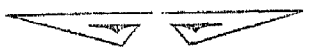
القسم الرابع

بعض مقتضيات النسبية

ليس هذا القسم من صميم النسبية . وانما ناموس النسبية يرشد الى مواضيعه . فمن ناموس تحدب الحيز المادي استنتج اينشتين ان الكون المادي لا يمكن ان يكون حيزاً ذا جهات ست لا نهاية لها، وثلاثة ابعاد متعامدة لانهاية لاطرافها . بل لا بد ان يكون حيزاً محدباً تلتقي حواشيه بشكل كروي او شبه كروي Spheroid . وبالتالي لا يكون غير متناهٍ وغير محدود ، بل يكون متناهياً ولكنهُ لكونهِ كرويًّا يكون غير محدود بحدود . وفي مايلي شرح وافٍ لنظريتهِ هذه ونظريات غيره فيها



الفصل الثامن عشر

الكون متناهٍ غير محدود ، كروي الشكل ، فارغ الجوف

١ — مقتضى هندسة اقليدس

كان من نتائج مباحث النسبية انسياق البحث الى شكل الكون المادي ، اي الحيز الذي تشغله الاجرام وما يحف حولها من أجواء جاذبية واشعاع كهربائي مغنطيسي Radiation على اختلاف أنواعه (وأمواج النور نوع منها) . ففتح علماء العصر باب البحث في اللانهاية مرّة أخرى ، بعد أن أغفل هذا الباب زمناً لاشتغال العلماء بخواص المادة وظاهراتها ونواميسها

كان العلماء منذ القديم الى ان بزغ فجر نظرية النسبية يذهبون الى ان الهندسة التي ضبط قضاياها اقليدس خاصة من خواص الفضاء . وغفلوا عن نظرية أن الفضاء بغير المادة هو العدم بعينه . ولا هندسة في العدم . غفلوا عن هذه النظرية واعتبروا الفضاء وجوداً حقيقيًّا ذا ثلاثة أبعاد (الطول والعرض والعمق) واشتغلوا بالهندسة بناء على هذا الاعتبار من غير نظر الى المادة التي تشغله ، بل اعتبروا المادة خاضعة لاحكام هذه الهندسة حتماً

بمقتضى هندسة اقليدس ، النقطة موضع في الفضاء . فان كان في ذلك الموضع ذرة من المادة فهي النقطة ، والاّ فهناك نقطة وهمية . او ان الذرة تشغل تلك النقطة . فالشيء الاساسي هو هذه النقطة الوهمية ، واحتلال الذرة لها عرضي . والخط مؤلف من عدد غير متناهٍ من النقط . فهو مفروض في الفضاء ايضاً . فان شغلتهُ مادة كانت المادة عرضاً وهو الجوهر . ولهُ خاصة الطول فقط . والسطح مؤلف من عدد من الخطوط لا نهاية لها ، ولهُ خاصة الطول والعرض فقط (الجهات الاربع) . والجسم او المجسم مؤلف من عدد من السطوح لا نهاية لها . ولهُ خاصة الطول والعرض والعمق (او السماكة) . أو الجهات الست

بناء على ذلك لا يكون الخط الاّ مستقيماً ، وهو أقصر مسافة بين نقطتين . فان كان منحنياً لم يعد خطًّا بل يصير حدوداً لسطح . كذلك السطح لا يكون الاّ مستوياً ، اي خطوطاً متوازية ، ولو قاطع فريق منها فريقاً آخر . فان كان السطح منحنياً صار حدوداً لمجسم

هذه هي خواص هندسة الفضاء الاقليدية ، سواء أكان الفضاء حيزاً مشغولاً بالمادة أم وهميًّا

خلواً منها . فلننظر في الحيز الكوني أي المشغول بالمادة لكي نرى كيف يمكن ان يكون شكله . وهل هو متناهٍ أو غير متناهٍ ؟

لو سألت أي شخص قد رسخت في ذهنه عقيدة لمذه الهندسة الاقليدية (وهي راسخة في ذهن كل واحد منا) : ماذا تعتقد في مدى هذا الكون المادي ؟ هل هو متناه أو لا نهاية لهُ ؟ لأجابك : لا أستطيع أن أتصوّره متناهياً ، أي ذا أول وآخر

— لماذا تعتقد هكذا ؟

— لاني اذا تصوّرت خطًّا يمتد في الفضاء فلا أستطيع ان أتصوّر ان امتداده ينتهي عند حد ، أو ان لهُ طرفين ينتهي بهما ، لانهُ ان لاح لي ان لهُ طرفين ففي الحال يلوح لي انهُ يمكن مده الى ما بعدهما ، وان لاح لي ان هناك حدًّا يحول دون مده ففي الحال أسأل نفسي ماذا وراء ذلك الحد . وهكذا الامر لو تصوّرت سطحاً ممتدًّا الى الجهات الاربع في الفضاء لا أستطيع ان أتصوره متناهياً . وكذلك لو تصورت جسماً يتسع في الفضاء لا أستطيع أن أتصور لهُ ستة حدود لاني أسائل نفسي حينئذٍ ماذا وراء تلك الحدود . فاللانهاية نتيجة محتومة للتمادي في تصور المتناهي ، أي كلما توغلت في تصور نهاية للفضاء بدا لي عدم تناهيه

— حسناً . كأنك تقول ان تصوّر تناهي الفضاء أصعب على الذهن من تصور اللانهاية . ولكنك تتصوّر خطًّا وهميًّا وسطحاً وهميًّا ومجسماً وهميًّا في فضاء خال . فلا معنى لهذا التصوّر لان الفضاء الخالي عدم . فالتصوّر في العدم عدم . دعنا نتصور الفضاء حيزاً مشغولاً بالمادة . فما ظنك بهذا الحيز المادي ؟ هل هو متناهٍ أو غير متناهٍ ؟

— قد يمكنني أن أتصوره متناهياً ووراءهُ من جهاته الست فضاء خال فارغ ، ويمكنني ايضاً أن اتصوره غير متناهٍ . اي انهُ ما دام هناك فضاء فهناك احرام الى ما لا نهاية لهُ . ولكن تصوّر الاول أسهل للذهن من تصور الثاني . فالاصعب هو تصور تناهي الفضاء الخالي لا تناهي الحيز المادي

ب — تناهي الحيز المادي

نقول : والراجح جدًّا هو ان الحيز المادي متناهٍ . ولنا ادلة عليه اظهرها هو الارصاد الفلكية . اذا استكشفنا القبة الزرقاء بمنظار (تلسكوب) مقرب جدًّا رأينا عالم المجرة (درب التبان ، او الطريق اللبني ، كما يسميه الافرنج) ينتهي في شكل قرص سمكه نحو خمسي قطره . ونظامنا الشمسي اقرب الى مركزه منهُ الى محيطه بنسبة ١ الى ٢ . وبعد قرص المجرة لا نعود نرى الا ظلاماً دامساً ، كأن هناك خلاءً مطلقاً . ولكننا اذا تمادينا في الرصد والاستكشاف واستعنا بالتصوير الشمسي بدت لنا وراء ذلك الخلاء السحيق عوالم أخرى كعالم مجرتنا (وقد أحصوا منها الى الآن على قولهم نحو مليوني عالم مختلفة الاقدار) ومع ذلك يرى ان لهذه

العوالم نهاية ، لأن وراءها خلاء مطلقاً مطلقاً . لذلك رجح الاعتقاد أن الكون المادي ذو نهاية ، له أول وآخر ، أي له جهات ينتهي فيها ، ويحيط بها فضاء مطلق خال ، أو بالاحرى عدم . هذا دليل حسي مرجح على تناهي الكون المادي ، فلنبحث عن برهان آخر

المشاهد جلياً ان هذه العوالم المادية موزعة في الحيز العظيم الذي تشغله توزيعاً متساوياً تقريباً . نعم أنها في بعض البقاع اكثف منها في بعض البقاع الاخرى المجاورة . ولكن مناطق الحيز الكبرى بالاجمال مملوءة اجراماً بالتساوي ، فليس لمنطقة حظ منها أكبر من أخرى . لذلك تعد الاجرام أو بالاحرى السُدُم موزعة بالتساوي على مناطق الحيز . وبعبارة أخرى — للحيز المادي معدل كثافة واحدة في كل نواحيه

فلو فرضنا ان الفضاء غير المتناهي مملوء اجراماً أو بالاحرى عوالم مادية بلا نهاية على هذا النحو ، أي ان العوالم موزعة فيه بالتساوي ، لكان هذا الفرض لا يتفق مع ناموس الجاذبية الذي اكتشفهُ نيوتن ، وهو سنة طبيعية لا يمكن نقضها . فبحسب هذه السنة يجب ان يكون للكون المادي مركز ، وأن تكون الاجرام حول المركز أكثر ازدحاماً منها في منطقة أبعد ، بحيث انها كلما كانت أبعد عن المركز كانت أقل ازدحاماً . والواقع المشاهد خلاف ذلك ، أي أن الاجرام موزعة بالتساوي . ثم إن تناقص الزحام ، كلما كانت المادة أبعد ، يفضي أخيراً الى منطقة لا مادة فيها او لا إشعاع ولا شيء مطلقاً . وهذه النتيجة مناقضة لفرض عدم تناهي الفضاء . فاذا كنا لا نستطيع ان نجحد ناموس الجاذبية وجب ان نسلم بأن الحيز المادي لا يمكن ان يكون بلا نهاية . أي ان ناموس الجاذبية وعدم التناهي نقيضان لا يجتمعان

ثم ان ناموس الجاذبية نفسه ينقض نظرية عدم تناهي الحيز المادي ، من جهة أخرى ، لانه ، مع حقيقة تساوي كثافة المادة في الحيز الكوني ، يفضي الى اشتداد قوة الجاذبية او حدة الجو الجاذبي كلما بعدنا عن المركز الى حد لا يتصورهُ العقل . هذا على افتراض ان الحيز المادي غير متناهٍ ، وهو أمر مستحيل . واليك البرهان الذي أوجزه اينشتين ، ونحن نشرحهُ هنا بقدر الامكان . ولا بد فيه من عملية رياضية بسيطة يفهمها كل من له أقل الملم بالرياضيات : —

ج — شرح برهان اينشتين

بحسب ناموس جاذبية نيوتن : عدد « خطوط القوة » الواردة من اللانهاية [1] الى المادة (اي الى حيز مادي) والمنتهية فيها ، مناسبة للمادة نفسها — بعبارة أخرى : انها تساوي القدر اللازم منها لانجذاب المادة الى المركز . وبعبارة رياضية

(١) تعتبر الجاذبية قوة واردة من المحيط الى المركز

الجو الجاذبي = القوة × بالمادة معادلة (١)

فاذا اعتبرنا « معدل كثافة المادة » واحداً في الكون اي ان المادة موزعة في الكون بالتساوي تقريباً كما هو محقق ، فاذن اي حيز كروي تشغله المادة يضم حجماً منها مضروباً بكثافتها . وبعبارة رياضية هكذا : —

حيز كروي = الحجم × بكثافة المادة معادلة (٢)

وبناء على هاتين المعادلتين لنا : ان عدد خطوط القوة المارة في سطح ذلك الحيز الكروي الى داخله (نحو مركزه) يساوي الكثافة مضروبة بالحجم . هكذا : —

خطوط القوة × بالسطح = كثافة المادة × بالحجم معادلة (٣)

ومن هذه المعادلة نفسها لنا بالجبر :

$$\text{خطوط القوة} = \frac{\text{كثافة المادة} \times \text{بالحجم}}{\text{السطح}}$$ او

$$\text{خطوط القوة} = \text{كثافة المادة} \times \frac{\text{الحجم}}{\text{السطح}}$$ معادلة (٤)

اي ان عدد « خطوط القوة » المارة باي مساحة من سطح الحيز الكروي الذي تكلم عنهُ الى داخله يساوي الكثافة مضروبة بالحجم مقسوماً على السطح

وهو معلوم ان نسبة الحجم الى السطح كنسبة الشعاع Radius الى الكرة اي :

$$\frac{\text{الحجم}}{\text{السطح}} = \frac{\text{الشعاع}}{٣}$$ (١) معادلة (٥)

ومعناها ان نسبة الشعاع الى الحجم والى السطح ثابتة لا تتغير . اذن لنا من (٤) و(٥): —

عدد خطوط القوة = كثافة المادة × بالشعاع معادلة (٦)

ينتج من ذلك ان حدّة الجو الجاذبي تشتد كلما طال الشعاع . واذن ايضاً اذا طال الشعاع الى ما لانهاية له يعظم الحجم وسطحه الى ما لا نهاية له ايضاً . وبالتالي (بحسب المعادلة ٥) يعظم عدد خطوط القوة المناسبة للسطح . وبالتالي ايضاً (بحسب المعادلة ٤) تزداد قوة الجو الجاذبي في السطح الى ما لانهاية له . وهو امر مستحيل ، وتصوره اشد استحالة ، فضلاً عن انهُ مناقض لناموس الجاذبية الذي ينص على ان حدّة الجو الجاذبي تشتد حول المركز وتضعف في الحد الاقصى

---

(١) $\frac{\text{Volume} = \frac{4}{3}\prod R^3}{\text{Surface} = 4\prod R^2} = \frac{R}{3}$ Radius

$\prod$ هذا الحرف يمثل الحرف « باي » اليوناني الذي يرمز عن نسبة الدائرة على القطر

واذا كان امتداد الجو الجاذبي في المحيط غير المتناهي لا يتصوره العقل فبالاحرى (بحسب ناموس الجاذبية) يكون حول المركز فوق كل تصور

اذن لا يمكن ان تكون كرة الكون غير متناهية، لانها اذا كانت غير متناهية انتقض ناموس الجاذبية الذي يستحيل نقضه . فبحسب هذا البرهان الآخر لا يمكن ايضاً ان يكون الحيز المادي غير متناه، لان عدم تناهيه لا يتفق مع ناموس الجاذبية من هذه الناحية

مع ذلك نقول ان تلك النتيجة التي توصلنا اليها آنفاً ، أي ان الحيز المادي متناه ، غير مقنعة كل الاقناع، او انهُ يمكن الاعتراض عليها بأنها تؤدي الى نتيجة اخرى، وهي ان النور وسائر انواع الاشعاع التي تبعثها الاجرام تنطلق مع تمادي الزمن الى الفضاء الخالي ولا تعود الى حيزها الذي صدرت منهُ . وهذا يفضي الى افقار الحيز المادي وتلاشيه . وانما يمكن تلافي هذه النتيجة اذا ترجح لنا ان الاشعاع لا يخرج من حيزه بل يبقى محصوراً فيه بحكم فعل الجو الجاذبي الذي لا يتمادى في التباعد عن المادة المصدرة إلا وقد تلاشى

نستنتج مما تقدم امرين مناقضين لناموس الجاذبية

(الاول) ان ناموس الجاذبية لا يتفق مع بنية الكون المادي المعروفة ، وهي ان المادة موزعة فيه بالتساوي . وهو امر يستلزم ان تكون القوة اكثر في المحيط منها حول المركز . وكلما عادينا بتصور اتساع الكون لاحت لنا القوة أعظم فأعظم، وهو امر مستحيل لمخالفته لناموس الجاذبية

(الثاني) ان ناموس الجاذبية يستلزم ان يكون للكون مركز تتكاثف الاجرام حوله، وتقل كثافتها تدريجاً كلما كانت ابعد عن المركز، الى ان تصبح في البعد الاقصى نادرة، ثم لا اثر لها[1]

ولكن الواقع المعروف والمشاهد هو غير ذلك ، اي ان المادة موزعة توزيعاً متساوياً وليس لها مركز اكثف من غيره . وتساوي هذا التوزيع مناقض لناموس الجاذبية . والحاصل ان التوزيع حقيقة راهنة ، والجاذبية حقيقة راهنة اخرى ، ولكنهما متناقضتان، فكيف يمكن التوفيق بينهما؟ أو كيف يجب أن يكون شكل الكون المادي لكي يتفق مع ناموس الجاذبية ؟

د — شكل الكون

اذا فرضناه جسماً مكعباً أو مستطيلاً أو شكلاً متعدد السطوح وقعنا في نفس التناقض الاول الآنف نصهُ ، وهو أن القوة في سطوحه الست يجب ان تكون أشد جدًّا منها في نقطته المركزية بحسب اتساعه — وهو أمر مستحيل كما علمت . واذا تصورناه غير متناهي الاتساع كان ذلك

(١) كما هو الحال في النظام الشمسي باعتبار أنه عالم قائم بنفسه . فان اكثف جزء منه في الشمس وهي حول مركزه . وبعد ابعد سياراته خلاء تقطره نحو ٨ سنين نورية وكسور، ومن ثمت يبدو نوع آخر من الاجرام

المستحيل أعظم استحالة . وكذلك نقع في التناقض الثاني ايضاً، لانهُ، ما الذي يجعل له زوايا ثماني تبعد عن المركز أكثر من اواسط السطوح الست ؟ وأي قوة اضافية غير القوة الجاذبية تحافظ على تلك الزوايا في مواقعها ؟

لعله يبدو في الحال الى ذهنك ان المجسم الكروي أصح من المجسم ذي السطوح لانهُ ينقذنا من حالة تباعد زواياه عن المركز أكثر من تباعد أواسط سطوحه . اي ان المجسم الكروي يجعل جميع اجزائه متوازنة حول مركزه

حسن ، ولكن فرض المجسم الكروي المملوء مادة بكثافة واحدة يوقعنا أيضاً في كل من التناقضين الآنفي النص ، لانهُ كلما تصورنا الكون الكروي عظيماً بدر الى ذهننا تعاظم القوة في سطحه [1] ، وهو أمر مناقض لناموس الجاذبية . وكلما تصورناه عظيماً وطبقنا عليه ناموس الجاذبية بدر الى ذهننا أنهُ شديد الكثافة في مركزه الى حد لا يتصوره العقل ، وهو امر مناقض لحقيقة توزع المادة بالتساوي

إذن فلنبحث عن شكل آخر غير المجسم ذي الاضلاع والسطوح والزوايا، وغير المجسم الكروي. فأي شكل يخطر لك ؟ لنفرض ان شكلهُ كشكل اللوح ، كلوح النظام الشمسي [2] مثلاً ، له اتساع كبير وسماكة قليلة جداً بالنسبة الى اتساعه . في هذه الحالة تكون مجموعات الاجرام متجاذبة بعضها الى بعض في ذلك اللوح . ولكن كيف يجب أن يكون هذا اللوح ؟ أمستوٍ كسطح مستقيم الخطوط حسب هندسة اقليدس ؟

اذا فرضناه هكذا وقعنا في نفس التناقضين المذكورين سابقاً ، اذ لا بد ان يكون لهذا اللوح مركز، ولا بد أن يكون مستديراً تتباعد مناطقه عن مركزه على نمط واحد . وكونهُ ذا مركز، وكون مجموعات الاجرام موزعة فيه بالتساوي يناقضان ناموس الجاذبية . زد على ذلك ان كونه قرصاً مستوياً كما فرضنا لا يخلصنا من كونه غير متناه ، وعدم تناهيه مناقض للناموس أيضاً

إذا فرضناه قرصاً مستوياً لا نستطيع ان نتصوره متناهياً . لان تناهيه يستوجب ان يكون له حدود ، وهو أمر يحار فيه العقل

إذن يجب ان نعدل عن كونه قرصاً مسطحاً مستوياً تطبق عليه هندسة اقليدس ، اي هندسة الخطوط المستقيمة . فلا ينقذنا من هذه الورطة الا ان نتصوره لوحاً محدباً بحيث تلتقي حواشيه ويلتحم بعضها ببعض ويتكون منهُ شكل كروي فارغ من الداخل فراغاً مطلقاً. حينئذٍ يكون متناهياً ولكن لا حدود له. يكون متناهياً لانهُ غير منتشر في الفضاء اللامتناهي، ولا في الفضاء الذي في جوفه.

(١) لانه لا مادة وراء السطح تنازع ما وراءه جذباً فيتحول الجذب كله الى المركز ويبدو شديداً

(٢) يمكنك ان تتصور النظام الشمسي كلوح اذا تصورت افلاك السيارات (مدارانها) وهي متوازنة في سطح واحد تقريباً، كدوائر مشغولة باجوائها الجاذبية المتصلة بمركزها في الشمس كانها قرص والشمس في وسطه

حوله فضاء خال ،وضمنه فضاء آخر خال . ويكون بلا حدود لاننا حينئذ لا نقع في حيرة تصور الحدود التي تجعل له اولاً وآخراً ، او تجعل له اطرافاً يعز على العقل تصورها . فلا اطراف له، بل يتصل بعضهُ ببعض . وحينئذ نتخلص من المركز الذي يجعل ناموس الجاذبية فيه مناقضاً لحقيقة توزع المادة بالتساوي ، والذي يجعل المادة مزدحمة في منطقة حولهُ دون اخرى ، والذي يجعل القوة أعظم في منطقة دون منطقة أخرى ضمنها

٥ — هل تصلح هندسة اقليدس ؟

واذا ارتحنا الى هذا الشكل وقبلناه رأينا ان هندسة الخطوط المستقيمة (هندسة اقليدس) لا تتفق مع هذا اللوح المحدب تحدباً يجعله كروي الشكل كجلدة كرة المطاط الفارغة ، بل تتفق معه هندسة النسبية كما توصل اليها اينشتين

لنتصور هذا اللوح مستوياً أي مستقيم الخطوط بحسب هندسة اقليدس ، وانما نريد أن نخطط فيه خططاً هندسية كمثلثات أو مربعات أو مستطيلات أو دوائر . فحيثما نرسم المربع مثلاً تكن زواياه قائمة (٩٠ درجة) مهما كان كبيراً أو صغيراً . أو حيثما نرسم الدائرة تكن نسبة قطرها الى محيطها كنسبة واحد الى ٣،١٥ مهما كانت كبيرة أو صغيرة . وانما من مساوىء هذا اللوح انا لا نستطيع أن نضع حداً لاي شكل فيه لا يمكن تجاوزه، بل نضطر أن نتمادى بتصور أي شكل ممتداً فيه الى ما شاء الله . لو شئنا مثلاً أن نمد قطر الدائرة من جانبيه الى أن نجعل الدائرة تشمل كونا هذا كله فلا ننتهي من مده الى الابد، لان انبساط هذا اللوح يحتمل الامتداد الى ما شاء الله . ولا نستطيع ان نجعل له حداً لئلا تتطلع الى ما وراء ذلك الحد . كذلك لا نستطيع أن نتصور نهاية لاضلاع المربع أو أي شكل هندسي فيه يستحيل مده بعدها . بل مهما تصورنا اننا بلغنا الى حد نهائي يبدو لنا انهُ يمكن مده بعده . فعيب اللوح المستوي المستقيم الخطوط (الاقليدسي) انهُ غير متناه ولا يمكن تصوره متناهياً بلا حدود

فلنلتفت الآن الى اللوح المحدب تحدباً بحيث يلتف على نفسه بشكل كروي . ولنر كيف يمكن تخطيط الاشكال الهندسية المار ذكرها عليه . وهل اذا رسمت دائرة على هذا السطح المحدب وشئت أن تواصلها ما استطعت تقع في مشكلة اللانهاية ، ام تصل الى نهاية من غير ان تقف عند حد تحدثك نفسك عنده متسائلاً : ما وراء هذا الحد ؟

افرض انك رسمت دائرة على هذا اللوح المحدب ، ورسمت قطرها ، فهل تكون نسبة القطر الى الدائرة كنسبة ١ الى ٣،١٥ كما هي في هندسة اقليدس ؟ ، يستحيل ذلك لان القطر محدب كتحدب السطح ، ولذلك هو أطول من قطر الدائرة في سطح مستو . وبالنتيجة تكون نسبة الدائرة الى المحيط أقل من ٣،١٥ . وكلما وسعت الدائرة وطال القطر صارت هذه النسبة أقل .

تصور انك وصلتها حتى بلغت الى محيط اللوح الكروي الذي نحن بصدده تماماً ، يصبح قطرها حينئذٍ نصف دائرة مساوية لها ، أي يصبح قطرها مساوياً لنصف محيطها . ثم تعاد في اطالة قطر هذه الدائرة ومحيطها يسير معهُ ، تراهُ فيما القطر يزداد طولاً يتسع محيط الدائرة يضيق ويصغر بعد تجاوزه محيط الكرة . وكلما تماديت في مد طرفي القطر ترى الدائرة أضيق فأضيق الى أن يصبح طول القطر أكبر من طول الدائرة . واخيراً تتلاشى الدائرة حين يلتقي طرفا القطر . فترى مما تقدم ان السطح المحدب الذي تتصل حواشيه بعضها ببعض في شكل كروي ، خالٍ من عيب اللانهاية . وعلى ذلك فان مددت فيه خطاً اووسمت دائرة تنته بالتقاء طرفي الخط وبانتهاء الدائرة كما ابتدأت ، من غير أن يعترضك حد يستوجب التساؤل : ماذا وراء ذلك الحد . فهذا الشكل ينقذنا من مشكلة اللانهاية ومشكلة حدود النهاية ، فهو شكل متناه ولكنهُ غير محدود .

وانما لهذا الشكل جيب خاص به ان شئت أن تسميهُ عيباً ، وهو أن هندسة اقليدس لا تنطبق عليه . اولاً لانهُ ليس فضاء فارغاً وهميًّا يمكن تصور امتداد الخطوط والسطوح فيه بحرية ، بل هو حيز مشغول بالمادة محدب ، وكل خط فيه يجب أن يخضع لهذا التحدب . فاذا مددت فيه خطاً في أقصر مسافة بين نقطتين اعتبر ذلك الخط فيه مستقيماً . ولكنهُ في عرف الهندسة الاقليدسية منحنٍ تبعاً لتحدب اللوح الذي يمتد عليه . تصور انك تقيم في عالم كهذا وجعلت تسير في أي اتجاه باستمرار من غير ان تحيد يمنة أو يسرة أو ان ترتفع او تهبط ، فتعتبر نفسك انك سائر في خط مستقيم ، ولكنك بعد حين تجد نفسك قد وصلت الى حيث رحلت ، فتعلم انك لم تكن سائراً على سطح مستوٍ بل على سطح محدب ، وانك اذا شئت ان تمد خطاً مستقيماً أو ان تخط لك طريقاً مستقيماً بالمعنى الاقليدسي استحال عليك الامر ، لان طريقاً مستقيماً كهذا يوجب عليك الخروج من عالم هذا السطح الى عالم الوهم . فبناء على هذه الاعتبارات المتقدمة ترى ان هندسة اقليدس لا تصلح لكون محدب كهذا . ولا بد له من هندسة اخرى خاصة به . هندسة اقليدس تصلح لفضاء خالٍ من المادة تستطيع ان تتصور فيه الخطوط ممتدة بحرية حيث تشاء . ولكن الحيز المادي الذي نحن بصدده تتوقف هندسته على مادته . فمادته ، لا هو ، تتحكم بهندسته . ومادته قد جعلتهُ محدباً . فاصبحت الخطوط التي تمتد فيه على اقرب مسافة بين نقطتين محدبة حتماً كتحدبه

هذا هو معنى قول النسبيين : ان كونا المادي ليس اقليدسيًّا ، أي أن قضايا هندسة اقليدس لا تنطبق عليه . فلا مجموع زوايا المثلث فيه يكون مساوياً لقائمتين ، ولا زوايا المربع فيه تكون دائماً قائمة ، ولا تكون النسبة بين القطر والدائرة دائماً واحدة الخ

ذلك هو معنى قولهم « تحدب الفضاء » ، والصواب « تحدب الحيز » الذي تشغله مجموعات

الاجرام . فالتحدب ناتج عن ترتب الاجرام في هذا الشكل الكروي لا عن طبيعة في الفضاء توجب هذا التحدب . فلو تصورنا الاجرام قد تلاشت من الوجود يتلاشى ذلك الحيز المتحدب في بحر الفضاء الخالي ويلتبس فيه . فنحن لا نستطيع ان نتصوره متحدباً الاّ بتصور المادة مالئة ولها طبيعة التحدب

وحاصل القول ان كوننا كروي متناه لا حدود له اللهم الاّ الفضاء الخالي الذي نتبرهُ عدماً . فكأنهُ ،أي الكون المادي ،جزيرة في اوقيانوس الفضاء اللامتناهي. قد يكون وراء هذه الجزيرة الكونية المادية شيء آخر مختلف الطبع عن طبيعة كوننا . والاّ لو كان من طبيعة كوننا ، يشع إشعاعات مادية كاشعاعات مادتنا، لاتصلنا به وعلمناه، وحينئذٍ لا يكون غريباً عنا، بل يكون من جملة عالمنا. ولكن الى حد علمنا ليس وراء الحيز المادي هذا شيء من ذلك . فاذاً نعتبر حيزنا المادي هذا هو كل الكون الذي يسوغ لنا ان نفكر فيه ونتصوره وندرسهُ، والتفكير فيما وراءه عقيم كالتفكير بالعدم

و — كيف يستخرج حجم الكون

قلنا انهُ على سطح اللوح المستوي الاقليدسي تكون نسبة القطر الى الدائرة كنسبة واحد الى ٣،١٥ ويعبر عن هذه القيمة بحرف (ب) وعن الدائرة بحرف (د) وعن نصف قطر الدائرة بحرف (ش) (أي شعاع الدائرة الممتد من مركزها الى محيطها . والقطر يمتد من جانب المحيط الى الجانب الآخر مارًّا في المركز، ولذلك يساوي شعاعين) فطول الدائرة د = ٢ ش × ب اللهم في سطح مستو . هذه نسبة ثابتة بين الدائرة والشعاع لا تتغير مهما كبر حجم الدائرة أو صغر

ولكن في سطح محدب كسطح كوننا الذي نحن بصدده يكون قطر الدائرة أطول من $\frac{د}{ب}$ أو أن محيط الدائرة أقصر من (٢ ش ب) . اذا رمزنا عن شعاع هذه الدائرة بالحرف شش بغية أن نجد النسبة بين شعاعي الدائرتين (ش) و(شش)وقيمة هذه الدائرة كما استخرجها اينشتين بحسب ناموس النسبية ، كانت النسبة هكذا في هذه المعادلة : —

$$د = \frac{\text{جيب } \frac{ش}{شش}}{\frac{ش}{شش}} \times ب$$

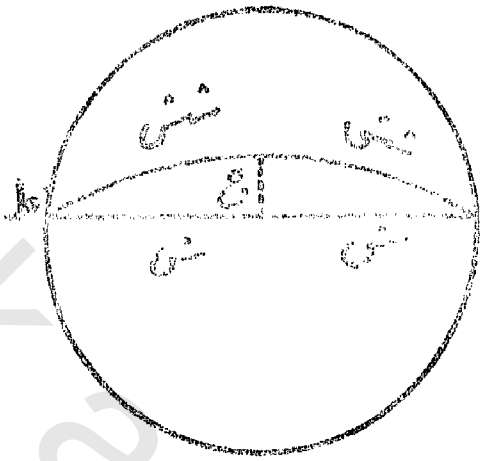
اي ان (ب) هنا غير مساوية لاختها في السطح المستوي

والرسم التالي يجلو للقارىء ما معنى هذه المعادلة

تصوّر هذه الدائرة على سطح مستو . فشعاعها (ش) خط مستقيم

ثم تصورها في سطح محدب فيكون شعاعها شش وهو محدب لجهة نظرك فوق (ش) . وتصوّر الخط الواقع منهُ عمودياً على القطر (ش ش)يتهيأ لك جيب الزاوية (ط)

بواسطة هذه النسبة بين القطر والمحيط في سطح محدب يستطاع استخراج شعاع الكرة الكونية وقيمة حجمها وسعة سطحها ، اذا أمكن قياس قسم صغير من سطحها . ولكن اذا كان هذا القسم صغيراً جدًّا فلا يختلف الخط فيه عن الخط الاقليدسي الاّ اختلافاً نظريًّا فقط ، لأن كرة الكون عظيمة جدًّا فلا يُشعر بتحدبها في مدى قصير كمدى نظامنا الشمسي مثلاً ولا مدى اضعافه



قد تقول سلمت ان شكل اللوح المحدب أصح شكل للكون . ولكن لماذا نختار الشكل الكروي منهُ وهناك أشكال أخرى محدبة كالاسطوانة (الانبوبة والخاتم والسيجار والقرص الخ) ؟ والجواب ان الشكل الكروي أصح أشكال التحدب ، هو فذ بينها لان لهُ خاصة ليست لغيره . وهي ان جميع النقط فيه متوازنة متقابلة مهما كان حجمهُ كبيراً او صغيراً . وهناك الشكل البيضي أي الاهليليجي ، فهو لا يقل صلاحية عن الشكل الكروي للسبب عينه . أي ان جميع أجزائه متشاكلة Symmetrical . ويظهر أن اينشتين وبعض العلماء يرجحونهُ على الشكل الكروي لان كثيراً من مجموعات الاجرام تتخذ هذا الشكل الاهليليجي ومنها نظامنا الشمسي

لا يجزم اينشتين بشكل الكون على هذا النحو وانما يرجحهُ جدًّا لانهُ يحل مشكلة التناقض التي شرحناها آنفاً بين ناموس الجاذبية وتوزع الاجرام المتساوي في الحيز المادي ، وتعذر تناهي الكون ، ولان هذا الشكل يتفق مع نظرية النسبية كل الاتفاق . وليس المجال متسعاً لشرح هذا التوافق ، وانما نقول انهُ مبني على تحدب الجو الجاذبي الذي شرحناهُ في فصل سابق

وقد استخرج اينشتين وغيره من العلماء طول قطر الكون فجاء بحسابه نحو الف مليون سنة نورية ، وبحساب غيره أطول من ذلك جدًّا ، والله أعلم

الفصل التاسع عشر

تمرد الكون

بقيت اعتبارات أخرى يستلزمها شكل الكون على هذا النحو ارجئها الى حين آخر وانما لا بدّ من تفسير ما ذاع عن تغيير اينشتين رأيه في شكل الكون . أعتقد ان مكتشفات دي ستر في أثناء ارصاده قد لا تغير رأي اينشتين في شكل الكون بل قد تغير رأيه في استمرار حجم الكون على وتيرة واحدة . فهو كان يعتقد ان قدر المادة التي في الكون ، وسعة حجم الكون مقرران ثابتان ، فلا المادة تزيد ولا هي تنقص ، ولا كرة الكون تضيق او تتسع . ولكن مكتشفات دي ستر قد تحمله على تغيير رأيه في اتساع الكون كما يرتئي دي ستر ويؤيده لامتر . اي ان كرة الكون تنتفخ مع الزمان وتكبر مساحة على حساب الفضاء الخالي . ولكن الى الآن لم ينشر اينشتين رأيه في هذا الشأن . ومهما عدل في رأيه فلا ينتقض شيء في بناء نظرية النسبية ، لانها ليست مبنية على اعتبار شكل الكون . بل شكل الكون يمكن ان يستنتج منها

١ — المتناهي واللامتناهي

قبل ظهور نسبية اينشتين كان الفلاسفة اذا ساقهم التفكير الى سعة الكون لا يرون بدًّا من الاستسلام الى نظرية اللانهاية فيقولون : الكون مادةً ومساحةً (مكاناً) غير متناهٍ ، اي انهُ مكان لا نهاية له واجرام سابحة فيه لا نهاية لعددها . واذا خطر لواحد ان يذهب الى ان هيولى الكون (مادته) قدراً معيناً قامت الاعتراضات في سبيل خاطره . واذا سئل صاحب هذه النظرية : اين موقع المادة المعينة القدر في فسحة الكون غير المتناهي ، لم يُعيِ جواباً . لانهُ لا يقدر ان يعين موضعاً في رحبة الكون التي لا نهاية لها ما دامت خالية من اي شيء آخر ، يعتبر كعلامة تقاس من عندها الابعاد . وبناء على هذا العجز عن الجواب حكم الفيلسوف « كنت » بانهُ لا يمكن ان توجد مادة معينة المقدار في رحبة الوجود غير المتناهية . واذن فالهيولى غير متناهية في رحبة الوجود غير المتناهية ايضاً

ولكن العقل البشري يحار في اللامتناهي ، كما انهُ لا يستطيع ان يتصور حدوداً للمتناهي ليس وراءها شيء . فهو بين المتناهي واللامتناهي حيران ما دام يعتمد على التصور فقط . وانما اذا لجأ الى العلم فقد يجد ما ينقذه من الحيرة ، ولا سيما اذا صرف ذهنهُ عن التصور واعتمد على منطق العلم فقط

بقيت مسألة اللانهاية لغز الوجود الى ان انجلت للعقل البشري « سنة الجاذبية » ودعمها « ناموس النسبية » ، فاتضح للعقل النير ان الكون ، وان كان غير محدد المكان ، لا يمكن ان يكون غير متناهي المادة ، بل لا بدّ ان تكون المادة فيه قدراً معيناً يشغل فسحة معينة من المكان ، وبعد هذه الفسحة خلاء غير محدود ، يصح ان يكون ما يسمونهُ « العدم »

وفحوى برهان اينشتين على هذا القول هو ان الكون اذا كان مكاناً غير متناهٍ تشغله سُدُمٌ واجرامٌ وشموسٌ وسياراتٌ لا نهاية لعددها وحجب ، بمقتضى ناموس الجاذبية الذي لا مناص من فعله فيها جميعاً ، ان تتحرك هذه الاجرام في المكان اللامتناهي بسرعات اعظم جداً من سرعاتها التي نعرفها الآن ، بل بسرعات تفوق حد التصور — تتجاوز سرعة النور وهو امر مستحيل بحسب ناموس النسبية الذي كشف عن ان سرعة النور هي منتهى السرعة في الوجود ، ولا يمكن ان تفوقها سرعة . والجسم الذي يفوقها سرعة يفنى (انظر صفحة ٤٥)

بحسب برهان اينشتين هذا المار شرحه في الفصل السابق يستحيل ان تكون اجرام المادة غير متناهية العدد او المقدار ، بل هي قدر معين في رحبة معينة من رحاب المكان غير المتناهي . فالحيز الذي تشغله هذه الاجرام هو ما يسميه علماء اليوم « المكان » Space . واما ما وراءه فخلاء يسمى « العدم »

ب — حيز الكون الهيولي

ولتسهيل التصوير على القارىء فيما يلي من بحثنا نفرض هذا الحيز المادي كما ظنهُ اينشتين كرة فارغة الجوف ، اي ان جوفها خلاء كالخلاء الذي حولها . واجرام المادة سابحة في جلدة هذه الكرة من سدُم او مجرات كمجرتنا — كلها سائرة متساوقة في اتجاه واحد في جلدة الكرة بقوة الجاذبية المتبادلة بينها

ولما اعلن اينشتين هذه النتائج من بحثه عن حجم الحيز المادي قال ان هذا الحجم بما فيه من هيولى (مادة) منذ الازل والى الابد لا يزيد ولا ينقص ولا يضيق ولا يتسع . اي انهُ وعاء (بالشكل الذي تقدم وصفه ، جلدة كرة) تتوزع فيه المجرات وتتحرك دائرة على محاورها متدحرجة فيه باتجاه واحد . وقد حسب الحاسبون عدد ما فيه من كهارب وما يقابلها من بروتونات فاذا هي 10^{79} اي واحد الى يمينه ٧٩ صفراً فتأمل !

ولكن ما ظهر بحث اينشتين هذا حتى ظهر من ارصاد هَبل Hubble في مرصد جبل ويلسون في كاليفورنيا ان المجرّات والسُّدُم تتباعد باستمرار بعضها عن بعض ، كانها تتشتّت في الفضاء الخالي . ودرس دي ستر De Sitter ارصاد هَبل درساً دقيقاً وبرهن ان حجم الكون

الذي وصفهُ اينشتين بكونهِ ثابت المقدار ، اي لا يتسع ولا يضيق ، انما هو آخذ بالاتساع وغير ثابت على سعة واحدة ، وان كانت المادة التي تشغله لا تزيد ولا تنقص . اي ان الاجرام التي فيه تخرج عن حدودهِ التي قرّرها اينشتين . ولذلك يتضخم حجم الكون كل هنيهة من الزمن

لم يبين دي ستر De Sitter متى ابتدأ حجم الكون هذا يتضخم — لم يقل كم كان نصف قطره (الراديوس Radius) حين ابتدأ يتضخم . بل اقتصر على القول انهُ آخذ بالتضخم . وانما في ذلك الحين نشر العالم البلجيكي الاب لامتر Lemaitre رسالة بهذا البحث برهن فيها على ان الكون شرع ينتفخ منذ نشأ . لان كوناً كهذا الذي وصفهُ اينشتين ثابت التوازن لا يمكن ان ينشأ متوازناً ويبقى متوازناً الى الابد . بل لا بد ان يبتدىء كبيراً متقلصاً رويداً او صغيراً متمدداً رويداً . وهذا يقتضي انهُ لم ينشأ كرة فارغة كما وصفهُ اينشتين على حاله الحاضرة ، بل كان كرة صغيرة جداً كثيفة ، ثم جعلت تنتفخ تدريجاً ، كأن قوة فيها تدفع اجزاءها بعضها عن بعض الى خارج محيطها حتى فرغت من الداخل واصبحت كجلدة كرة مطاط كما هي الآن . ولا تزال تنتفخ كما قال دي ستر

فالكون ابتدأ كما برهن الاب لامتر

وهو الآن كما برهن اينشتين

ومستقبله كما وصف دي ستر

ولما علم اينشتين بأرصاد هبل التي اثارت افكار دي ستر وفريدمان ولامتر وغيرهم برح الى اميركا لكي يقف على ارصاد هبل بنفسهِ ويتأكد صحتها . فلما شاهد ما شاهد ودرس ما درس هناك عاد مقتنعاً وغيّر رأيه في حجم الكون . وجعل يدرس حالة انتفاخه ويبحث عن قاعدة رياضية له ، وان كان قد عز عليه وعلى سواه ان يتحقق اصل السبب في هذا الانتفاخ . وانما فرض لناموس جاذبية نيوتن سجية اخرى ، وهي ان قوة الدفع عن المركز Centrifugal Force اقوى من قوة الجذب الى المركز Centripetal Force فسمى الزايد في قوة الدفع «الدفع الكوني» Cosmical Repulsion . وحسب مقداره فاذا هو قدر ثابت Constant بالنسبة الى نصف قطر الكون ، مهما تمدد

ج — سرعة تشتت المجرات

كان هبل في مرصد ويلسون اول من اكتشف سنة ١٩٢٩ ان المجرات تبعد عنا بسرعات مختلفة وان ابعدها اسرعها (لسبب ستعلمهُ فيما بعد) . وحتى سنة ١٩٣١ كان قد اكتشف سرعة ٩٠ مجرّة منها ٨٥ تتباعد عنا و٥ تقترب الينا . على ان اقتراب هذه المجرات الخمس يناقض

في الظاهر نظرية انتفاخ حجم الكون التي تقتضي ان جميع المجرات تتباعد بعضها عن بعض ولكن اقترابها يمكن تعليله بأمرين معاً : الاول ان هذه المجرات الخمس اقرب المجرات التسعين الينا . ونحن نرصدها من نظامنا الشمسي ونراعي خط النور اليها من ارضنا لا من مجموع مجرتنا جملةً . فاذا راعينا سرعة نظامنا الشمسي (٢٠٠ الى ٣٠٠ كيلو متر بالثانية) في قرص المجرة كنا نحن نقترب الى تلك المجرات اكثر مما هي تبعد عنا . ولكن لو راعينا خط الرصد من مجرتنا عموماً لا من نظامنا الشمسي خصوصاً لرأينا انها كغيرها تبعد عنا . والثاني ان منطقة مجرتنا واقعة بين منطقة هذه المجرات ومركز الكون . وبحسب ناموس التسارع هي اسرع منها في مجرى العوالم الكونية . فاذا كانت المجرات الخمس الدانية الينا تجري امام مجرتنا فمجرتنا تجري وراءها اسرع منها . ولذلك تظهر لنا مقتربة الينا . والحقيقة ان مجرتنا مسرعة اليها . اذن اقتراب المجرات الخمس من بين التسعين لا يقتض نظرية ان جميع المجرات تتباعد متشققة كما سنشرحه جلياً فيما بعد

وكان سليفر Slipher من ناحية اخرى يرصد المجرات ايضاً ويستخرج سرعاتها ، فاستخرج سرعة ٤٠ مجرة ، منها ١٢ مجرة تتباعد بسرعة ٨٠٠ الى ١٨٠٠ كيلو متر بالثانية . وهوماسون Humason في مرصد ويلسون اكتشف سرعات هائلة ، منها سرعة مجرة في خط الجوزاء (جميني Jemini) تتراجع بسرعة ٢٥ الف كيلومتر بالثانية وهي بعيدة عنا ١٥٠ مليون سنة نور . ولا ريب ان هناك مجرات اقصى من هذه واعظم سرعةً

واذا جعلنا مجرتنا مركزاً ورسمنا حولها غلافاً كروياً على بعد مليون سنة نور عن هذا المركز كان ما اكتشفته الارصاد وراء هذه الكرة ٨٠ مجرة تتباعد تاركة وراءها خلاء لا تحتله مجرات اخرى غيرها بعدها

وقد استخرج هبل من مجموعة ارصاده للمجرات قانوناً لسرعتها ، وهو ان معدّل السرعة ٥٥٠ كيلومتراً في الثانية لكل مليون فرسخ (تعريب Parsec) . والفرسخ ٣٫٢٦ سنة نور . اذن المجرة التي على بعد ٣٢٦٠٠٠٠٠ سنة نور عن مجرتنا تتباعد عنها بسرعة ٥٥٠ كيلو متراً بالثانية . هذا قانون تقريبي وقد يكون الخطاء فيه نحو ٢٠ في المائة . ويزعم آخرون ان معدل السرعة لكل مليون فرسخ يتراوح بين ٥٠٠ والف كيلو متر بالثانية . ثم حسبوا ان تباعد المجرات المستمر على هذا النحو يجعل ابعادها تتضاعف كل ١٣٠٠ مليون سنة

د — كيف يتفتح حجم الكون

والآن نشرح بقدر الامكان كيفية انتفاخ الكون الناشىء عن تشقق المجرات وتباعدها بعضها عن بعض

لنفرض ان في جلدة الكرة التي تسبح فيها المجرات ملازمة لها قوة دافعة تعطيها الى الخارج، فبالطبع تبقى المجرات فيها ملازمة لها . فماذا نرى بعد اعطاطها ؟

لتسهيل التفهم تصور الكرة الكونية بالونا أبيض من المادة المطاطة كالبالون الذي يلعب به الاطفال . وتصوّر سطحه مرقّطاً بنقط سود على ابعاد متساوية فيما بينها . ثم تصوّر انك نفخت هذا البالون الى ان زاد حجمهُ ، اي زاد نصف قطره (الراديوس) نحو ربعه أو ثلثه . فاذا ترى ؟ — ترى ان النقط السود قد تباعدت بعضها عن بعض نحو ثلث المسافة فيما بينها ايضاً . وانما تبقى نسبة التباعد بينها واحدة اي متساوية كما كانت قبلاً . ثم ماذا ترى ايضاً ؟

اذا كان بين كل نقطة وأخرى سنتيمتر قبل المط ، فبعده تصبح المسافة بين النقطة الواحدة والنقطة المجاورة لها سنتيمتراً وثلث السنتمتر ، وبينها وبين الثالثة سنتيمترين وثلثين ، وبينها وبين الرابعة ٤ سنتيمترات بدل ٣ سنتيمترات وهلمّ جرًّا

على هذا النحو تصوّر الكرة الكونية قد انتفخت في مدة معينة ، وبه تفهم كيف ان المجرات كلما كانت بعيدة عنا تراءت لنا أسرع ، في حين ان تباعدها بعضها عن بعض متماثل بالنسبة الى المركز الكوني . ولو كنا في اية مجرة من مجرات الكون لكنا نرى هذه الظاهرة بعينها ، اي ان المجرة القصوى عنا أسرع ابتعاداً من القربى الينا — بالنسبة لنا ولكن ليس بالنسبة الى مركز الكون

لا يقتصر هذا المط والانتفاخ على حجم الكرة فقط بل يلحق جلدتها أيضاً . اي انها فيما هي تنتفخ ، جلدتها نفسها تسمك على نسبة ثابتة . تبقى نسبة الراديوس الفراغي الداخلي الى الراديوس الخارجي واحدة . هذا ما اكتشفهُ اينشتين ومنهُ استخرج قيمة ثابت الدفع الكوني Cosmical Repulsion Constant واضاف هذا الثابت الى معادلة الجاذبية النيوتونية

٥ — سرعة الشعاع في محيط الكون

ولكن أحقيقي ان شعاعة نور صادرة من أي جرم تطوف الكون هكذا ؟ ام انها تعبر الفراغ الداخلي من جنب الى جنب متخذة أقرب مسافة (اقليدية) ؟

والجواب انها لا تستطيع ان تعبر ذلك الفراغ (بحسب هندسة اقليدس) لان الجو الجاذبي في جلدة الكرة الكونية التي نحن بصددها أقوى جدًّا منهُ في الفراغ الداخلي . فلا يدعها تعبر الى ذلك الفراغ بل يضطرها ان تسير في الحيز الكوني (الجلدة) متخذة خطًّا منحنياً كانحنائه . وقد برهن اينشتين انحناء خط النور في الجو الجاذبي وايدت الارصاد برهانه (راجع صفحة ١٠٧)

وهنا قد تخطر في بال القارىء هذه الفكرة : وهي : ان اشعة النور التي تصدر من اي مكان تطوف حول الكون ، وتعود بعد ٣٢ الف مليون سنة الى حيث صدرت . فلو استطاع انسان

ان يخترع مرصداً قوياً جداً بحيث يمكنهُ أن يتبين به الاشباح عن هذا البعد السحيق لامكنهُ ان يرى بمرصده هذا بعد ٣٢ الف مليون سنة (عمر طويل) طيف ظهوره. أحقيقيٌّ هذا التصور؟

نعم انهُ حقيقيٌّ اذا كان حجم الكون ثابتاً لا يتسع ولا يضيق كما حسبهُ اينشتين اولاً. ولكن اذا كان الكون ينتفخ كما قال دي ستر ولامتر فالشعاعة لا تعود الى حيث صدرت، لان مصدرها انتقل من مكانه وابتعد كثيراً. هذا هو رأي العلاَّمة السر ارثر ادينغتون. ولكن لهذا الكاتب الضعيف ملاحظة وضيعة على هذا الرأي، مع الاحترام الكلي للسر ارثر اديغتون، تؤيد الخاطر الاول لنفس السبب الذي يستعين به اديغتون: وهو: نعم ان الكون منتفخ ومصدر الشعاعة منتقل من مكانه في الفضاء المطلق، ولكنهُ غير منتقل من مكانه في الحيز الكوني المنتفخ. نعم ان الطريق الدائري الذي سلك فيه النور استطال وابتعد عن مركز الكون. ولكن شعاع النور ما زال ملازماً هذا الطريق بحكم الحيز الجاذبي كما تقدم القول. فسيان عنده انتفخت دائرة هذا الطريق أو تقلصت في سائر فيها. ملازماً لها في حالة عدُّدها او تقلصها

وانما يبقى علينا أن نحسب حساب مسير المجرة (التي صدرت منها الشعاعة) في مجرى السُّدُم الكوني المتتابع. فهذا المسير لا يغير اتجاه مصدر الشعاعة، وانما يبعده عن اقبالها من ورائه، أو يقربهُ الى اقبالها من أمامه

و — كيف ابتدأ تمدد الكون؟ وكيف ينتهي؟

نعود الآن الى كيفية ابتداء تمدد الكون بحسب نظرية لامتر. المفهوم من نظريته التي أيدها بالمعادلات الرياضية المستندة الى المعلومات عن ظاهرات الطبيعة والى الارصاد الفلكية — ان الحيز الكوني ابتدأ تجمعاً كثيفاً جداً حيث تكونت الهيولى فيه كهارب وبروتونات، وهي تدور دورات محورية ودورات مركزية. اي ان أفرادها كانت تدور على محاورها. وجماعات منها تدور على محاور مجرتها. ثم لما صارت تتباعد عن المركز بقوة «الدفع الكوني» شرعت الجماعات تدور حول مركزها، وكلها تدور حول المركز الاصلي. وما زالت تتباعد حتى أصبح ماحول المركز فراغاً وما زال الفراغ يتسع وقشرتهُ الهيولية تنبسط الى ان انفجر. فتمزقت جلدتهُ الى مجرات كما تنفجر فقاعة الصابون اذا تمادى في نفخها. ثم استقلت كلٌّ منها عن الاخرى واتسعت الرحاب بينها لتباعدها هي. وانما بقيت قوة الجاذبية بينها كافية لحفظها في غلاف الحيز الكوني. ولا يزال هذا الحيز ينتفخ على هذا النحو برأي لامتر وفريدمان ودي ستر الى ان ينفجر انفجاراً آخر يتضعضع فيه توازنهُ الحالي، وتتشتت المجرات تشتتاً لاضابط لهُ وتتشرد في الفضاء اللامتناهي. في هذه الحالة يصبح التباعد بينها أسرع فأسرع الى ان يتجاوز سرعة النور. فلا تعود المجرة الواحدة ترى طيف المجرة الاخرى لان نور هذه لا يدركها. ثم ماذا؟

في رأي بعضهم ومنهم السر جيمز جينز : حينئذ تكون اجرام الكون قد ذابت او قاربت الذوبان بفعل التشعع الذي تطلق به القوة وتلاشى الذرات في فوتونات . وحينئذ قد تعود ذريرات الميولى الى تجمع آخر كتجمعها القديم لكي تعيد عملية تكوين الكون ، اما طبق الاصل او على نمط آخر، الله اعلم كيف يكون

٥ — هل التمدد عام ؟

بقيت نقطة جوهرية قد تلوح في خاطر القارىء المفكر وهي : اذا كان « الدفع الكوني » سنّة الوجود كسنّة الجاذبية أفلا يعمل عمله في المجرات نفسها، ثم في الكوكبات العنقودية، ثم في النُّظم الشمسية (ان كانت ثمت نظم أخرى غير نظامنا الشمسي) كما يعمل في كرة الكون بجملتها ؟ واذا كان يعمل عمله فيها فلا بدّ اذن ان تنتفخ احجام المجرات ، وتنتفخ احجام الكوكبات وحجم النظام الشمسي ايضاً . وبالاجمال يكون هذا الانتفاخ عامًّا على نسبة واحدة، لكل جماعة مادية على قدرها

أجل ان هذه الملاحظة وجيهة جدًّا . ولكن الواقع يناقضها . قد تقول : ارني كيف يناقضها. فأقول : ان هذه النظرية قاتلة نفسها بنفسها ، لانهُ لو كان الانتفاخ او التمدد ناشئاً بنسبة واحدة لكل سديم وكل جرم في كل جماعة مادية على قدرها لما كنا ندركه بتاتاً ولا نحس به ولا نميزه، لانهُ حينئذ يتمدد المتر الذي نقيس به، والذراع والباع والكيلو متر والجزيء والذرة والكهرب والكرة الارضية والشمس والسيارات ، وبالتالي أجسامنا نفسها تتمدد وعيوننا تتمدد او نظرنا يتمدد الخ ، فكيف نستطيع ان نميز هذا التمدد اذا لم يبق شيء في الوجود لم يصبهُ هذا التمدد لكي نقيس عليه ؟

فكون ارصادنا تدلنا على ان الاجرام تتباعد بعضها عن بعض هو دليل واضح على ان الاجرام والمواد نفسها على اختلاف احجامها لم تتمدد بنسبة تمدد الحيز الذي تتحرك فيه . فالمجرات تتمدد اقل من تمدد الحيز الكوني . وكوكباتها Constellations تتمدد اقل منها . والانظمة الاخرى اقل فأقل كلما تجاوزنا الى الاجسام الصغيرة ، حتى انك تجد بعضها لا تزال في دور التقلص

حاشية — نلفت نظر القارىء الى ان هذا البحث وأمثاله، من المباحث التي يطمح فيها العقل البشري الى استكناه اسرار الوجود ، لا تعتبر في حكم المؤكد ، لان المعلومات العلمية والارصاد والاكتشافات التي بنيت عليها ليست حقائق راهنة بل هي تقريبية . وربما تيسر لأهل العلم ان يؤكدوها او ينقحوها او ينقضوها بنظريات اصح منها بما يستجد عندهم من معلومات اقرب الى الحقيقة . وفوق كل ذي علم عليم

الفصل العشرون

دوران الاكوان — كيف تتحرك عوالم الكون الاعظم ؟

١ — قياس الكرة الاعظم

لقد اصبحت عالماً من سياق البحث ان الحركة سنة في المادة . وهي مهما اختلفت اشكالها لا تكون الاّ دورية . فما من مادة — ذرة كانت أم مجموعة ذرات ، وجرماً أم مجموعة اجرام — الاّ وهي دائرة حول نقطة أو محور ، ولا سكون في المادة . السكون عدم . ولما كانت الحركة نتيجة التباعد الذي هو طبيعة الكون المادي كانت حركات المواد متفاوتة بالسرعة ، تبعاً لسنة تباعد المواد بعضها عن بعض . اقربها الى المركز اسرعها وابعدها عنهُ ابطؤها . فلننظر على اي نظام تمشي الاجرام والعوالم في حركتها

اذا اذعنّا لما ذهب اليه اينشتين من أن الكون المادي كروي الشكل (وربما كان اميل الى الشكل البيضي في رأيه) وانهُ فارغ وليس في جوفه الاّ فضاء خالٍ ، وليس حوله الاّ اوقيانوس فضاء خالٍ ايضاً — اذا اذعنّا لمذهبه هذا فلا بد أن تلوح في خاطرنا افكار مختلفة بشأن هذا الكون وتطرأ على ذهننا اسئلة متنوعة . فلنبحث قليلاً فيما يلوح في الخاطر

حسب اينشتين ان قطر كرة الكون يساوي نحو الف مليون سنة نورية ، أي انهُ لو اتيح لشعاعة نور ان تعبر كرته من جنب الى جنب لقضت الف مليون سنة في رحلتها . ولعله استخرج هذه القيمة العددية من مقدار تحدب هذه الكرة ، كما يمكننا ان نستخرج قيمة قطر الارض ومحيطها باستخراج مقدار التحدب في مسافة ميلين فقط على سطحها ، وهو نحو ثمانية قراريط . ومن نسبة مسافة هذه القراريط الثمانية الى قوس الميلين يستخرج طول قطر الارض كله ، وهو ٧٩٢٠ ميلاً ، ثم طول المحيط اذا ضرب هذا الرقم في ٣٫١٤ كما هو معلوم

كذلك يمكن استخراج بُعد الارض عن الشمس بهذه الطريقة لان مقدار انحناء فلك الارض (مدارها) حول الشمس نحو تسع قيراط على مسافة ٣٠ كيلو متراً ، وهي تبعد عن الشمس نحو ثماني دقائق نور = ٩٣ مليون ميل

فاذا كان انحناء مدار الارض على بعد ٨ دقائق نور لا يظهر أكثر من تسع قيراط على مسافة ٣٠ كيلو متراً ، فلو كان بُعدها خمسمائة مليون سنة نورية (مسافة نصف قطر الكون) فعلى أي

مسافة يكون مقدار انحنائه مقدارها نحو تسع قيراط او اي جزء من قيراط ؟

اذا كان لك مجال للعملية الحسابية فربما وجدت انهُ على مسافة قطر المجرة يكون تحدب سطح الكون نحو قيراط او بضعة قراريط ، وقطر المجرة لا بد ان يكون حدياً ذلك القدر . ومن ذلك تدرك كم مجرة يمكن ذلك الحيز المادي ان يعي . فلا تعود تستغرب انهم قد أحصوا الى الآن نحو مليوني عالم كعالم المجرة

يقال ان قطر المجرة يساوي نحو ١٨٤٠٠٠ سنة نورية ، وهي واحدة من ملايين من العوالم امثالها . فتأمل عظمة هذا الكون . ثم تأمل عظمة عقل الانسان الذي استطاع ان يستخرج مقدار اتساع هذا الكون (بالتقريب) من معرفته مقدار تحدبه على مسافة قطر المجرة مثلاً ، او على مسافة بعضه

ب — سبب كروية الكون المادي

ولكن لماذا اتخذ الكون المادي هذا الشكل الكروي ؟

اما انهُ اتخذ شكل الكرة فتفسيره ليس بالامر الذي يحتاج الى تفكير عميق ، لانهُ طبيعي ان تتجمع الاشياء متوازنة حول مركز . ان الجمهور من الناس اذا تزاحم حول غرض تجمع في شكل مستدير حوله ، لأن كل شخص يحاول أن يكون أقرب ما يستطاع الى الغرض . ولكن الامر الغريب في الكروية ان يكون التجمع الكروي فارغ الكرة . لماذا لا يكون ممتلئاً ؟

لا يناقض امتلاؤها ناموس جاذبية نيوتن الا اذا كان الامتلاء على معدل واحد من الكثافة ، ولكن لا نرى ثمة ما يوجب ان تكون الاجرام مالئة حيزها على معدل واحد . يمكن ان يكون الكون كروياً ممتلئاً بتفاوت في الكثافة ، فتكون الاجرام حول مركزه اكثر ازدحاماً . وفي محيطه أقل زحاماً ، بحسب سنة الجاذبية . ولكن لما كان الواقع المشاهد انها متوزعة بالتساوي لم ير اينشتين وسيلة للتوفيق بين سنة الجاذبية وحقيقة التوزع المتساوي الا بالقول ان كرة الكون فارغة الجوف

ولكن لماذا تكون الكرة فارغة الجوف ، وتكون الاجرام موزعة في قشرتها بالتساوي ؟ في حين انهُ يمكن ان تكون مملوءة بالتوزع المتفاوت الذي تقتضيه سنة الجاذبية ، أي بحيث يكون الزحام حول المركز اشده وفي المحيط أخفهُ ؟ ماذا يمنع ذلك ؟ — ليس في هذا النظام ما يخالف سنة الجاذبية . بل بالعكس يتفق معها اكثر من النظام الحالي

ج — انتفاخ الكون المادي

اذا صحت نظرية الاب لامتر التي تؤيدها ارصاد دي ستر ، وهي ان الكرة الكونية تنتفخ وتتسع مع الزمان ، فلا بد أن تكون الكرة الكونية قد نشأت كرة ممتلئة ، ثم جعلت تتمدد

وتنتفخ الى ان اتسعت وأصبح جوفها فارغاً . وأما انها ابتدأت كما هي الآن وستبقى كما هي (حسب رأي ايفشتين) فهو فرض أقل معقولية من الفرض السابق

يؤيد نظرية الانتفاخ هذه ان النظام الشمسي نفسه يتنفخ تدريجيًّا بسبب ان الشمس تطلق بواسطة الاشعاع منها كل عام ٢١ مليون طن ، وسائر السيارات يطلق قدراً يسيراً أيضاً . وعلى التوالي تتناقص مادة النظام الشمسي (mass) ، وبالتالي تقل قوة التجاذب بينها فتتباعد . ومعنى تباعدها ان النظام الشمسي كله يتمدد ويتسع قرصه

وعلى هذا النحو تتمدد المجرة وتنتفخ . فاذا كان هذا الانتفاخ سنّة في المادة فلا بد ان يكون سنّة كرة الكون كلها ايضاً . ولذلك ترجح نظرية الاب لامتر ، اي ان الكون ابتدأ كرة متكتلة ثم تمدد وانتفخ ، كما برهن عليه دي ستر بأرصاد هبل التي ظهر منها ان السُّدُم التي وراء المجرة تزداد سرعة وتفرقاً في الفضاء ، وبالتالي ان الحيز المادي يكبر ويتنفخ ، لا كما زعم ايفشتين انهُ ثابت المقدار مادة ومساحة . وبناء على ذلك لا يبعد ان يغير ايفشتين رأيه هذا ويعدل عنهُ الى نظرية الانتفاخ

ان نظرية ان الكون ابتدأ كتلة ثم آل الى كرة فارغة لا تؤيد حتماً ان يكون جوف هذه الكرة فارغاً فراغاً مطلقاً . اذا كان فارغاً من المادة (mass) فقد لا يكون فارغاً من امواج الاشعاع الاّ اذا ثبت ان امواج الاشعاع لا تنطلق الاّ في جو جاذبي ، واذا ثبت ايضاً ان جوف الكرة الكونية خالٍ من المادة (ومن الاثير ايضاً) ، فهل يمكن خلوه من ذلك الجو ؟ يحتمل بعض الاحتمال انه خال منه لبعد الاجرام السحيق عن مركزه (٥٠٠ مليون سنة نورية نصف قطره). لكن على الرغم من هذا البعد السحيق يرجح ان فيه جوًّا جاذبيًّا من مجموعة الاجرام المحيطة به ، وانما هو ضعيف عند المركز ، وبالتالي يكون الاشعاع نحو مركز الكرة الكونية ضعيفاً ايضاً . فاذاً يمكن ان يكون الجو الجاذبي موجوداً في الجوف ولو ضعيفاً

ومهما يكن الجو الجاذبي عند المركز ضعيفاً فلا يمكن ان يكون صفراً ، بل هناك منه شيء يؤثر تأثيراً أكثر من الصفر على المحيط . ولذلك يحتمل ان الاجرام المنحصرة في قشرة الكرة في لوحها الحدب الكروي لا تزال تتجاذب نحو المركز تجاذباً ضعيفاً جدًّا . وانما تجاذبها في نفس اللوح الكروي اقوى جدًّا ، ولذلك يظل اللوح مائلاً الى الانتفاخ

***

ننتقل الآن الى الفضاء المحيط باللوح الكروي فلا بد ان تكون هذه الكرة الكونية مغلفة بغلاف سميك (بالنسبة الى سماكة جلدتها او قشرتها) من الجو الجاذبي بحيث يصبح الاشعاع فيه متقدماً على الكرة الكونية بالانتفاخ ايضاً

وحاصل القول ان الحيز المادي وان كان متناهياً فهو يتوسع على حساب الفضاء المحيط الى ما لا نهاية له ، او الى ان تذوب الاجرام وتندثر اشعاعاً يملأ الفضاء . ان كان الفضاء يقبل ذلك وحينئذ تسكن الحركة ويبقى كل شيء من المادة كالرماد المنثور في الفضاء . والله اعلم بما لا نعلم

د — دوران المجرة

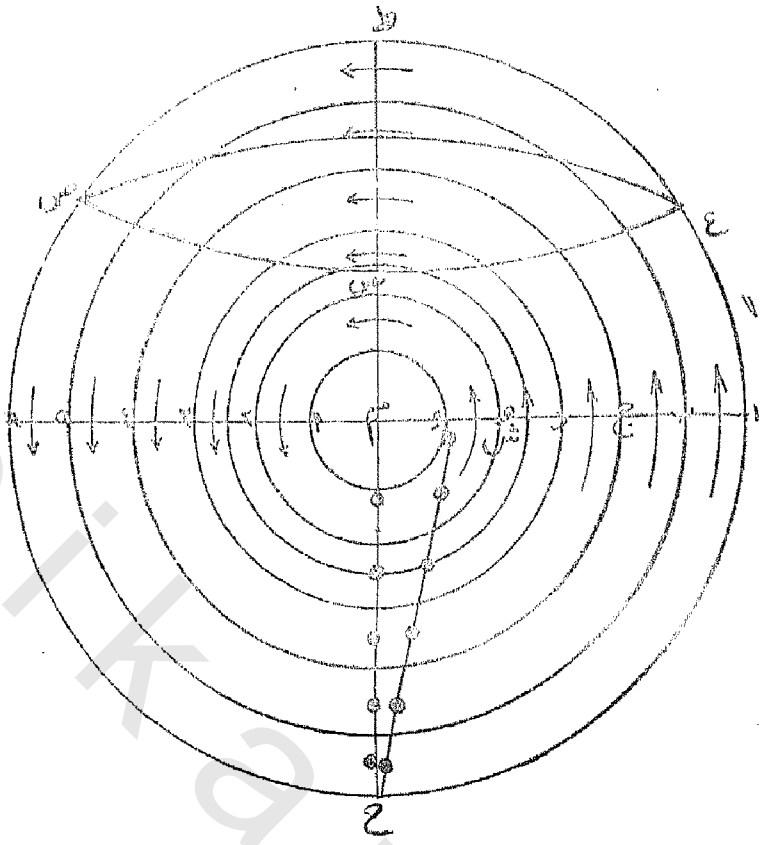
نعود الى الحيز المادي (الكوني) نفسه ونبحث في حركة عالم واحد من عوالمه التي تعد بالملايين كأنموذج لسائر العوالم . وأي عالم منها أليق لهذا البحث من عالم مجرتنا الذي تعد شمسنا وسياراتنا وأرضنا من الجملة فيه . ولكي يسهل على القارىء فهم بحثنا نصف له هذه المجرة باختصار :

المجرة هي النطاق النيمي الذي تتمنطق به قبة السماء شمالاً فجنوباً (ويسمى درب التبان) وتنطوي فيه سائر النجوم الاخرى التي نشاهدها وما بينها مما لا نشاهده . وتلسكوب (منظار) جبل ويلسون الذي يعتبر اعظم تلسكوب الى الآن يكشف منها للبصر نحو ٥٠٠ مليون نجمة . والتلسكوب الذي يُصنَع الآن في اميركا ، وسيكون قطر عدسته مائتي قيراط ، سيكشف اضعاف هذا العدد

جميع هذه الملايين من النجوم موجودة في حيز متناه من الفضاء ، شكله كشكل القرص المنتفخ او الرغيف البلدي المنتفخ ، ونظامنا الشمسي يقع عند الثلث الاول من مركزه تقريباً . فاذا تصورت انك ، ونحن قرب مركز هذا القرص ، نرمي بنظرنا الى حواشيه فنرى عديد النجوم ، الاماسي منها يطمس ما وراءه ، والخافي منها تتغلغل اشعته الينا من خلال ما امامه — اذا تصورت ذلك تفهم لماذا نرى النجوم المحيطة بنا في القرص متكاثفة بشكل سحابة « درب التبان » . وانما اذا رمينا ببصرنا الى سطح هذا القرص فطبيعي ألاّ نرى النجوم متكاثفة هذا التكاثف

ليست هذه النجوم العديدة متشردة في هذا القرص تشرداً ، بل هي تسير جماعات وأزواجاً وفرادى حسب مناشئها ، فالجماعة التي يسير افرادها بسرعة واحدة في اتجاه واحد تولدت من اصل سديم واحد كانت له تلك السرعة بذلك الاتجاه

الملاحظ ان حركات هذه الاجرام متفاوتة السرعة ، بعضها اسرع من بعض ، ولكن ليس لها الاّ مجريان فقط متعاكسان ، احدهما يتفق مع اتجاه مسير نظامنا الشمسي ، والآخر عكسهُ . وفي بعض المجموعات يتراءى لنا ان اتجاه سيرها معامد لاتجاه المجريين معاً . ومع ان تفاوت سرعة الاجرام واختلاف اتجاهاتها يدلان لاول وهلة على فقدان النظام بينها او على الفوضى في حركاتها ، فان هذا الظاهر من الفوضى الكاذبة يؤيد ان الاجرام جميعاً تدور في ذلك الحيز القرصي دوراناً رحوياً حول محور يخترق القرص من سطح الى سطح . ويكفيك تأمل قليل في الرسم الاول لكي تفسر من تلقاء نفسك اسرار تلك الحركات التي تظنها فوضوية



هذا الشكل الاول يمثل مناطق دوران النجوم في قرص المجرة بسرعات مختلفة باختلاف البعد عن مركز القرص . ومع انها تدور فيها دورة رحوية يتراءى لنا ان الصفوف التي على الخط ا — م تسير في اتجاه يعاكس اتجاه الصفوف التي على الخط ا — ٦ والصفوف التي على الخط ض — ط تسير في اتجاه معاند للصفين الآخرين

تصور ان هذا الرسم بين طبقتي الرغيف، أي أنه يمثل المسافة المتوسطة بين سطحي قرص المجرة وهو مملوء نجوماً . لنفرض ان جميع هذه النجوم مسمرة ومثبتة في هذا القرص على مسافات معينة بحيث لا تتغير مواضعها. فلو كان القرص كلهُ دائراً على محوره بأي سرعة عظيمة او بطيئة لما كنا نشعر بسرعته ، لان ابعاد الاجرام بعضها عن بعض تبقى على مسافة واحدة . ونحن لا نستطيع ان نميز حركة أي جسم الاَّ بالنسبة الى جسم آخر . فما دامت نسبة الابعاد بين الاجسام واحدة فلا نعلم بحركة لها ، لعدم وجود جسم آخر منفصل عنها لتنسب الحركات اليه . ولكن لان هذه الاجرام تسير بسرعات مختلفة بعضها أسرع من بعض فحينئذٍ نشعر ان بعضها يقرب الى بعض وبعضها يبعد عن بعض . ولكن أيها السريعة وأيها البطيئة ؟

بحسب ناموس الجاذبية ان سرعة الاجرام تتوقف على ابعادها عن المركز حسب هذه القاعدة : — س : سس :: شش٢ : ش ٢— باعتبار ان ش رمز لبعد أي جرم عن مركز المجرة وأن شش رمز لبعد أي جرم آخر عن مركز المجرة

وأن س رمز لسرعة الجرم الاول

وأن سس رمز لسرعة الجرم الثاني

اي ان نسبة سرعة اي جرم الى سرعة اي جرم آخر كنسبة مربع بعد الثاني الى مربع بعد الاول عن المركز

وبناء عليه كلما كان الجرم اقرب الى المركز كان اسرع ، وكلما كان ابعد كان ابطأ . فلو فرضنا ان صفاً من النجوم كان على خط واحد بين المركز والمحيط مثل م ـــ ـــ ح ثم شرعت نجومه تسير بالسرعة التي يخولها إياها الناموس المذكور آنفاً بحسب البعد عن المركز ، فبعد مدة نجده في الخط الآخر و ـــ ح

ولنفرض ان نظامنا الشمسي عند ش وهو وجميع النجوم التي الى جانبيه بين المحيط والمركز ، اي بين ا ـــ م ، تسير في اتجاه واحد ، فبديهة الحال نرى جميع هذه النجوم تسير في اتجاه واحد كاتجاه مسير الشمس اذا كنا نراعي نظام الدوران كما شرحناه آنفاً ، ولكننا اذا كنا نجهل هذا النظام يتراءى لنا ان النجوم التي الى اليسار في المنطقة بين (هـ و م) تبتعد عنا لانها اسرع منا او كأننا نحن نرجع الى الوراء ، والنجوم التي الى اليمين تتأخر عنا لانها ابطأ منا ، فكأننا نحن نقحم الى الامام او هي ترتد الى الوراء

ان فهمنا لهذا النظام يقتضينا ان النجوم جميعاً عن يميننا وعن يسارنا (الى عند المركز م فقط) سائرة في اتجاه واحد بسرعات متفاوتة حسب ابعاد مناطقها عن المركز كما تقدم شرحه

ثم اذا كنا نطلق العنان للتلسكوب (المنظار) لترصد النجوم التي الى يسار الشمس بعد المركز م في المناطق المرقومة بالارقام في الشكل ، رأيناها كلها تسير بسرعات متفاوتة في اتجاه واحد (كما تدل عليه الاسهم) مخالف لاتجاه الصف الذي نحن فيه (وقد تقدم شرحه) كأن هناك مجرى آخر للنجوم معاكساً للمجرى الاول

لو كان سير النجوم في خط مستقيم وليس لها مركز تحوم حوله لصح القول أن المجريين متعاكسان . ولكن لان السير دورانٌ حول مركز فبالطبع يكون الصفان المتقابلان على جانبي المركز (في قطر الدائرة) متعاكسي الاتجاه أينما كانا . لهذا لما اكتشفوا ان للنجوم مجريين متعاكسين حققوا ان اجرام المجرة تسير سيراً دورانياً حول المركز ، وكان تعاكس المجريين أقوى برهان على صحة هذا الدوران المركزي

ثم ان بعض الفلكيين زعم ان دورة اجرام المجرة ليست رحوية كما بسطناها ، اي ليست كدوائر على سطح القرص حول مركزه وموازية لحاشية محيطه ، بل هي دورة عرضية ، أي من جانب من المحيط الى جانب آخر حول القرص كالشكل (ع ط ص ض) . والذي حملهم على هذا الظن

هو انهم رأوا كثيراً من النجوم تسير في اتجاه معاند لاتجاه سير الشمس بين النجوم . ولا قل تأمل في الرسم يرى القارىء انهُ لا بدّ من وجود جانب عظيم من النجوم تتراءى لنا كأنها تسير في خط معاند لاتجاه خط سير شمسنا ، وهي النجوم التي صار بينها وبيننا ربع الدائرة من وراثنا أو من أمامنا، كما تدل عليه الاسهم في خط (ض ط) . فهذا الذي اتخذه دليلاً على ان حركة نجوم المجرة في دورة عرضية هو البرهان الوثيق على ان الدورة رحوية

ثم ان انبساط حجم المجرة من شكل كروي الى شكل قرصي بحيث ان سماكته تعادل خمس قطره تقريباً يثبت ان له هذه الدورة كدورة عجلة المركبة ، لان قوة الابتعاد عن المركز (Centrifugal Force) جعلت محيطهُ يتسع على حساب محوره الذي قصر فتقارب قطباه كثيراً . ولولا هذه الدورة لما اتخذ هذا الشكل . ولو كانت الدورة عرضية كما زعم بعضهم لاستحال التوفيق بينها وبين هذا الشكل القرصي

٥ — سير سائر عوالم الكون العظيم

ننتقل الآن الى سائر عوالم الحيز الكوني الذي نحن بصدده . فقد لوحظ أيضاً أن جميع هذه العوالم من سدم ومن مجرات مشابهة لمجرتنا ، تتحرك في حيزها بسرعات مختلفة، بعضها اسرع من بعض، وبعضها أبطأ من بعض . فتفاوتها بالسرعة ينبهنا الى أمر جوهري ، وهو ان عوالم هذا الكون الكروي تسير على نمط تسير مناطق المجرة نفسها في اتجاه واحد . واما كون بعضها أبطأ من بعض فتفسره نظرية خطرت لهذا العاجز ، وهي انهُ لا بد أن يكون لكرة الكون الاعظم قطبان . فالعوالم التي هي أقرب الى القطبين تتم دورتها قبل العوالم التي هي اقصى عن القطبين، حتى لو كانت سرعتها كسرعة هذه ، ولذلك يسابق المناطق بعضها بعضاً في تجاربها . وربما كانت مناطق القطبين اسرع من مناطق خط الاستواء (الكرني) باعتبار ان القطبين مركزان للجاذبية ، وفي هذه الحال يكون الزحام عند القطبين أشد منهُ عند خط الاستواء حيث يكون التوزع هنا أقل . وفي هذه الحالة أيضاً يحتمل ان تنفلق كرة الكون الى فلقتين بعد أمد بعيد وتتوازن كل فلقة حول قطب . والله اعلم

هذه استنتاجات اقرب الى التكهن منها الى الحقيقة ، ولكنها استنتاجات معقولة . على ان هذه التكهنات ليست كل ما يخطر في بال المتبحر في طبيعة كرة الكون ، فهناك خواطر اخرى الراجح كما قلنا آنفاً ان جميع هذه العوالم الشاغلة حيز الكون المادي تسير في اتجاه واحد كما تسير سيارات النظام الشمسي وكما تسير أجرام المجرة ، بدافع واحد، وبنظام واحد . والاّ لو كانت تسير في اتجاهات مختلفة لكانت فوضى خلواً من النظام ، ولا يمكن أن تكون فوضى بلا نظام ما دام ثمة ناموس جاذبية منظّم ، فهذا الناموس يجعلها تتخذ اتجاهاً واحداً يتمشى على نظام

واحد . ولو كانت تسير في اتجاهات مختلفة لكثر التصادم بينها ، ولدمرت بعضها بعضاً . والواقع ان الصدام نادر بينها ، ولا يحتمل حدوثه الاّ نادراً بين الاجرام المتجاورة المتقاطع فقط

و — اتجاهات دوران العوالم

ثم ان التبحر يستعرض لنا اسئلة اخرى . منها : هل لوح هذه الكرة الكونية ذو طبقة واحدة من العوالم ؟ أو هو مؤلف من طبقات يغلف بعضها بعضاً كاغلفة البصلة — على فرض ان

هذا الشكل الثاني يمثل قطعاً من كرة الكون الاعظم (بغير تناسب بين المسافات) . جول الدائرة الخارجية الفضاء الخالي . وضمن الدائرة الداخلية الجوف الخالي . والراجح ان فيه جواً جاذبياً ضعيفاً جداً عند المركز . وبين الدائرتين مسبح العوالم وتمثيل ثلاثة افتراضات لدوران هذه العوالم اثناء انطلاقها في الحيز الكوني الكروي . والدوران المنزلي أقربها للمعقول

البصلة فارغة الجوف ، أي هو خال من طبقات داخلية ؟ — فاذا كان اللوح طبقة واحدة أمكننا ان نحكم بأن سماكته تقارب حجم المجرة ، لانهُ ليس بين المجرات أكبر من مجرتنا ، ويقال انها اكبرها . واذا كان مؤلفاً من عدة طبقات فكم طبقة فيه وكم تكون سماكته ؟ هذا سؤال تتعذر الاجابة عنهُ الآن . وربما استطاع علماء الاجيال القادمة ان يجيبوا عنهُ ، فلنتركه نصيبهم من البحث

سؤال آخر : لابد أن هذه العوالم (المجرات) تدور على محاورها ايضاً في أثناء سيرها كما تدور مجرتنا على محورها (على نحو ما وصفناه) وكما تدور سيارات شمسنا على محاورها . فهل تلك العوالم تسير متدحرجة كتدحرج عجلة المركبة على الارض بحيث تكون محاورها معامدة لخط اتجاهها في سيرها ؟ — هذا معقول جداً ، ويشابهُ دوران السيارات حول الشمس — أو انها تسير زحفاً ، وهي تدور على محاورها دورة رحوية بحيث تكون دورتها موازية لاتجاه خط سيرها ؟ وهذا قليل الاحتمال جداً — او انها تدور دورة مغزلية بحيث يكون محورها في اتجاه خط سيرها ، ودورانها معامد لخط السير ، كما ان فراشة الطيارة تدور على محورها بسرعة الفي دورة في الدقيقة ودورتها معامدة لخط اتجاهها ، ولكن محورها في اتجاه خط السير ، كانها كالبرغي (اللولب) تثقب الهواء ثقباً ؟ — وهذا معقول ايضاً وربما كان ارجح الفروض الثلاثة ، لان شمسنا تسير بسياراتها على هذا النحو : محورها متجه في اتجاه خط سيرها في قرص المجرة ، وسياراتها تدور حولها دوراناً معامداً لخط السير . نعرف ذلك لان المجرة تطوق السماء من الشمال الى الجنوب ، والسيارات تسير من الغرب الى الشرق ، وتدور على محورها هكذا ايضاً . فيكون محور النظام الشمسي متجهاً باتجاه نطاق المجرة . لذلك نرجح ان جميع اجرام المجرة تسير في قرص المجرة في اتجاه محاورها . وربما كانت عوالم الكون المادي كلها تدور دورات مغزلية ومحاورها في اتجاه خط سيرها (١)

استنتاج

ان معامدة قرص النظام الشمسي لخط سيره في قرص المجرة ينبهنا الى قضية خطيرة الشأن ، وهي ان الجو الجاذبي الذي ينشئهُ النظام الشمسي ليس كروياً — كما تجعلنا سنة الجاذبية نظن — بل هو مخروطي الشكل ، قصير ، واسع القاعدة ، قاعدته امام الشمس في اتجاه سيرها في قرص المجرة . ورأسه وراءها . وهو في ظننا سر اهليلجية افلاك السيارات

اصطلاح اخطاء

خطأ	صواب	سطر	صفحة	خطأ	صواب	سطر	صفحة
١٠٧٦	١٠٦٧٦	٥ من الجدول	٦	نظروتكم	فطروتكما	١٠	٥٧
يمكني	يمكنني	١٤	١٣	فتتقصر	فتقصر السطر الاسفل		٧٢
طيسي	كهرطيسي	١٤	٣٤				

(١) كتبت فوى هذا انتقال بشكل أسئلة الى العلامة الكبير السير جيمز جينز أرجو منه الاجابة عنه . فأجاب بما فحواه : « ان هذه المسائل التي أثرتها (You raised) تخص فرداً جديداً من العلم ما زال قيد المناقشة . فاذا شئت أن تتوسع فيه فأنصح لك ان تدرس بعض المؤلفات الحديثة في نظرية النسبية — فعملت بنصيحته

فهرس

صفحة

— مصادر الكتاب

— لمحة عن اينشتين وصورته

مقدمة للمترجم ١

مقدمات ٥

١ — سياحة في الفضاء ٥

ا — ما يرى وما لا يرى ٥

ب — المجرة — عالمنا واحد من مليوني عالم ٨

ج — الكون الاعظم ١١

٢ — اين مكانك في الفضاء ١٢

ا — هل في الكون مكان ثابت ؟ ١٢

ب — كم هي سرعتك في الفضاء ؟ ١٤

٣ — معنى النسبية ١٦

ا — الحركة والسكون نسبيان ١٦

ب — هل يمكن اكتشاف السكون او الحركة ؟ ١٧

ج — لا سكون في الكون ١٩

د — السرعة المطلقة ٢٠

ه — النسبية اكثر تعقداً من هذا ٢٠

صفحة

القسم الاول — ناموس النور

الفصل الاول — سرعة الارض في الاثير

ا — خاطر عبقري في اكتشاف السرعة المطلقة ٢٣

ب — البرهان الحسي على صحة هذه الفكرة ٢٥

ج — عملية ميكلصن ٢٨

د — فشل العملية ٣١

ه — تقلص الاجسام في اتجاه سرعتها ٣٢

و — تزعزع نظرية الاثير ٣٣

ز — هل فرض الاثير ينقض النسبية ؟ ٣٤

الفصل الثاني — تقلص الاجسام في اتجاه سرعتها

ا — كيف يكون التقلص ٣٥

ب — البرهان الوصفي للتقلص ٣٦

ج — البرهان الرياضي للتقلص ٤٠

الفصل الثالث — سنّة سرعة النور

ا — النور والاثير ٤٢

ب — سرعة النور ٤٣

ج — هل نحس بالتقلص ٤٤

د — سرعة النور منتهى السرعة ٤٥

ه — استقلال سرعة النور عن سرعة مصدره ٤٥

و — ناموس منح السرعة ٤٦

obeikandl.com

صفحة

ز — هل ينطبق ناموس منع السرعة على النور؟ ٤٨
ح — ماذا حلّ محل الاثير؟ ٤٨
ط — لماذا يستقل النور بسرعته ٤٩

القسم الثاني — النسبية الخاصة

الفصل الرابع — تمهيدات للنسبية الخاصة
ا — خط الحركة في الجو الجاذبي ٥٢
ب — نظام الابعاد المتعامدة ٥٣
ج — خط الحركة أهم الابعاد المتعامدة ٥٣

الفصل الخامس — ما هي النسبية الخاصة
ا — تمهيد ٥٤
ب — ظروف الحركة ٥٤
ج — ما الثابت والمتحرك ٥٥
د — المراقب ٥٥

الفصل السادس — نسبية المراقب الى الحركة
ا — اختلاف نظر مراقبين لحادث واحد ٥٧
ب — اختلاف المسافة باختلاف موقع المراقبين ٥٨
ج — اختلاف مقاس الجسم المتحرك في نظر المراقبين المختلفي الموضع ٦٠
د — نسبية الوقت ٦٢

الفصل السادس — التواقت
ا — معنى التواقت ٦٥
ب — التواقت الصوتي ٦٦
ج — التواقت النوري ٦٩
د — التواقت المتحرك ٧٢

صفحة

ه — نسبية التواقت ٧٣

الفصل الثامن — الزمكان
ا — ماهو المكان ٧٦
ب — ما هو الزمان ٧٨
ج — كيف يندمج الزمان بالمكان ٨٠
د — معنى البعد الرابع ٨٢

الفصل التاسع — الابعاد الاربعة
ا — ماذا يراد بالابعاد الاربعة ٨٣
ب — نموذج تصوري للابعاد الاربعة ٨٤
ج — ما هو البعد الرابع ٨٥
د — شأن النور في الابعاد الاربعة ٨٧
ه — القيمة الرياضية للبعد الرابع ٨٩

القسم الثالث — النسبية العامة

الفصل العاشر — تمهيد
ا — الاستمرارية والمسارعة ٩٢
ب — هل يمكننا اكتشاف الاستمرارية والمسارعة؟ ٩٤
ج — نسبية الاستمرارية والمسارعة ٩٥

الفصل الحادي عشر — الجاذبية والجو الجاذبي
ا — ما هي الجاذبية ٩٧
ب — بين جاذبية نيوتن وجاذبية اينشتين ١٠٠
ج — تحدب الجو الجاذبي ١٠١
د — قانون التحدب ١٠٣

الفصل الثاني عشر — تحدب الجو الجاذبي
ا — انحناء أشعة النور في الجو الجاذبي ١٠٥

obeikandl.com

صفحة

ب — عملية اكتشاف اخفاء النور ١٠٧
ج — اختبار العملية ١٠٩
د — سبب الانحراف ١٠٩

الفصل الثالث عشر — النسبية في الجاذبية

ا — المراقبة في جو جاذبي وجو استمراري ١١١
ب — لا تميز بين جو جاذبي
وجو استمراري ١١٣
ج — نظرية التعادل بين الجو
الاستمراري والجو الجاذبي ١١٦

الفصل الرابع عشر — نسبية الحركات الدائرة

ا — هل يمكن اكتشاف الدوران ١١٨
ب — هل الارض تدور أم الفلك يدور ١٢٠

الفصل الخامس عشر — اختبار ناموس اينشتين

ا — انحناء أشعة النور ١٢٢
ب — دوران الافلاك والسيارات ١٢٢
ج — انحراف الخط الموشوري ١٢٣

الفصل السادس عشر — نسبية المسافة
والوقت والتواقت

ا — التقلص في الخط المنحني ١٢٥
ب — تعليل تقلص الخط المنحني ١٢٧
ج — تمدد الوقت في الخط المنحني ١٢٨

الفصل السابع عشر — تحدب الفضاء

ا — تصورات العامة ١٣٠
ب — ما هو الفضاء ١٣٠
ج — هندسة السطح المحدب ١٣٢
د — تحدب الابعاد الاربعة

صفحة

ه — هل السطح أم الفلك يدور ١٣٥

القسم الرابع — بعض مقتضيات النسبية

الفصل الثامن عشر — الكون متناه غير
محدود، كروي، فارغ الجوف

ا — مقتضى هندسة اقليدس ١٤٠
ب — تناهي الحيز المادي ١٤١
ج — شرح برهان اينشتين ١٤٢
د — شكل الكون ١٤٤
ه — هل تصلح لهُ هندسة اقليدس ١٤٥
و — كيف يستخرج حجم الكون ١٤٨

الفصل التاسع عشر — تمدد الكون

ا — المتناهي واللامتناهي ١٥٠
ب — حيز الكون الهيولي ١٥١
ج — سرعة تشتت المجرات ١٥٢
د — كيف يتنفخ حجم الكون ١٥٣
ه — رحلة الشعاع في محيط الكون ١٥٤
و — كيف ابتدأ تمدد الكون وكيف ينتهي ١٥٥
ز — هل التمدد عام؟ ١٥٦

الفصل العشرون — دوران الاكوان

ا — قياس الكون الاعظم ١٥٧
ب — سبب كروية الكون المادي ١٥٨
ج — انتفاخ الكون المادي ١٥٨
د — دوران المجرة ١٦٠
ه — دوران عوالم الكون الاعظم ١٦٣
و — اتجاهات دوران العوالم ١٦٤

استنتاج ١٦٥

obeikandl.com