الكون يكبر

العوالم منتشرة على خبز كروى لحرود ولكنه يتسع

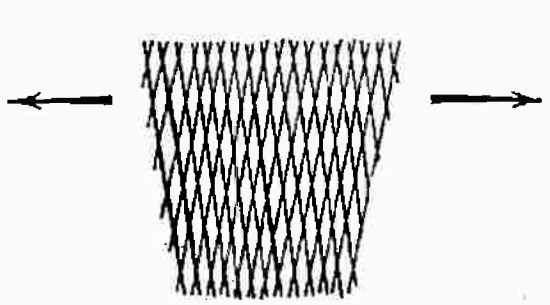
للدكتور محمد محمود غالى

العوالم كالأسماك على شبك الصيد — أو كجسيمات على سطح كرة تنتفخ — أثر تعديل اينشتاين لمعادلاته — الخبز الكروى والعوالم كون محدود — في دراسة صورة الكون تجري المعارف أوسع الخطوات

لو أن صياداً ألقى شبكته فى الماء، فتعلق بها عدد من السمك، فما لا شك فيه، تتوقف المسافة بين سمكة وأخرى على حالة الشبكة. قد يكون الصياد حسن الحظ، بحيث تتعلق سمكة على رأس كل معين فى الصف المشار إليه بالسهمين: شكل ١ الذى يُمثِّل هذه الشبكة، عندئذ يتحقق القارئ بنفسه أن الصياد قد وُفِّق إلى اصطياد ١٦ سمكة. ولو أن السمك فى عداد الكائنات، يرى ويفهم ويتصور، فإنه لا يعدم وسيلة، يتحقق بها من المسافة الواقعة بينه وبين كل سمكة.

لنفرض بعد ذلك، لسبب خاص بمهنة الصياد كسهولة إخراج هذه الأسماك، أن الصياد شد شبكته من الجهتين: اليمنى واليسرى فى اتجاه السهمين بحيث اتخذت هذه الحبائل الشكل الثانى، الذى لا يختلف عن الشكل الأول إلا فى أنه ممدود، فإن أى سمكة ترى جارتها الأولى ابتعدت عنها بمسافة معينة؛ ولكنها ترى الجارة التى تليها ابتعدت بضعف هذه المسافة، بحيث أن السمكة العاشرة مثلاً ترى كأنها قطعت عشرة أمثال ماقطعته السمكة الأولى، وعندئذ تعتقد هذه السمكة التى افترضنا أنها متأملة أن الأسماك كلها تبتعد عنها بالذات، أو أنها تهرب منها؛ وأنه كلما كانت الأسماك بعيدة عنها كانت سرعة ابتعادها كبيرة.

يتأتى هذا الإحساس للسمكة، لو أننا فرضنا أن الصياد قام بعملية شد الشبكة داخل الماء، وأن السمكة المتأملة لا ترى حبائل الشبكة أو قاع البحر أو أى شىء غير جيرانها من السمك الذى وقع مثلها فى الحبائل. ولو أن السمكة المتأملة رأت كائناً آخر كالصياد أو شجرة أو شىء ثابت، أو لو أنها رأت الحبال نفسها لأدركت أنها هى أيضاً تناولتها الحركة بقدر ما تناولت السمك جميعه، وأن الأقدار شاءت لها هى أن تبتعد عن جاراتها بقدر ابتعادها عنها، وأنه ليس هناك مركز خاص للابتعاد، بل إنها وإخوتها جميعاً قد وقع لها نفس الحوادث



(شكل ١) حبائل الصياد قبل شد الشبكة

أمران أود أن يعلقا بذهن القارئ:

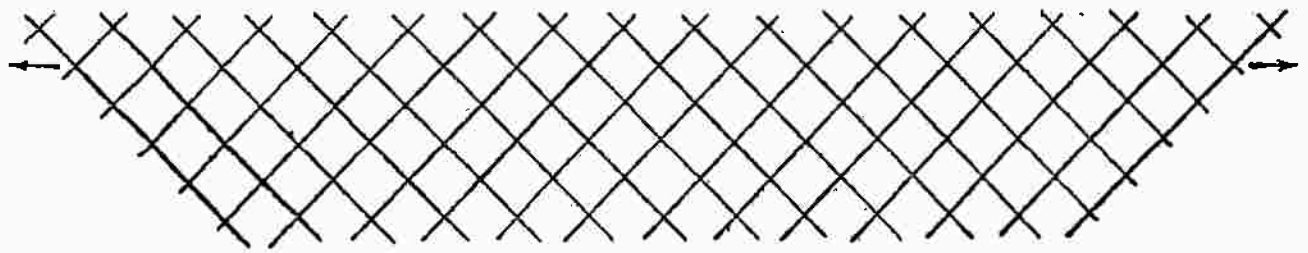
الأمر الأول: هو أن السمكة المتأملة إن لم تر من الكون إلا الأسماك الست عشرة التى تحدِّد عوالمها، فلا أرضاً ترى ولا ماء ولا صياداً ولا شجرة، تصل إلى نتيجة تتلخص فى ابتعاد كل الأسماك عنها بسرعة تتزايد كلما كانت المسافة بعيدة

الأمر الثانى: هو أن السمكة العاقلة ترى من العوالم المحيطة بها حبائل الشبك ورمال الشاطئ، بل ترى الصياد والشجرة، وكل هذه أشياء ثابتة بالنسبة لها فتدرك أن أمراً آخر قد حدث: ذلك أن الحبائل كلها قد امتدت، وأن الحركة تناولتها والأسماك بدرجة واحدة فليس هناك فرار بالمعنى الأول، بل شاءت الأقدار

أن تقع على كون هو حبائل الشبك ، وأن هذا الكون يمتد

قد نستطيع الآن أن ننتقل من حبائل الصيد إلى الكون ، فكما أنه ليس هناك فى الحبائل المتقدمة مركز ثابت بل إن كل جزء منها امتد فابتعدت كل سمكة عن الأخرى ، وكما أنه يتراءى أن السمكة البعيدة تزيد سرعة ابتعادها عن سمكة معينة رغم أن جميع الأسماك تتناثر بقدر واحد ، كذلك الكون لسنا فيه مركزاً لابتعاد العوالم ، وهناك حيز يحملنا جميعاً هو الذى يمتد ، ولا يمنع امتداده أن نلاحظ ازدياداً فى سرعة العوالم كلما كانت بعيدة عنا

هذه السمكة العاقلة اتخذتها مثالاً للكون الذى نعيش فيه ، نحن كسمكة من ملايين ملايين الأسماك ، ممتدة على حبائل أوسع من هذه ، وهناك صيادماهر لانراه ، يتصرف بالعوالم كما يتصرف صياد السمك بالست عشرة سمكة التى كانت من نصيبه ، ويبحث العلماء فعل الصياد وأثر القوة الخفية التى تقوم بهذه العملية



(شكل ٢) حبائل الصيد بعد شدها

قد يعترض القارئ أن أسماكاً ، فى صفوف أخرى ، تقترب فى الوقت الذى تتناثر فيه الست عشرة سمكة المتقدمة ، ولكن عليه أن يتصور أن حبائل الشبكة من مادة تجيز التمدد فى جميع الجهات

* * *

مثال آخر يُقَرِّبُ للقارئ الصورة التى يعتقدها العلماء فى الكون ، ذلك أنك تتصور كُرةً من المطاط ، انتشرت على سطحها وفى داخل تشرتها جسيمات صغيرة جداً شكل (٣) ، فإنه عندما تَنْتَفِخُ هذه الكرة ، تبتعد هذه الجسيمات الواحدة عن الأخرى وفق القانون المتقدم ، بحيث يبدو وكأن عند جسيم معين ازدياد ابتعاد الجسيمات الأخرى كلما كانت بعيدة عنه

هذه صورة الكون الذى يُفَسر مشاهداتنا إلى حد ، ولا يزال علينا أن نعرف مدى ما يساعد عليه العلم النظرى من التثبت من هذه الصورة ، ويلزمنا قبل أن نبدأ هذا الشرح أن نلخص الوقائع التى نعرفها حتى الآن ، ثم ننتقل إلى تعرف الحيز الحامل لنا ، هذا الحيز الموجود فى إطاره كل العوالم الطبيعية ، والذى سنرى أنه يختلف عن حيز أقليدس اللانهائى .

* * *

أوضحنا أننا كما نستطيع أن نعرف اقتراب أو ابتعاد قاطرة عنا من سماع صفيرها ، كذلك يمكن معرفة اقتراب أو ابتعاد مجموعة من النجوم عنا من موضع خطوطها الطيفية على الطيف العادى ، ففى حالة ابتعاد هذه النجوم تقترب خطوط طيفها من الجهة الحمراء ، وفى حالة اقترابها تقترب من الجهة الأخرى ، وتتعين سرعة ابتعاد النجم أو اقترابه من درجة اقتراب خطوطه الطيفية من أحد الطرفين .

وذكرنا أن العلوم النظرية والتجريبية قد برهنت على ابتعاد جميع العوالم عنا ، كما برهنت على زيادة سرعة ابتعادها مع بعدها ، فالعوالم ، التى تفصلنا عنها مسافة يقطعها الضوء فى ٣ ملايين سنة ، تبعد عنا بسرعة ٥٠٠ كيلو متر فى الثانية تقريباً ، أما العوالم المفصولة عنا بمسافة ١٥٠ مليون سنة ضوئية فتبتعد عنا بسرعة ٢٥ ألف كيلو متر فى الثانية .

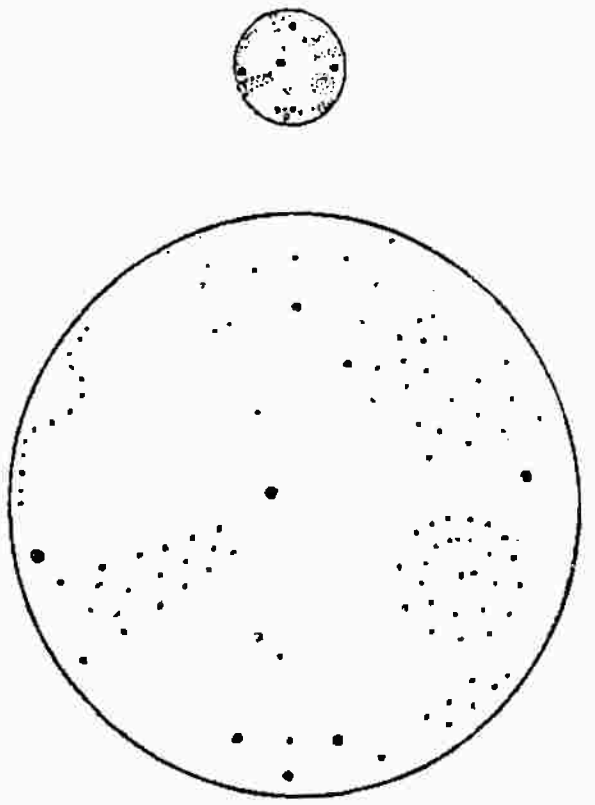
وتساءلنا لماذا تبتعد كل العوالم عنا ، وأعطينا الآن صورة للكون الذى نعلم عنه أن كل عالم فيه يبتعد عنا ، وأن سرعة الابتعاد تتزايد كلما كان بعيداً . هذه خلاصة ما وصلنا إليه ، على أننا نخطو بالقارئ خطوة أخرى إلى الأمام .

* * *

مهما يكن من الأمر فإنه لم يكن هناك غير طريقين لنجد تعليلاً لهذه السرعة الكبيرة للعدم التى تبتعد كلها عنا .

(١) إما أن هناك قوة للخارج (Force Repulsive) تدفع هذه الكائنات إلى السباق والتنافر .

(٢) أو أن تكون هذه السرعة موجودة ولازمة لهذه العوالم منذ التطور الأول للخليقة ، ومن يدرى ماسببها ؟ فقد تكون أكبر من ذلك بكثير .



(شكل ٣) كرة من المطاط أو الكون بعد أن ازداد حجمه بقدر خمسة أضعاف حجم الأول

على أنى لا أريد أن يفوت القارئ ، أن هذه السرعات الكبيرة ، قد لفت النظر إليها البحث النظرى قبل البحث التجريبى هذا البحث النظرى الذى بدأ بمعادلات « إينشتاين » عن النسبية فى وضعها العام ، والذى تتبعه دراسة « دى سيتير » الذى توقع هذا التنافر للعوالم البعيدة. ولنعد بكلمة أخرى إلى عمل «أينشتاين» لنرى العلاقة بين عمله وبين صورة الكون

عند ما نشر أينشتاين نظرية النسبية فى وضعها العام سنة ١٩١٥ التى تناول فيها فيزيقة المجال[1] ، والتى درس فيها المادة والكهرباء والإشعاع والجهد ، كان أهم جزء فى نظريته قانون الجاذبية ، الذى يتفق فى الحدود العادية مع نظريات نيوتن القديمة[1] ، على أن أينشتاين قد واجه فى ذلك الوقت بعض الصعوبات التى لكى يُذَلِّلَها ، عدّل معادلاته بحيث أصبحت تسمح بتفوق الحيز للمسافات البعيدة ، فحذف بعبقريته فكرة اللانهائية التى كانت تشغل دوراً فى العلوم ، بحيث إذا سرنا فى حيز أو كون أينشتاين الجديد دائماً للأمام ، رجعنا للنقطة التى بدأنا منها السير

هذه المعادلات الجديدة الخاصة بالجاذبية ، نرى فيها ثابتاً جديداً يطلقون عليه الثابت الكونى La Constante Cosmique

على أن الذى يهمنا أن هذا الطرف الجديد فى معادلات أينشتاين خاص بوجود تنافر بين مجموعات الأجرام السماوية ، يتناسب مع المسافة ، تنافر كونى (Repulsion Cosmique) ، ليس له مركز خاص ، أى أنه قوة متعلقة بالثابت الكونى وتتناسب معه

ومما هو جدير بالذكر أن المسألة التى نحن بصددها الخاصة باتساع الكون وتعاظم مسافاته ، لم تكن قط موضع نظر أينشتاين ولم تكن بين المبررات التى دعته للتعديل الذى قام به هذا العالم الذى لم يهتم للثابت الكونى بقدر اهتمام البروفسير فايل Weil له فيما بعد.

على أن تفكير أينشتاين هذا ، أفاد فى معارفنا فيما يخص الكون ، وخرج بنا من غير قصد من مصاعب كان لا بد أن نلقاها، ذلك أنه إذا اعتبرنا المسافات البعيدة عن الـ ١٥٠ سنة الضوئية التى كانت آخر حدود رؤيتنا[2] نصل إلى أجرام تقرب سرعتها من سرعة الضوء ، وليس هنا المجال لنذكر ما فى ذلك من تناقض للنظريات الحديثة ؛ ولعل القارئ يدرك الآن كيف يمنعنا أينشتاين الذى كان لا يعرف هذه الصعوبة القائمة أمامنا ، من التوغل فى الكون بشكله الذى نستوعبه ، لأن الكون مغلق على نفسه ولأننا لا نلبث أن نعود من حيث نظن أننا لا زلنا نتوغل فيه

لست الآن بصدد أن أذكر القارئ أن الرياضيين توصلوا منذ أكثر من مائة عام إلى فرض حيز مُقوَّس يختلف عن حيز أقليدس ، وليس فى نيتى فى هذه الأسطر أن أستعرض علماً من أهم العلوم المعروفة اليوم ، هو هندسة ريمان (Reimann) وهندسة لوباتشيفسكى

(١) اهتم العالم فى ذلك الوقت بنظرية الكم Quanta الخاصة بالجسيمات المتناهية فى الصغر ، وسنتكلم عنها فيما بعد ، ولقد كان للأستاذ ديراك P. A. M. Dirac سنة ١٩٢٨ الفضل الأكبر فى وضع العلائق بين نظريات أينشتاين فى النسبية ونظرية الكم ، وذلك بمعادلته الموجية النسبية الخاصة بالألكترون Iquation ondulatoire relativiste de l'electron

(١) لقد أعلن أينشتاين منذ أربعة أيام ، أى ساعة كتابة هذا المقال ، تفسيراً جديداً للجاذبية وعلاقتها بالمادة والمغناطيسية، وستعد العالم الكبير أنه فى طريق اكتشاف قانون عام يفسر التركيب الكونى ، وما خفى فى المادة والاشعاع ، ولعل إعلانه هذا لمناسبة بلوغه الستين

(٢) هذه الحدود الـ ١٥٠ مليون كانت حدود رؤيتنا فى سنة ١٩٣٤ والظاهر أنها بلغت هذا العام ٥٠٠ مليون (راجع مجلة الاكتشاف — كمبردج — يناير سنة ١٩٣٩ ص ٣٦)

Lobatcheveski التي تعتمد كلاهما على تقوس الحيز ، وتختلف عن الهندسة التي اعتدنا حل مسائلها في المدارس ، والتي لا وجود فيها للخطين المتوازيين ، إنما أريد أن ألفت نظر القارئ إلى أن دراسة دقيقة للحيز الطبيعي أوصلت العلماء الخاصية تقوسه ، كما أوصلت ريمان لنفس النتيجة . أما ريمان فوصل لهذا التقوس لعدم إمكان إثبات نظرية واحدة، من بين الأربع والعشرين نظرية لأقليدس التي تعلمناها في المدارس ، وهي نظرية خاصة بالمتوازيات . أما الطبيعيون فقد وصلوا لهذا التقوس بتجارب سنأتي عليها عندما نتكلم عن النسبية

وهكذا ظهر لنا حيز أقليدس المستقيم مقوساً، وظهر لنا أن هذا التقوس صفة طبيعية تسمح التجارب اليوم بالتحقق منها ، كما نتحقق من وجود المجال المغناطيسي دون أن نراه

وهكذا كما نصادف في الطبيعة سطوحاً منحنية ، نصادف فيها حيزاً منحنياً ، أي أن له هذه الخاصية من التقوس الممكن قياسه ولكن يوجد فرق جوهري بين التقوسين ، ذلك أنه يجوز لنا في السطوح أن نعدّها أي نحذف خاصية الانحناء منها ، وذلك بالقيام بعملية معاكسة للانحناء ، ولكن لا نستطيع في الحيز أن نجعله يتخلص من هذه الخاصية ، أي أنه لا يمكن تعديل صفته الطبيعية كما هو الحال في السطوح

هذا الحيز أو الفراغ في حالته البسيطة حيز ذو أربعة أبعاد ، وهذا البعد الرابع هو الذي ينحني الحيز في اتجاهه — هذا التمثيل الرباعي الأبعاد ، في الحالة البسيطة المتناسقة ، يصبح سداسياً أو ذا عشرة أبعاد عندما ننتقل من الحيز العادي إلى الحيز في الزمن، وليس للقارئ أن يرتبك بهذا الحيز الأخير وعلى حد قولهم — إن ما يميز العالم الرياضي من غيره أن الأول يرى الأشياء في أربعة حدود ، إنه لاشك أن ثمة صعوبة في تخيل الحيز ذي أربعة الأبعاد ، ويتصور أدنجتون (Edington) لذلك فقاعة كبيرة ، هذه الفقاعة ذات أربعة حدود ، حيث الطول والعرض والارتفاع ، موجود كله في القشرة المكونة لها[1]

هذا الحيز ذو الثلاثة الأبعاد الموجود في حيز ذي أربعة أبعاد ، يعطينا الرياضيون عنه خواص تتصل بفهمنا للكون ، منها أن التقوس كاف ليعطينا حيزا مغلقاً يختلف عن الحيز المفتوح اللانهائي بالطريقة التي يختلف فيها سطح الكرة عن سطح مستو غير محدود

كل ما أريد أن يعلق بذهن القارىء ، هو أن يعتقد أن الحيز المتقوس نتيجة رياضية ، ونتيجة عملية في آن واحد ، ونكرر القول أن الحيز الطبيعي الذي نحن فيه ، حيز من شأنه أن خطّا ما ، أو موجة ضوئية أو كهربائية ، تعود إلى النقطة التي بدأت منها ، بعد أن يكون كل منها قد دار حول الكون .

صحيح قد دلتنا التجارب حتى اليوم على أن التقوس صفة ضرورية ولازمة في جزء من هذا الحيز، هو جزء محدود بمحدود رؤيتنا فهل يتقدم العلم التجريبي تقدماً يثبت فيه أن هذا الحيز محدود وأنه مغلق ؟ هذ ما يعتقده العلماء .

هذا الحيز المتقوس والمقفل على نفسه ، يعتقدون أنه كروي ، وأن وجود المادة فيه من آن لآخر يحدث اختلافات فيه عندها ، كما تحدث الجبال اختلافات في كروية الأرض ، وكما أن المساحة الجانبية للكرة الأرضية محدودة ، كذلك حجم الحيز الكروي للكون محدود ، ولكنه يكبر

قد يتساءل القارئ : ما لي ولكل هذا ؟ لماذا هذه الصورة من الكون التي تمنعني تصوراتي من استيعابها ؟ أو نحن في حاجة لهذه الصورة المعقدة ، لنفهم تمدد العوالم وابتعادها الواحد عن الآخر ؟ ألا يكفينا الفراغ الأقليدسي القديم الذي اعتدناه في المدارس ، والذي فهمناه على أيدي مدرسين قديرين ، قطعوا السنين الطويلة في تلقيننا صورته ، والذي دخلنا من أجله عشرات الامتحانات ؟ ألا يكفيني حيز أقليدس الذي أتصور فيه الطول والعرض والارتفاع لأي كائن كما أتصور فيه المسافات مهما بعدت؟

وجوابنا أن عالمنا الأقليدسي لا يكفي لفهم الظواهر الجديدة في تمدد العالم ، ويتناقض مع معارفنا الحالية ، وإنني إذا كنت أجهدت نفسي في أن نفهم معاً كوناً كروياً ، كروياً ليس كالكرة المعتادة ، فلأن لذلك صلة كبرى ، إن لم تكن بتمدد الكون في ذاته ، فعلى الأقل بالنتائج التي تترتب على هذا التمدد ... نتائج سيدهش لها القارئ عند ما أدله عليها في المقال القادم

ومع كل ذلك فليس ثمة سبب جدّي لهجر كون محدود وحيز متكوّر ، للرجوع إلى حيز أقليدسي غير محدود وهو بهذا غير معقول ، مادام العلم النظري يجيز الحيز الجديد والعلم التجريبي يحتمه

هب أن أحد المؤرخين ، مهما علت مكانته ، وصف لنا مقبرة خوفو بالجيزة مخروطاً قائماً في الصحراء ، وهب أننا رأينا رأي

(١) ليس لنا أن نتصور إمكان دوران هذه الفقاعة حول أحد المحاور المرونة إذ لا يمكن أن نستوعب دوران أبعاد حول محور واحد ، ويدل التحليل الرياضي أن فقاعة في أربعة أبعاد كهذه لا يمكن أن تدور حول أحد أبعادها وإنما حول اثنين من هذه الأبعاد أي ثلاثة حول مستو — هذه نتيجة إن عرفناها لا نستطيع أن نتخيلها