تمدد الكون

منشؤه ومصيره

لفرولد الحرار

المتناهي واللامتناهي

قبل ظهور نسبية اينشطين كان الفلاسفة اذا سامهم 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 طيولى 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 يُحرْ 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 . وبناءً على هذا العجز عن الجواب حكم الفيلسوف « كنت » بانهُ لا يمكن ان توجد مادة معينة المقدار في رحبة الوجود غير المتناهية . واذن فالطيولى 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 ذهنه عن التصور واعتمد على منطق العلم فقط

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

ومحتوى برهان اينشطين صاحب نظرية النسبية على هذا القول هو ان الكون اذا كان

مكاناً غير متناهٍ تشغله سُدُمٌ واجرامٌ وشموسٌ وسياراتٌ لا نهاية لعددها وجب 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 التصوُّر — 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 سرعةً يفنى

بحسب برهان اينشطين هذا (وقد شرحتهُ في كتابي النسبية) يستحيل ان تكون اجرام المادة غير متناهية العدد او المقدار ، بل هي قَدْر 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 »

حيز الكون الهيولي

وهنا يبدر الى ذهن القارىء ان يسأل : اي شكل هندسي يتخذ هذا الحيز المادّي ؟ أمكعَّبٌ هو ام كرة ام لوح مستطيل مستقيم ذو طول وعرض وسماكة ؟

والجواب بحسب برهان اينشطين انهُ ليس شيئاً من ذلك . وانما هو لوح متحرك ولكنهُ غير مستقيم بل هو منحنٍ من جميع جهاته بحيث تلتحم حواشيه بعضها ببعض فيصبح بشكل كرة فارغة تامة الاستدارة (او الكروية) او بيضية الشكل (بشكل البيضة) واينشطين يرجح الشكل البيضي لاعتبارات لا محل لشرحها هنا . واذن فهو بشكل بيضة فارغة والاجرام في تضرتها

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

ولما اعلن اينشطين 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) توزع 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 فتأمَّل !

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

الذي وصفهُ اينشطين بكونه ثابت المقدار اي لا يتسع ولا يضيق انما هو آخذ بالاتساع وغير ثابت على سمة واحدة ، وان كانت المادة التي تملأه لا تزيد ولا تنقص . اي ان الاجرام التي فيه تخرج عن حدودهِ التي قرَّرها اينشطين . ولذلك يتضخم حجم الكون كل هنيهة من الزمن

لم يعين 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 . واما في ذلك الحين نشر العالم البلجيكي الاب لومتر Le maitre رسالة بهذا البحث برهن فيها ان الكون شرع يتضخم منذ نشأ . لان كوناً كهذا الذي وصفهُ اينشطين 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 اينشطين على حالهِ الحاضرة بل كان كرة صغيرة جداً كثيفة ، ثم جعلت تتضخم تدريجاً ، كأنَّ قوة فيها تدفع اجزاءها بعضها عن بعض الى خارج محيطها حتى فرغت من الداخل واصبحت كجلدة كرة مطاط كما هي الآن . ولا تزال تتضخم كما قال دي ستر

فالكون ابتدأ كما برهن الاب لومتر

وهو الآن كما برهن اينشطين

ومستقبله كما وصف دي ستر

ولما علم اينشطين بارصاد هبل التي اثارت أفكار دي ستر وفريدمان ولومتر وغيرهم برح الى اميركا لكي يقف على ارصاد هبل بنفسهِ ويتأكد صحتها . فلما شاهد ماشاهد ودرس ما درس هناك عاد منشداً وغيَّر رأيهُ في حجم الكون . وجعل يدرس حالة انتفاخهِ ويبحث عن قاعدة رياضية لهُ وان كان قد عزَّ عليهِ وعلى سواه ان يتحقق اصل السبب في هذا الانتفاخ . واما فرض لناموس جاذبية نيوتن سجية اخرى وهي ان قوة الدفع عن المركز Outward force اقوى من قوة الجذب الى المركز Centripetal force فسمي الزايد في قوة الدفع «الدفع الكوني» Cosmical Repulsion وحسب مقداره فاذا هو قدر ثابت Constant بالنسبة الى نصف قطر الكون مهما تمدَّد

سرعة تشتت المجرات

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

في الظاهر لنظرية اتساع حجم الكون التي تقتضي ان جميع المجرات تتباعد بعضها عن بعض. ولكن اقترابها يمكن تعليلهُ بامرين معاً: الاول ان هذه المجرات الخمس اقرب المجرات التسعين الينا. ونحن نرصدها من نظامنا الشمسي وتراعي 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 ينقض نظرية ان جميع المجرات تتباعد متشتتة كما سنشرحهُ جليًّا 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 كيلومتر بالثانية. وهوماسون Humason في مرصد ويلسون اكتشف سرعات هائلة، منها سرعة مجرة في خط الجوزاء (جيمي Jemini) تتراجع بسرعة ٢٥ الف كيلو متر بالثانية وهي تبعد 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 اكتشفتهُ الارصاد وراء هذه الكرة ٨٠ مجرة تتباعد تاركةً وراءها خلاءً لا تحتله مجرات اخرى غيرها بعدها

وقد استخرج هبل من مجموعة ارصاده للمجرات قانوناً لسرعتها، وهو ان معدل السرعة ٥٥٠ كيلومتراً في الثانية لكل مليون فرسخ (تقريب). 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 نور

كيف يقتفي علم الكون

والآن نشرح بقدر الامكان كيفية اتساع الكون الناشىء عن تشتت المجرات وتباعدها بعضها عن بعض

لنفرض ان في جلدة الكرة التي تسبح فيها المجرات ملازمة لها قوة دافعة تمطها الى الخارج فالطبع تبقى المجرات فيها ملازمة لها . فاذا ترى بعد امطاطها ؟

لتسهيل التفهم تصور الكرة الكونية بالوناً أبيض من المادة المطاطة كالبالون الذي يلعب به الاحداث وتصوّر سطحه مرتّطاً بنقط سود على ابعاد متساوية فيما بينها. ثم تصوّر انك نفخت هذا البالون الى ان زاد حجمه أي زاد نصف قطره (الراديوس) نحو ربعه أو ثلثه . فاذا ترى ا 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 سنتمتر قبل المط فبعده تصبح المسافة بين النقطة الواحدة والنقطة المجاورة لها سنتيتراً وثلث السنتيمتر فقط وبينها وبين الثالثة سنتيمترين وثلثين ، وبينها وبين الرابعة ٤ سنتيمترات بدل ٣ سنتيمترات وهلمّ جرًّا

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

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

سرّ الشعاع في محيط الكون

ولكن أحقيقي ان شعاعة نور تصدر من اي جرم تطوف الكون هكذا ؟ ام انها تسير الفراغ الداخلي من جنب الى جنب متخذة اقرب مسافة (اقليدوسية) ؟

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

وهنا قد يخطر في بال القارئ 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 قويًّا جدًّا بحيث يمكنهُ ان يتبين به الاشباح عن هذا البعد السحيق لامكنهُ

ان يرى برصده هذا بعد ٣٢ الف مليون سنة (عمر طويل) طيف ظهره . أحقيق هذا التصور ؟

نعم انهُ حقيق اذا كان حجم الكون ثابتاً لا يتسع ولا يضيق كما حسبهُ ايفنطين اولاً . ولكن اذا كان الكون يتنفخ كما قال دي سِتر ولومتر فالشعاعة لا تعود الى حيث صدرت لان مصدرها انتقل من مكانهِ وابتعد كثيراً . هذا هو رأي العلاَّمة السر ارثر أدينغتون . ولكن لهذا العاجز ملاحظة وضيعة على هذا الرأي ، مع الاحترام الكلي للسر ارثر أدينغتون، تؤيد الخاطر الاول لنفس السبب الذي يستعين بهِ ادينغتون : وهو: لم أن الكون متنفخ ومصدر الشعاعة منتقل من مكانهِ في الفضاء المطلق ولكنهُ غير منتقل من مكانهِ في الحيز الكوني المتنفخ . نعم ان الطريق الدائري الذي سلك فيهِ النور استطال وابتعد عن مركز الكون . ولكن شعاع النور ما زال ملازماً هذا الطريق بحكم الجو الجاذبي كما تقدم القول . فسيَّان عنده انتفخت دائرة هذا الطريق او تقلصت فهو سائر فيها ملازماً لها في حالة تمدُّدها

وانما يبقى علينا ان 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 ورائهِ او يقربهُ الى اقبالها من امامهِ

كيف ابتدأ تمدد الكون وكيف ينتهي

نعود الآن الى كيفية ابتداء تمدد الكون بحسب نظرية لومتر . المفهوم من نظريته التي ايدها بالمعادلات الرياضية المستندة الى المعلومات عن ظاهرات الطبيعة والى الارصاد الفلكية — ان الحيز الكوني ابتدأ جسماً كثيفاً جداً حيث تكونت الهيولى فيهِ كهارب وبروتونات وهي تدور دورات محورية ودورات مركزية . اي ان افرادها كانت تدور على محاورها . وجماعات منها تدور على محاور مجموعاتها . ثم لما صارت تتباعد عن المركز بقوة « الدفع الكوني » شرعت الجماعات تدور حول مركزها وكلها تدور حول المركز الاصلي . وما زالت تتباعد حتى اتسع ماحول المركز فراغاً وما زال الفراغ يتسع وتشرتهُ الهيولى تسط الى ان انفجر . فتمزقت جلدتهُ الى مجرات كما تنفجر فقاعة الصابون اذا تماديت 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 يتنفخ على هذا النحو برأي لومتر وفريدمان ودي سِتر الى ان ينفجر انفجاراً آخر يتضعضع فيهِ توازنه الحالي ، وتتشتت المجرات تشتتاً فوضويًّا 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 : حينئذٍ تكون اجرام الكون قد ذابت او قاربت الذوبان بفعل التشعع الذي تطلق به القوة وتلاشى الذرات في فوتونات . وحينئذٍ قد تعود ذريرات الهيولى الى تجمع آخر كتجمعها القديم لكي تعيد عملية تكوين الكون ، اما طبق الاصل او على نمط آخر الله اعلم كيف يكون

هل التمدد عام ؟

بقيت نقطة جوهرية قد تلوح في خاطر القارىء المفكر وهي : اذا كان « الدفع الكوني » سنة الوجود كسنة الجاذبية افلا يعمل عمله في المجرات نفسها ثم في الكوكبات العنقودية ثم في النظم الشمسية (ان كان ثمت نظم اخرى غير نظامنا الشمسي) كما يعمل في كرة الكون بجملتها ؟ واذا كان يعمل عمله فيها فلا بد اذن ان تتنفخ اجرام المجرات بدورها وتتنفخ اجرام الكوكبات وحجم النظام الشمسي ايضاً . وبالاجمال يكون هذا الانتفاخ طامًّا على نسبة واحدة لكل جماعة مادية على قدرها

اجل ان هذه الملاحظة وجيهة جدًّا . ولكن الواقع يناقضها . قد تقول : ارني كيف يناقضها . فاقول : ان هذه النظرية قائلة نفسها بنفسها لانهُ لو كان الانتفاخ او التمدد عامًّا بنسبة واحدة لكل عديم وكل جرم في كل جماعة مادية على قدرها لما كنا ندركه بتاتاً ولا نحس به ولا نميزه لانهُ حينئذٍ يتمدد المتر الذي نقيس به والذراع والباع والكيلو متر والجزيء والذرة والكهرب والكرة الارضية والشمس والسيارات وبالتالي اجسامنا نفسها تتمدد وعيوننا تتمدد اونظرنا يتمدد الخ فكيف يستطيع ان نميز هذا التمدد اذا لم يبق شيء في الوجود لم يصبهُ هذا التمدد لكي نقيس عليه ؟

فكون ارصادنا تدلنا على ان الاجرام تباعد 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 وامثاله 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 لاهل العلم ان يؤكدوها او ينقحوها او ينقضوها بنظريات اصح منها بما يستجد عندهم من معلومات اقرب الى الحقيقة . وفوق كل ذي علم عليم شبرا نقولا الجداد