تحدب الفضاء

وماذا عنى به النسبيون ؟

ولماذا لا تسلم له هندسة اقليدس ؟

بقلم نفولا الحداد

اذا قلت للعامي : الفضاء منحنٍ ، او متحدّب ، حسبحذا القول هذياناً او كلاماً فارغاً ، كفراغ الفضاء ، لا معنى له . واذا قلت للمثقف ثقافة عامة وهو يفهم ان اي حجم من الفضاء هو ذو ثلاثة ابعاد متعامدة وذو وجهات ستّ يستهجنهُ ويسأل : ماذا تعني بتحدب الفضاء ؟ فاذا قلت له : اعني به ان الخط المستقيم الذي عرّفهُ اقليدس بانهُ اقصر مسافة بين نقطتين لا وجود له في الفضاء لان كل خط في الفضاء منحنٍ بالنسبة الى هذا الخط المستقيم الذي عرّفه اقليدس ، وبالتالي الفضاء متحدّب — اذا قلت لهُ هذا القول عدّهُ سخافة واجابك انهُ قول غير منطقي لانهُ مناقض بعضهُ لبعض ، فضلاً عن انهُ مناقض للاختبار ، لاني اذا اديت بحبل طويل مطلق فيهِ جسم ثقيل من مكان عالٍ رأيت الحبل خطًّا مستقيماً . واذا تصورت حبلاً مثله مدلى من الارض الى الشمس التي هي مركز الثقل في النظام الشمسي تصورت هذا الحبل الذي طوله ٩٣ مليون ميل خطًّا مستقيماً . لا استطيع ان اتصوره منحنياً . واذا كان الخط المستقيم طبيعة للفضاء فلا استطيع ان اتصور الفضاء منحنياً . ولا افهم كيف يكون متحدباً

هكذا يكون جواب الشخص المثقف على اقوالك الآنفة . فكيف بهِ اذا زدت عليها قولك : ان الخط المستقيم يلتقي طرفاهُ ، خلافاً لقول اقليدس البديهي ان الخط المستقيم مهما مددتهُ فلن يلتقي طرفاه . وكيف بهِ اذا قلت له ان الخطين المتوازيين يلتقيان ، خلافاً لقول اقليدوس البديهي انهما مهما امتدا فلن يلتقيا البتة . وكيف بهِ اذا قلت له ايضاً ان زوايا المثلث لا تساوي زاويتين قائمتين وان زوايا المربع والمكعب ليست زوايا قائمة ، خلافاً لما هو مسلم في هندسة اقليدس التي لا تزال هندسة المدارس والعلوم والفنون العصرية — كل ذلك يعدهُ هذا المثقف سخافة وخرافة

***

لذلك يجب ان نتحقق ماذا عنى اينشتين واتباعه من علماء النسبية بتحدب الفضاء واستحالة وجود خطوط مستقيمة فيهِ بالمعنى الاقليدومي

ما هو الفضاء

ليس في قالة اولئك النوابغ ما يستفاد منهُ تلك المزاعم المناقضة للمعقول . ولا يمكن ان يلقوا الكلام على عواهنه . وانما كتاب الجرائد والمجلات الاجنبية عزوا تلك المزاعم الى نظرية النسبية على أن ظهورها ونفخوا بها كثيراً من غير ان يفسروا المراد بها لانهم لم يدرسوا النسبية ولا تفهَّموها. وهذا كتَّاب العربية حذوهم . فترجمت قضايا النسبية ، ومنها « تحدب الفضاء » سخافة مستهجنة . والحق يقال انهم بكتابتهم عن تلك القضايا بلا تفهم ولا تفسير مسخوا نظرية النسبية مسخاً اجرامياً

والسبب الاساسي في هذا المسخ هو عدم تفسير الكتَّاب الاجانب لفظ « الفضاء » وترجمة كتَّاب العربية كلامهم بلا تفسير ايضاً . فاولئك ذكروا الفضاء بلفظ Space وحسبوه فضاء خالياً Emptiness . وكذلك فهمهُ كتَّاب العربية فترجموه بلفظ « فضاء » وهو لفظ ابلغ لمعنى ذاك اللفظ لانهُ يُشعرنا بمعنى الفراغ المطلق

ولكن علماء العصر ، ولاسيما علماء النسبية ، عنوا بلفظ Space الحيز الذي تشغله المادة من اجرام واجواء Fields جاذبية وكهرطيسية واثير (اذا اقتضى الامر ان يذكروا الاثير) فهو حيز مملوء لا فارغ . واما اذا اقتضى الامر ان يذكروا الفراغ المطلق قالوا Emptiness . وهم يعنون بهِ الفضاء المجهول الطبيعة الذي يحيط بالحيز الكوني المادي ، وما هو الاَّ العدم

لذلك يعد استعمال لفظ « فضاء » في لغتنا العربية لرحاب الكون المادي خطأً لان هذه الرحاب ليست خالية بل هي ملأى من انواع التشعُّع او التموج المختلفة : جاذبية وكهرطيسية . والاصوب استعمال لفظ « حيز » تحاشياً لايهام معنى الفراغ المطلق او الخلاء . فالمقصود بالتحدب الذي نحن بصددهِ هو تحدب الحيز وانحناء كل خط حركة فيه على الاطلاق . ولذلك لا يستقيم تفسير هذا التحدب الاَّ بما عنيناه بلفظ الحيز المشغول بالمادة والمحدود بها . فكيف يكون هذا التحدب

اذا اردت بالخط رسم الخط الوهمي التصوري فالخط المستقيم الاقليدوسي (اقصر مسافة بين نقطتين) مجرد . يمكن وجوده بالتصور وبالفعل ايضاً في المسافات القصيرة وبالرسم على الورق . واما اذا اريد بهِ الخط الذي يسلكه الجسم المتحرك فلا يكون الاَّ منحنياً . لان العلم العملي مختص بالحركة التي هي حاصل اندماج القوة بالمادة . وخط الحركة لا يكون مستقيماً بالمعنى الاقليدوسي بل هو منحن . اي ان خط الحركة الفعلي لا يطابق الخط الهندسي الاقليدوسي . ولا يمكن ان يطابقه . لماذا ؟

ان سرَّ هذا الانحناء هو في مصدر القوة المنتجة كل حركة في الوجود . وما هو مصدر القوة ؟ — الجاذبية !

منَّة الجاذبية سبب الانحناء لكل خط حركة في كل جو جاذبي على الاطلاق . ولانهُ لا وجود للحركة خارج الجو الجاذبي اذ لا جسم متحرك هناك فلا وجود لخط حركة مستقيم البتة . اذن لابد من تفسير معنى الجاذبية ولو بايجاز كلي تمهيداً لتفسير كيفية هذا الانحناء

ما هي الجاذبية

رأى فاراداي كما رأى غيره ان جذب المغنطيس للحديد عن بعد ، من غير واسطة تُحس بينهما تنقل القوة من الواحد الى الآخر ، امر غير معقول . لذلك فرض وجود شيء ينشره المغنطيس حوله الى جميع الجهات بالتساوي متّجاه الجو المغنطيسي Magnetic field وهذا الجو يفعل في الحديد فيدفعهُ الى جهة المغنطيس . فليس المغنطيس نفسه فاعلاً مباشرةً في الحديد بل جوه الذي هو محدثهُ يفعل في هذا . ولكن ما هو هذا الجو ؟ لم يستطع احد تحقيقه . وانما استعين بفرض الاثير في تفسيره باعتبار انهُ تموجات اثيرية يحدثها المغنطيس في الاثير . وسواء كان هذا التفسير سديداً او خطاء فنظرية فاراداي تعني ان الحيز الذي بين المغنطيس والحديد او بالاحرى الحيز المحيط بالمغنطيس ليس فراغاً مطلقاً كما نرى ونظن بل هو جو صالح لانتقال القوة (او بالاحرى حركتها) فيهِ

لم يقتصر فاراداي على النظريات النفسية بل اعتمد على الامتحانات العملية فاكتشف «الامواج» الكهربطيسية Electro Magnetic وسمى الحيز الذي تنتشر فيهِ الجو الكهربطيسي » . وجاء بعده مكسويل وآخرون واشتغلوا عملياً في تحقيق خواص هذا الجو . ثم جاء نجاح اختراع اللاسلكي برهاناً دامغاً على نظرية فاراداي وفوزاً باهراً لها جعل مجد فاراداي لامعاً

ولما ثبتت هذه النظرية اطلقها العلماء وفي مقدمتهم اينشتين على كل ظاهرة من ظواهر الجذب ، ولا سيما على « الجاذبية العامة» بين اجرام السماء . فقالوا ان الاجرام تنشر حولها جواً جاذبياً الى جميع الجهات تساوي حدّته Intensity حاصل ضرب كتلتها المتجاذبة بعضها ببعض وتنقص كمربع البعد بينها . وهذا الجو هو الذي تنتقل بهِ قوة الجذب من جرم الى آخر بالتباطل . فالشمس مثلاً لا تجذب بنفسها السيارات اليها وانما جوها الجاذبي الذي تنشره حولها هو الذي يدفع سياراتها اليها كما ان جو السيارات بنوبته يجذب الشمس اليها . فاذا سلّم ان كل جو جاذبي : مغنطيسي او كهربطيسي ، انما هو امواج اثيرية يصدرها الجسم فلا بدع ان تكون « الجاذبية العامة » امواجاً اثيرية ايضاً يحدثها الجرم او الجسم ، وان ذلك الجو الجاذبي بحر اثيري متموج

وحاصل القول ان الرهاب التي بين الاجرام ليست فراغات مطلقة بل هي بحار امواج (اثيرية عند من يعتقد بنظرية الاثير او مجهولة الحقيقة عند من ينكر النظرية) وهي « الجو الجاذبي » بعينهِ . فاذا قلنا ان الفضاء ، او بالاحرى ، الحيز متحدب عنينا ان هذا الجو متحدب بمعنى ان الخطوط التي ترحل فيها القوة على متن تلك الامواج بين الجاذب والمجذوب منحنية لا مستقيمة . وهو ما نُعنى بشرحهِ فيما يلي . ومنهُ نعلم الفرق بين جاذبية نيوتن وجاذبية اينشتين :—

جاذبية نيوتن وجاذبية اينشتين

لم يراع نيوتن الزمن الذي تستغرقه القوة « الجاذبة » في رحيلها من المركز (الشمس مثلاً)

الى الجسم الواقع تحت تأثيرها (كالارض) ولذلك صاغ ناموس الجاذبية باعتبار ان القوة تبلغ الى الارض حالما تصدر من الشمس بلا استغراق مدة البتة . واما اينشتين فراعى الزمن لان ناموس سرعة النور وناموس النسبية ايضاً اللذين لاغبار عليهما يقضيان حتماً بأنهُ يستحيل ان توجد في الكون سرعة اسرع من سرعة النور . ولذلك مهما كانت القوة الراحلة من المركز الى المحيط سريعة يستحيل ان تكون اسرع من النور . حَسْبُها ان تكون كسرعة النور . (وفي رأي هذا الضعيف انها كسرعة النور تماماً بناءً على عقيدة ان الجاذبية كالنور تموّج اثيري . ولتموج الاثير سرعة واحدة في كل مكان وزمان . لان سرعة التموج تتوقف على الكثافة كما شرحناه في المقال السابق في المقتطف تحت عنوان «حجم ذرة الاثير» . ولان الاثير اكثف مادة في الكون . فتموجه اسرع تموج . او هو منتهى السرعة . وهو السرعة المطلقة Absolute Velocity)

والتموج الاثيري هذا هو الوسيلة لنقل القوة Energy او الطاقة محمولة على متنه . فلنتبع موجة جاذبية واحدة فقط صادرة من الشمس (في الرسم) ومنتشرة في الحيز الجاذبي (الفضاء بعرف العامة) الى جميع الجهات بسرعة واحدة . ولنفرض ان الدوائر التي في الرسم تمثل المواقع المتوالية لتلك الموجة المفردة في خمس برهات متساوية . ولنفرض ان الارض (ض) انتقلت في اثناء هذه البرهات الخمس من ض الى ضَ متنقلة على النقط الخمس بَ جَ دَ هَ نَ ذات المسافات المتساوية في نفس البرهات الخمس التي تنقلت فيها القوة (الموجة) على الترتيب نفسه من ١ — ٥

لو كانت الارض خلواً من حركة استمرارية Inertial البتة ، اي لو كانت ساكنة لكان حكمها كحكم الحجر الساقط من علوٍّ الى الارض . اي انها تسقط في الخط المستقيم من ض الى ش . ولكن لان لها قوة استمرارية تعادل قوة الجاذبية وتعامدها تسير في فلك مستدير (تقريباً) بفعل القوتين المتعامدتين كما هو معلوم

فلما ان القوة الصادرة من المركز تنتشر الى جميع الجهات فلا يصيب الجسم الواقع تحت تأثيرها كالارض الاَّ جزءاً منها كما هو ظاهر ومفهوم بالبداهة . ويسمى الخط الذي يسير فيهِ هذا الجزء خط القوة Radius Vector لانهُ يجتاز خطاً من الشمس الى الارض (فلا هو مسطح ولا هو مجسم) فلما كانت الارض عند ض كان جزء القوة يتجه اليها في الخط ش ض . ولكن الارض لم تبق في مكانها فتتلوجزء القوة هذا بل سارت في سبيلها . فما بلغ جزء القوة الى ب في البرهة الاولى حيث صارت الموجة في الدائرة الثانية حتى كانت الارض قد برحت الى بَ واصبحت تقابل خط قوة آخر أي صار جزء قوة آخر يتجه اليها في الخط ش ض . ولكن القوة لم تدركها هناك فما بلغت الى جَ في البرهة الثانية حيث صارت الموجة في الموقع الثالث حتى كانت الارض قد رحلت الى جَ واصبحت تجاه جزء آخر من القوة قادم اليها في الخط ش جَ . ولكنه لم يدركها ايضاً هناك لانها سبقت الى د واصبحت تجاه جزء آخر من القوة في خط ش دَ . وهكذا لم تبلغها القوة عند هَ لان الموجة لا تزال في الدائرة

الرابطة والارض تجاوزت اتجاه خط القوة ش هَ . فما ادركها من القوة الا الجزء المتجه في الخط ش ضَ فالتقيا عند ضَ

ترى مما تقدم ان جزء القوة الذي ادركها في الموجة التي صدرت من الشمس حين صدرت عند ش هو غير الجزء الذي كان متجهاً اليها حين كانت عند ض . فاذا وصلت بين نقط «خطوط القوة» التي تعاقبت في الاتجاه اليها في البرهات الخمس المتوالية (ش ج د هـ ض) رأيت الخط الذي يمر في هذا النقط منحنياً . اذن القوة التي رحلت من الشمس الى الارض لم تسر اليها في خط مستقيم — لا في الخط ش ض ولا في الخط المتوسط ش ضَ — بل رحلت اليها في الخط المنحني ش ض ج د هـ ضَ وذلك أن تقول بعبارة اخرى : منذ صدرت من ش القوة ، أو الجزء منها المقابل للارض من جعل هذا الجزء يميل في سيره منحنياً كما تراه

يستفاد مما تقدم ان ناموس نيوتن يعتبر القوة راحلة الى الارض في خط مستقيم في الحال (بلا استغراق وقت) قبل أن ترحل الارض من موقعها ض . ولكن ناموس اينشطين يعتبر ان القوة استغرقت وقتاً في الرحيل الى الارض السائرة في طريقها . فاضطرت (أي القوة) أن تسير في ذلك الخط المنحني لكي تدركها

فالخط المستقيم ش ض الذي اعتبره نيوتن «خط القوة» يمثل مسافة البعد بين الشمس والأرض مجرداً من الزمن . لذلك صاغ ناموسه باعتبار ان الراديوس (نصف القطر) ش ض مسافة البعد بين المتجاذبين الشمس والارض وان نسبة قوة الجذب بينهما كنسبة مقلوب مربع البعد بينهما $\frac{١}{(ش ض)^٢}$

وأما الخط المنحني الذي اعتبره اينشطين طريقاً للقوة في رحيلها من الشمس الى الارض فلا يمثل مسافة البعد فقط بل يمثل المسافة والزمن جميعاً . لأن الراديوس يمثل الزمن الذي استغرقته القوة في مسافته ، والخط ض ضَ يمثل الزمن الذي استغرقته الارض في مسيرها من ض الى ضَ . ومجموع مربعي الراديوس وهذا الخط يساوي مربع الخط المنحني ش ضَ كما هو معلوم . فاذاً هذا الخط المنحني يمثل الزمن الذي استغرقته القوة في سيرها من ش الى ضَ واستغرقته الارض في مسيرها من ض الى ضَ حيث التقت بالقوة . لذلك صحح اينشطين ناموس الجاذبية بأن حسب البعد بين المتجاذبين ذلك الخط المنحني لا الراديوس الذي حسبه نيوتن . فاذاً

$$\text{ناموس نيوتن للجاذبية} = \frac{\text{ش} \times \text{ض} = \text{كتلة الشمس} \times \text{كتلة الارض}}{(\text{الخط ش ض})^٢}$$

$$\text{ناموس اينشطين : الجاذبية} = \frac{(\text{ش} \times \text{ض})}{(\text{الخط ش ضَ المنحني})^٢ = (\text{ش ض})^٢ + (\text{ض ضَ})^٢}$$

يتضح مما تقدم ان معنى تحدُّب الجو الجاذبي هو أن الجسم الذي يقع في أي جو جاذبي يكون تحت تأثير قوة واردة اليه في « خط قوة » منحنٍ كما علمت

قصور نشرة اقليدس

اذا سكتنا عند هذا القول بتحدب الفضاء ناقصاً . فلنتقدم فيه خطوة اخرى لكي نعلم كيف يختلف هذا التحدب باختلاف مواقع الاجسام في الجو الجاذبي

من فروع ناموس الجاذبية التي هي من مقتضياته « ناموس التسارع بالنسبة الى البعد » وهو ان الجسم الاقرب الى مركز الجذب يكون أسرع في فلكه من الجسم الابعد عن المركز بنسبة $\frac{س}{ش}$ باعتبار ان س رمز السرعة و ش رمز البعد (الذي يعبر عنهُ بالشعاع أو نصف القطر أو الراديوس) وقد شرحت هذا القانون الفرعي في المقتطف منذ نحو سنتين

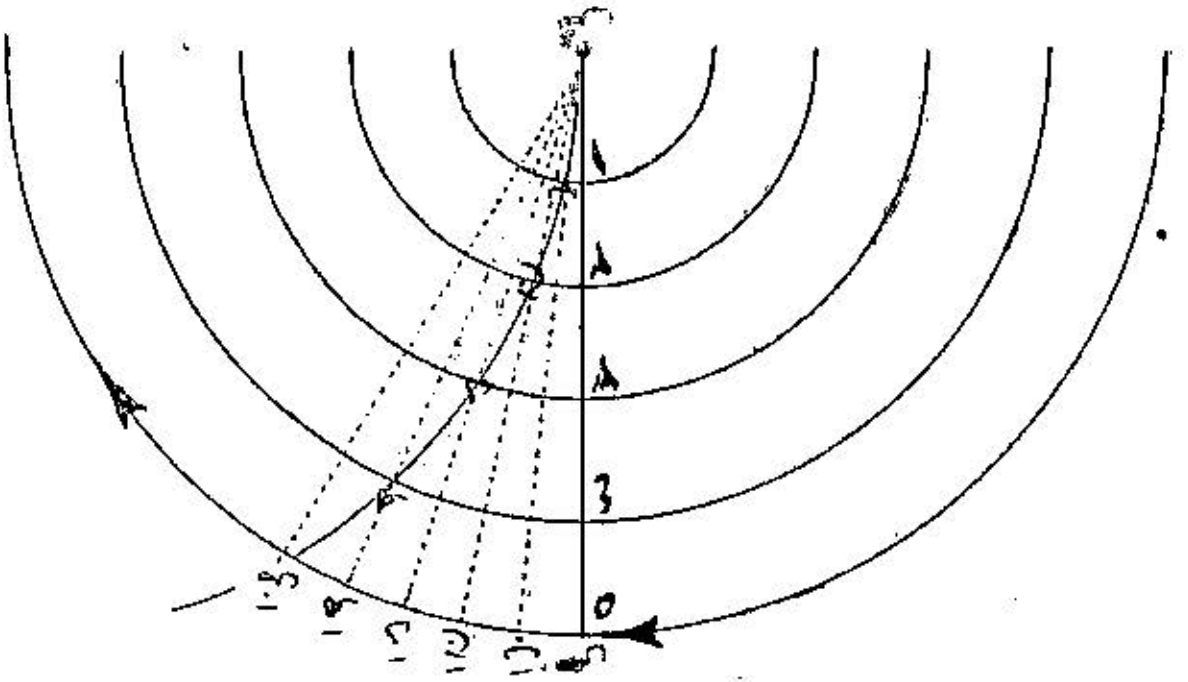
بناءً على هذا القانون يكون انحناء « خط القوة » تجاه الجسم الاقرب أشد منهُ تجاه الجسم الابعد. لان ذلك اسرع من ذينا فيواجه من « خطوط القوة » عدداً اكثر مما يواجه هذا ، فلا تتركه القوة الا وقد رحل مسافة (بعد ما يرحل هذا) . ولذلك يكون « خط القوة » اكثر انحناء . ولا أظن القارىء يتعذر عليهِ فهم هذه النقطة من الموضوع اذا فكّر قليلاً . ولذلك لا أرى داعياً لتمثيلها برسم شكل ثان

وبناءً على هذا القانون الفرعي ايضاً يكون ان الجرم الذي له من السرعة الاستمرارية (الذاتية) ما يحميهِ من السقوط الى مركز الجذب يسير بخط منحنٍ متمم دائرة حول المركز . فكلما كان أقرب الى المركز كان خط سيره اكثر انحناء (كما هو معلوم ان قوس الدائرة الصغرى اكثر تقوساً من قوس الدائرة الكبرى)

اذاً يتضح مما تقدم ان تحدب الجو الجاذبي يكون اشدهُ على مقربة من المركز واضعفهُ كلما كان ابعد عنهُ

وبناءً عليه اذا مرّ فيهِ خيط من النور (واشعة النور خاضعة لتأثير الجو الجاذبي كما رأى اينشطين وأيدتهُ الارصاد الفلكية) الوارد من نجم سحيق والمار على مقربة من الشمس يظهر انحناؤه حين مروره في جوها الجاذبي الاقرب اكثر من خيط آخر يمر في جوها الابعد . وقد حققت هذه الظاهرة بعثة فلكية بريطانية حين حدث كسوف كلي يرى من مناطق الارض الجنوبية سنة ١٩١٨ وثبت لها ان الزاوية بين الخط المنحني والخط المستقيم ١ ٧ ٤ الثانية كما تنبأ اينشطين بحسابهِ الرياضي . وكان حسابه مبنيًّا على تصحيحه لناموس نيوتن الذي بسطناه آنفاً

يتضح مما تقدم ان الفضاء (الحيز) يُعد متحدّباً باعتبار أن المراد بالفضاء ذلك الجو الجاذبي الذي نحن بصددهِ اي الحيز الذي يملأهُ هذا الجوّ . فاذن حيث يوجد جو جاذبي ، اي حيث توجد اجرام متجاذبة ، يكون الحيز (الفضاء) متحدّباً . وحيث لا اجرام فلا جو جاذبي ، كما هي الحال في الرحاب الشاسعة بين الجزر الكونية — المجرات المتباعدة ابعاداً سحيقة . وبالتالي يعتبر الفضاء الخالي هناك غير متحدّب


1
2
3
0

في هذه الرحاب الخالية تصلح هندسة اقليدوس ذات الخطوط المستقيمة اذ لا أجرام متحركة هناك. واما في الرحاب الجاذبية فلا تصلح، لانه يستحيل ان تحدث فيها حركة في خط مستقيم البتة. والاجرام تسير في أفلاك مستديرة او اهليلجية) والقوى الفاعلة فيها ترد اليها في خطوط منحنية. لذلك لا يصح اي حساب مبني على قاعدة الخطوط المستقيمة بل لا بد من الحساب على قاعدة الخطوط المنحنية على الاطلاق. وقضايا اقليدس بشأن الخطوط المنحنية قاصرة لا تفي بالغرض. ولذلك ترسم فيها الرياضيون الحديثون الى ان وفت بالغرض. ولا يكر انهم بنوا ترسيمهم على قواعد الهندسة الاقليدوسية. لذلك لا يصح القول انهم كسفوا مجد اقليدوس بل الاحرى اظهروه لامعاً

***

بقيت ملاحظة اخرى لا بد من ذكرها لازالة وهم قد يطرأ على ذهن القارىء. وهي ان رحاب الفضاء الخالية من السديم والاجرام وجزر الكون الاعظم ليست خالية من الاجواء الجاذبية خلواً مطلقاً بل ان اجواء الجزر منتشرة فيها انتشاراً ضعيفاً جداً لا يحسب حسابه

بناء على ثبوت التحدب في كل حيز جاذبي بالمعنى الذي شرحناه آنفاً يستنتج اينشتين ان حيز الكون الاعظم الذي يشمل الملايين من العوالم كعالم المجرة انما هو لوح (أيسبرون عنه بلفظ Surface محدب بحيث تلتقي جميع حواشيه بعضها ببعض ويصبح كالكرة الفارغة الجوف (وفي رأيه كالبيضة، اي بيضي الشكل Oval) ضمنه فراغ مطلق وحوله فراغ مطلق (عدم) والعوالم تسبح في قشرة البيضة. وبسط مذهب اينشتين هذا يشغل مقالاً قائماً بذاته

فاذا صح ان الكون الاعظم لوح محدب على هذا النحو فبالطبع كل خط مستقيم يمر في هذا اللوح يكون محدباً ويمكن ان يلتقي طرفاه، كما ان الطيار الذي يطير في جو الارض في خط مستقيم بحيث لا يحيد يمنة ولا يسرة ولا يحلق ولا يهبط لا بد ان يصل اخيراً الى النقطة التي رحل منها. فالخط المستقيم الذي لازمه في رحيله انما هو دائرة تامة لا خط مستقيم اقليدومي. ومع ذلك فلك ان تقول ان هذا الخط اقرب مسافة بين نقطتين في حين انه متحدب كتحدب السطح الذي مر فيه. لا يكون الخط الاقصر بين نقطتين في قشرة البيضة المحدبة الفارغة مستقيماً بالمعنى الاقليدومي الا اذا اخترق القشرة ومر في فراغها وظهر مخترقاً ناحية اخرى فيها. وهذا خط تخيلي لا يمكن ان يمشي خطوط الحركة الكونية التي لا تستطيع ان تفارق الاجواء الجاذبية. حتى النور نفسه لا يستطيع ان يفارق الحيز الكوني الكروي الفارغ الجوف. فلا مر في تجويفه ولا شرد في العدم المحيط به بل تضطره الاجواء الجاذبية ان يلازم اللوح الكروي

بعد هذا الشرح أصبح الرياضي يفهم كيف ان المثلث في سطح محدب لا يمكن ان تساوي زواياه قائمتين. والمربع والمكعب لا تكون زواياها قائمة. وكيف ان الخطين المتوازيين قد يلتقيان في قطب — الى غير ذلك مما يناقض هندسة اقليدوس