون الجاذبية على جميع الأجرام.

قسم ٣ (امتحان القانون)

لم يدع نيوتن القانون إلا بعد أن امتحنه بتطبيقه، وقانون المسارعة المشروح في الملحق الثاني على التجاذب بين القمر والأرض.

المعلوم أن نصف قطر الأرض ٣٩٥٦ ميلًا، وقد علمنا من الملحق الأول أن الجسم يسقط على سطح الأرض بمعدل متوسط ١٦ قدمًا بالثانية كل ثانية، فعلينا أن نعلم معدل هبوط القمر نحو مركز الأرض وهو يبعد عنه ٢٣٨٨٥٧ ميلًا، والمعلوم أن سرعة القمر في الثانية ٣٣٥٠ قدمًا أو ٥٢٨٠/٣٣٥٠ من الميل (الميل = ٥٢٨٠ قدمًا).

وعلمنا من قانون المسارعة أن مس = س ٢/ش والمعدل الأوسط ل مس في الثانية هو ٢/١ × س ٢/ش أبدل الأرقام بالحروف.

معدل مس = (٢/١ × ٣٣٥٠ ٢ السرعة)/(٢٣٨,٨٥٧ × ٥٢٨٠) = ٢/٠,٠٠٨٩ = ٠,٠٠٤٤٥ من القدم = ٠,٠٥٣٤ قيراط، وهو متوسط هبوط القمر نحو الأرض بالثانية، هذا حسب قانون المسارعة، فلنر الآن هل الحساب حسب قانون الجاذبية يطابق الحساب حسب قانون المسارعة هذا؟

إذا قسمنا متوسط هبوط أي جسم على سطح الأرض على معدل هبوط القمر نحو الأرض هكذا ١٦ قدمًا/٠,٠٠٤٤٥ قدم = ٣٦٣٢ يعني كأن لنا مقدار هبوط الأجسام على الأرض ٣٦٣٢ مرة كمقدار هبوط القمر.

وبعبارة أخرى: كان مقدار جذب الأرض للأجسام التي على سطحها ٣٦٣٢ مرة كمقدار جذبها للقمر، فإذا كان قانون الجاذبية صحيحًا وجب أن يكون مربع مسافة بُعْد القمر عن مركز الأرض إذا

قِسْناه بنصف قطر الأرض مساويًا لهذا القدر «٣٦٣٢»، فكم هو بُعْد القمر عن الأرض بمقياس نصف قطرها؟ أي كم في هذه المسافة من أنصاف قطر الأرض؟

اقسم المسافة (بين القمر ومركز الأرض) على نصف قطر الأرض هكذا:

٢٣٨٨٥٧ مسافة بعد القمر عن مركز الأرض/٣٩٥٦ نصف قطر الأرض = ٦٠,٢٧.

أي إن مسافة بُعْد القمر عن مركز الأرض تساوي نحو ٦٠ مرة وكسور كنصف قطر الأرض ربع هذا العدد ٦٠,٢٧ ^{٢} = ٣٦٣٢.

وهذا العدد هو نفس العدد الذي مرَّ بنا سابقًا، أي هو عدد المرات لمقدار جذب الأرض للقمر إذا قيس بجذبها للأجسام على سطحها كما رأيت آنفًا.

إذن فناموس الجاذبية صحيح؛ لأنه مطابق لناموس المسارعة الذي عُرِف بالاختبار، وهو نتيجة الجاذبية.

لما خطر لنيوتن ناموس الجاذبية رام أن يمتحنه بما له من المعلومات عن دوران القمر حول الأرض وعن ناموس المسارعة هذا الذي نحن بصدده فعمل العملية السابقة، وكان معروفًا حينئذٍ بعملية زاوية اختلاف النظر Parallax أن مسافة بُعْد القمر عن مركز الأرض يساوي ٦٠ مرة نصف قطر الأرض.

وكان معلومًا حينئذٍ أن الدرجة من محيط الأرض ٦٠ ميلًا، فعلى هذا الحساب يكون نصف قطر الأرض ٣٤٣٦ ميلًا وهو خلاف الحقيقة، والحقيقة هي أنه ٣٩٥٦، فلما عمل نيوتن حسابه لم تأت النتيجة مطابِقة لقانون المسارعة القمرية، بل جاءت ٠,٠٤٤ من القيراط بدل ٠,٠٥٣٤ كما أبنَّا آنفًا، فلم يأخذه الغرور لكي يتسامح بهذا الفرق، واعتبر أن نظريته خطأ، فعَدَل عنها من غير أن يفوه بكلمة عنها.

بعد ست سنين بلغ إليه أن بيكارد الفرنساوي قاس قوسًا من الطول في فرنسا فوجد أن الدرجة تساوي ٦٩½ ميل (لا ٦٠ كما كان يظن)، وأن نصف القطر إذن ٣٩٥٦ (لا ٣٤٣٦ كما كان يُظَن قبلًا)، فأسرع نيوتن إلى إعادة عمليته على اعتبار تصحيح نصف القطر.

ويقال إنه لشدة انفعاله لم يتمالك أن يعمل العملية الحسابية بنفسه، فكلَّف صديقًا له أن يُسْرِعَ بعملها، فجاءت النتيجة نجاحًا باهرًا، وثمَّ أذاع نظريته.

الملحق الرابع: قانون كبلر الثالث (ملحق لـ [الفصل الثاني: القوة القصوى – اكتشاف نيوتن السر])

قانون كبلر: نسبة مربع المدة التي يقضيها السيَّار الواحد من حول الشمس إلى مكعب مسافة بُعْده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيَّار آخر إلى مكعب مسافة بُعْده، هكذا:

ت ٢ : تت ٢ : ش ٣ : شش ٣ .

باعتبار أن ت مدة دوران الجِرْم الواحد وتت مدة دوران الجِرْم الآخر، وش بُعْد الأول وشش بُعْد الثاني عن الشمس.

مثال ذلك: نصف قُطْر فلك الأرض ش (مقياس فلكي واحد)، ونصف قطر فلك المشتري ٥,٢ خمس مقاييس فلكية وعُشْرين.

اصطلح الفلكيون على اعتبار مسافة بُعْد الأرض عن الشمس مقياسًا فلكيًّا واحدًا أي مترًا أو ذراعًا فلكيًّا، وسائر أبعاد السيارات تُحْسَب بهذا المقياس (انظر أيضًا ٤ من الفصل الرابع).

فبهذا المقياس يبعد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُشْرَين كبُعْد الأرض.

والمشتري يُتِم دورته «تت» في ١١,٨٦ سنة أرضية، والأرض تُتِمُّ دورتها في سنة واحدة، فبناءً على معادلة كبلر أبدل الأرقام بالرموز هكذا:

١ ٢ : ١١,٨٦ ٢ : ١ ٣ : ٥,٢ ٣ بالبسط.

١/(١٤٠,٦) = ١/(١٤٠,٤) متساويان تقريبًا.

على هذا النحو يمكن القارئ أن يمتحن المعادلة في جميع السيارات فلا يجد فيها إلا خللًا زهيدًا؛ بسبب أن بعض الأرقام المحصاة تقريبية.

وبواسطة هذه المعادلة تستطيع أن تستخرج أي ضلع واحد مجهول فيها إذا كنت تعلم الأضلاع الثلاثة الأخرى، مثال ذلك: نبتون يبعد عن الشمس ٣٠ مرة كبُعْد الأرض تقريبًا فكم مدة دورته؟

ت ٢ : تت ٢ : ش ٣ : شش ٣ .

١ ٢ : ك ٢ = ١ ٣ : ٣٠ ٣ .

ك = $\sqrt{٢٧٠٠٠}$ = ١٦٤ سنة تقريبًا مدة دورة نبتون.

وافرض أننا نعرف مدة دورة المريخ ١,٨٨ سنة، فكم بُعْده عن الشمس؟

١ ٢: ١,٨٨ ٢ = ١ ٣: ك ٣.

ك = ٣√١,٨٨٢ = ١,٥٢ بُعْده بالمقياس الفلكي.

استخراج قانون الجاذبية من معادلة كبلر

معلوم أن محيط الدائرة (الفلك) يساوي ٢ ش ب باعتبار أن ب = محيط الدائرة مقسومًا على القُطْر أي ٧/٢٢ كما تقدَّم القول سابقًا.

ومعلوم أيضًا أن الوقت ت يساوي المسافة مقسومة على السرعة، فإذن:

ت = ٢ش ب/س للسيار الواحد.

تت = ٢شش ب/سس للسيار الآخر.

ت رمز للوقت الواحد، وتت للوقت الآخر.

وش بُعْد الواحد وشش بُعْد الآخر.

س سرعة الواحد، وسس سرعة الآخر.

فإذا وضعنا القيمتين الآنفتين بدل ت وتت في معادلة كبلر كان لنا.

٤ش ٢ ب ٢/س ٢: ٤شش ٢ ب ٢/سس ٢ = ش ٣: شش ٣.

بالبسط لنا:

١/س ٢: ١/سس ٢ = ش: شش.

أو س ٢/سس ٢ = شش/ش (معادلة أولى).

وبحسب قانون المسارعة الدوراني الذي شرحناه في الملحق الثاني:

المسارعة (أي قوة الجاذبية في فلك الأرض) ج = س ٢/ش أو ج ش = س ٢.

وقوة الجاذبية في فلك المشتري: قج = سس ٢/شش أو قج شش = سس ٢.

ناسب بين هاتين المعادلتين، أي اقسم الواحدة على الأخرى.

ج ش/قج شش = س ٢/سس ٢.

عبارة س ٢/سس ٢ الواردة هنا وردت أيضًا في المعادلة السابقة الأولى، فعادل بينهما هكذا:

ج ش/قج شش = شش/ش.

وبالجبر: ج/قج = شش ٢/ش ٢.

وهذه هي معادلة قانون الجاذبية بعينها.

يمكن استخراج معادلة كبلر أيضًا من معادلة قانون الجاذبية، ولا محل هنا لهذا.

الملحق الخامس: التناسب بين السرعة والبُعْد

في عملية استخراج معادلة قانون الجاذبية من معادلة كبلر ظهرت أمامنا المعادلة الأولى هذه:

س ٢/سس ٢ = شش/ش (٢).

وفحواها أن نسبة مربع سرعة السيار الواحد إلى مربع سرعة السيار الآخر كنسبة بُعْد الثاني إلى بُعْد الأول:

أو س ٢ × ش = سس ٢ × شش (٣).

أي حاصل ضرب مربع سرعة الواحد بمسافة بُعْده كحاصل ضرب مربع سرعة الآخر بمسافة بُعْده.

مثال ذلك: الأرض بُعْدها مقياس واحد وسرعتها ١٨,٥.

١٨,٥ ٢ × ١ = ٣٤٢.

وزحل بعده ٩,٥٣٨٨ مقاييس وسرعته ٦ أميال.

٢٦ × ٩,٥٣٨٨ = ٣٤٢ عدد ثابت بناءً على المعادلة الثانية أو المعادلة الثالثة لا فرق.

س ٢/سس ٢ = شش/ش.

تستطيع أن تستخرج أي ضلع مجهول: افرض أنك تجهل بُعْد المريخ وأنت تعرف سرعته ١٥ ميلًا بالثانية وتعرف سرعة الأرض ١٨,٥ ميلًا، فلك:

١٨,٥ ٢/١٥ ٢ = ك/١ = ١,٥٢ مقياس فلكي.

الملحق السادس: ملحق لآخر (٤) من الفصل الثاني

إذا قذفت جسمًا عن سطح الأرض قذفًا أفقيًّا لكي يستمر دائرًا حول الأرض على مقربة من سطحها كأنه قمر آخر لها قريب منها، فكم يجب أن تكون سرعته لكيلا يقع عليها ولا يشرد عنها؟

علمنا أن مسارعة أي جسم على الأرض ١٦ قدمًا بالثانية كل ثانية، بحسب معادلة قانون المسارعة في الملحق الثاني أي مس = س ^{٢}/ش بحيث إن س السرعة، ش البُعْد عن المركز، لنا:

مس = ١٦ قدمًا = ٢/١ × س ^{٢}/٣٩٥٦ نصف قطر الأرض بالأميال.

س ^{٢} = ١٦ × ٢٠٩٥٠٠٠٠ بالأقدام.

س = ٢٥٨٨٠ قدمًا.

س = ٤,٩ أميال.

---

[١] ملحق [الفصل الثاني: القوة القصوى – سر الدوران].

جدول المحتويات

مقدمة
١ – مَنْ هو نيوتن؟
٢ – القوة القصوى
٣ – شمول ناموس الجاذبية
٤ – مصدر القوى
٥ – سر التجاذب
٦ – الجاذبية والدافعية
٧ – الجو الجاذبي
٨ – نشوء الذريرات والأجرام
٩ – تطور الكون
١٠ – تمدد الكون وتقلصه
الخاتمة
الملحقات الرياضية