

هندسة الفضاء والاثير

يحيى محمد

للهندسة بشكل عام مفهومان مختلفان تمام الاختلاف، أحدهما يتعلق بالتصور الرياضي البحت، في حين يتعلق الآخر بالواقع الفيزيائي. ولا يوجد اختلاف كثير حول المفهوم الأول باعتباره ينطوي على الوضوح الرياضي، وهو الوضوح المستمد من الفروض المطروحة، كالفرض الرياضي المتعلق بالهندسة الاقليدية، فمثلاً لو رسمنا مثلاً وفقاً لهذه الهندسة لكانت زواياه تساوي (180 درجة) بالضبط والضرورة دون زيادة ولا نقصان. فنتائج الهندسة الرياضية الصرفة هي نتائج واضحة ليس فيها خلاف عادة. لكن عند تنزيل هذه القضية إلى الواقع الفيزيائي فإن الحال يختلف، وسبب ذلك يعود إلى أننا سوف لا نكون احراراً في انتخاب الفروض الرياضية بحرية تامة. بل ما نفكر فيه هو طبيعة الواقع.

فما هي الهندسة التي يتمثل فيها هذا الواقع؟ فهل هي الهندسة الاقليدية المستوية، أو اللاقليدية؟ ولهذه الأخيرة أكثر من تصور، فهل هي هندسة ريمان المحدبة، أو هندسة لوباتشيفسكي المقعرة؟. ولا شك ان طبيعة الخط الممتد وفقاً لأي من هذه الهندسات الثلاث تختلف عن الأخرى. ففي الهندسة اللاقليدية سوف لا نجد الخط المستقيم، كما سوف لا نحصل على زوايا مثلث قدرها (180 درجة).

لقد ظل التفكير البشري يتصور بأن هندسة الواقع الخارجي هي هندسة اقليدية مستوية طيلة الوعي البشري وحتى القرن العشرين. وهي الفكرة التي بنى نيوتن تصوره الكوني عليها. ومع ان رياضيات الهندسة اللاقليدية كانت معروفة خلال القرن التاسع عشر أو ما قبل القرن العشرين، لكنها ظلت تعبر عن رياضيات صرفة لا علاقة لها بالواقع الفيزيائي. وهنا تأتي أهمية ما قدمه أينشتاين حول تصوره الكوني. فقد كان هذا التصور غريباً بالفعل، إذ كيف يمكن ان يكون الفضاء المكاني محدباً وفقاً لهندسة ريمان التي اتخذها أينشتاين نموذجاً لنظريته؟ والاغرب من ذلك كيف يمكن ان يكون هذا الفضاء متصلاً بالزمان بحيث ان أحدهما يتأثر بالآخر ويؤثر فيه؟ وكيف يمكن تصور ان يكون الزمان منحن كالمكان؟ كما كيف يكون الزمان نسبياً كالمكان؟ وما علاقة الانحناءات الهندسية الزمكانية بالمجال وقوى الجاذبية؟

لقد اعتبرت مثل هذه الأفكار غير معقولة ومصادمة للحس المشترك الوجداني، لا سيما في بداية عرضها. فقد ربطت النسبية بين الزمان والمكان في صياغة مرنة من التحول في الانبساط والانحناء بحسب ما تتضمنه من كتل ومجال للطاقة. ويعود الفضل في هذا الربط إلى استاذ أينشتاين الرياضي الروسي الالمانى مينكوفسكي الذي حول المكان والزمان إلى احداثيات رياضية في أربعة أبعاد، وجاء في محاضرة له (عام 1908) قال فيها: >> ان الأفكار التي ارغب

في عرضها عليكم عن المكان والزمن نبتت من تربة الفيزياء التجريبية، وهذا مكن قوتها. أنها أفكار راديكالية، ومن الآن فصاعداً سيتلاشى مفهوم المكان وحده، ومفهوم الزمن وحده؛ سينتهيان إلى غير رجعة، ولن يتبقى إلا نوع من الاتحاد بين الاثنين. >> وهذا الربط جاء قبل تبلور فكرة النسبية العامة بسنوات، أي قبل ادخال مسألة الثقالة في التأويل الأينشتايني، وبالتالي فإن زمكان مينكوفسكي هو زمكان خال من الثقالة، فهو يرتبط بالنسبية الخاصة وهندستها الاقليدية.

هذا من جانب، ومن جانب آخر اتضح أنه ليس هناك دليل حاسم مقنع على الاتصال الزمكاني للنسبية مثلما تبناه الفيزيائيون.

وقيل ان لورنتز وبوانكاريه قد توصلا إلى كثير من عناصر نظرية أينشتاين، حتى ان بوانكاريه قد شك في الطبيعة المطلقة للزمن. لكنهما لم يفعلا تغييراً جذرياً لارتباطهما بالاطر القديمة، ومن ذلك انهما ظلا يعتقدان بالاطر المطلقة للزمان والمكان، ومثلهما الاثير. فقد كان بوانكاريه يعتقد بأن >>المكان المطلق والزمان المطلق وحتى الهندسة الاقليدية، ليست شروطاً تفرض على الميكانيكا.<< كما قال في كتابه العلم والفرضية: >>اننا لا نملك فكرة واضحة عن تساوي زمنين، بل اننا لا نملك حتى فكرة واضحة عن تزامن حدثين يقعان في مكانين مختلفين.<< وهذه هي من أهم العناصر التي تضمنتها نسبية أينشتاين.

مع ذلك لم يفعل بوانكاريه شيئاً حيال تشكيكاته فيما يخص الاطر القديمة من التفكير النيوتني. ومثل ذلك كان لورنتز الذي ظل متمسكاً بالاثير كما في محاضرة القاها (عام 1913) ومن ثم اعاد طباعتها (عام 1920)، رغم شيوع أفكار أينشتاين واعتبارها صحيحة مقارنة بالنظريات السابقة.

فقد قال لورنتز في نقده لأينشتاين: >>يقول أينشتاين ان الحديث عن الحركة بالنسبة للاثير لا معنى له، وهو ينكر بالمثل وجود التزامن المطلق. أما عن رأيي فأنا أميل بعض الشيء إلى التفسيرات القديمة التي تضيف على الاثير بعض الواقعية، وتقول ان المكان والزمن يمكن الفصل بينهما فصلاً تاماً، وتتناول التزامن دون مزيد من التفصيل.<<

وهذا يعني ان من الممكن ان تعود النظريات القديمة وتظل محتملة أمام الجديدة، كالذي حصل مع فكرة الاثير، إذ ليس كل العلماء مالوا إلى نفيه. وحتى أينشتاين نفسه ابدى فيما بعد البقاء على معنى الاثير في صورة الفضاء الذي منحه صفة فيزيائية خلافاً لما كان يعتبر مجرد وعاء يخلو من الفعل الفيزيائي. وقد حاول ان يُحيي فكرة الاثير ضمن وصف جديد ليفسر به الدوران والعطالة أو القصور الذاتي. وكتب إلى لورنتز (عام 1916) يقول: >>اتفق معك في ان النظرية العامة للنسبية تعترف بفرضية الاثير.<< فهناك شيء غير مرئي وحقيقي موجود يعمل على حدوث التسارع أو الدوران، لذا فالاثير موجود.

ففي نص لأينشتاين يعترف ان بدون الاثير لا يمكن تفسير معايير المكان والزمان والفواصل

الزمكانية، فمما قاله (عام >>: (1920 ان المزيد من التأمل الدقيق يخبرنا ان النظرية الخاصة للنسبية لا تجبرنا على انكار وجود الاثير، فربما نفترض وجود الاثير إلا اننا يجب ان نتوقف عن ان ننسب اليه حالة حركة محددة.>>

وكشف عن ان عودته الجديدة لإفترض الاثير جاءت بعد نتائجها المتمخضة عن النسبية العامة، لكن مع تأكيدته بأن صفات الاثير الجديد تختلف عن القديم، وبه يمكن تفسير ظاهرة دوران الماء في دلو نيوتن والقصور الذاتي أو العطالة.

ولا شك ان ما اراده من الاثير الجديد هو عين الفضاء الفيزيائي في نسبيته العامة، وكان مما ذكره حول تحديد خصائص هذا الاثير هو ان انكار وجوده يعني في الاساس ان نفترض ان الفضاء الفارغ ليست له أي صفات فيزيائية، معتبراً ان الحقائق الأساسية للميكانيكا لا تتفق مع وجهة النظر هذه، فبجانب الاجسام المرئية يوجد شيء آخر لا يمكن ادراكه بالحواس ويجب النظر اليه على أنه شيء حقيقي موجود، وهو شيء يعمل على حدوث التسارع أو الدوران، لذا فان مفهوم الاثير اكتسب معنى يمكن ادراكه، وهذا المعنى مختلف بدرجة كبيرة عن معنى الاثير في نظرية الموجة الميكانيكية للضوء. ومن ثم فالفضاء يتمتع وفقاً للنظرية العامة للنسبية بخصائص فيزيائية، وبهذا المعنى فإن الاثير موجود. ومسألة وجود فضاء يخلو من الاثير هي مسألة لا يمكن تخيلها، فهذا لا يعني ان الضوء لن ينتشر في هذا الفضاء فحسب؛ بل يعني أيضاً عدم وجود أي احتمال لوجود معايير المكان والزمان (قضايا القياس والساعات). ويعني أيضاً عدم وجود فواصل زمكانية بالمعنى الفيزيائي. لكن هذا الاثير لا يجوز النظر اليه على أنه يتمتع بخصائص الاوساط القابلة للقياس أو الوزن وكأنه يتكون من اجزاء يمكن تتبعها عبر الزمن، فهذه الفكرة المتعلقة بالحركة لا يجوز تطبيقها عليه.

ولكونه يعتبر الاثير الجديد هو ذات الفضاء الكوني الوارد في النسبية العامة؛ لذا كان يرد على من يعتقد بنظرية الاثير في ثوبه القديم، ومما قاله بهذا الصدد: قد يكون الرب خفياً لكنه ليس خبيثاً.

المجال الهندسي والكون المغلق

عندما وضع أينشتاين نظرية النسبية العامة (سنة 1915) كان يتصور بأن الكون ساكن لا يتمدد، فهو اشبه بالكرة الساكنة غير القابلة للتوسع. وقد اعتبر نظريته صحيحة شرط إضافة حد إفتراضي ليوازن به إستقرار الكون بين الجذب والتنافر؛ فيكون الكون ساكناً، واطلق عليه الحد الكوني. ومن شأن هذا الثابت أو الحد هو ان له قوة تأثير جديدة سميت بالجاذبية المضادة أو القوة الطاردة، وهي دفينة ضمن نسيج الزمكان نفسه، وبحسب هذه القوة فإن للكون أو الزمكان ميلاً ذاتياً للتمدد. فلولا هذا الثابت لإنكمش الكون بسبب الجاذبية الضخمة طالما أنه ساكن.

لكنه اعترف فيما بعد بأنه اضطر إلى القول بسكون الفضاء لاعتقاده بأن المرء سوف يتعرض

لفيضم من المزاعم غير المنتهية لو ابتعد عن هذا الفرض المسلم به لدى العلماء سلفاً، وهو فرض سكون الفضاء وثباته. على ذلك اعتبر بأن ما افترضه حول الثابت الكوني كان متكلفاً ولم يكن له داع للاحتفاظ بأصل نظريته، وهو ما حسبه افدح خطأ ارتكبه في حياته، رغم ان التقديرات الفلكية الحديثة تبدي ان هناك حاجة لثابت كوني، والبعض صوره بأنه صغير كما هو الحال مع ستيفن هوكنج في كتابه (الكون في قشرة جوز)، ومثله ستيفن واينبرغ في كتابه (أحلام الفيزيائيين)، في حين صوره بعض آخر بأنه كبير كما هو الحال مع ريتشارد موريس في كتابه (حافة العلم).

لا شك ان الاعتقاد بتوسع الكون قد اوجد المبرر لإعادة النظر حول طبيعة الفضاء الهندسية، فهل هي اقليدية أو غير اقليدية. وقد اعترف أينشتاين تبعاً للتطور الجديد في التوسع الكوني، بأن تمدد الفضاء يجعلنا لا نعرف إن كان الأخير منتهياً أو غير منته، بمعنى هل سيتوقف هذا التوسع أم أنه لا يتوقف إلى الابد. فلو توقف لكان الفضاء مغلقاً محدباً وخاضعاً لهندسة ريمان التي التزم بها أينشتاين. أما لو استمر في التوسع لكان يعني أنه يخضع إلى الهندسة الاقليدية. رغم ان هناك من طرح إفتراضاً ثالثاً للتوسع قائماً على فكرة الانفراج وفقاً لهندسة لوباتشيفسكي.

وفي جميع الاحوال ان فرضية انفتاح الفضاء بلا نهاية ينسجم مع فكرة الهندسة الاقليدية، وان التسارع الحاصل في تباعد المجرات يجعل من فكرة أينشتاين حول الكون المحدب كالبطاطس، أو الكرة المنتهية بلا حدود، ضعيفة أمام الفضاء المفتوح. لذا قد يعاد النظر في الفيزياء الحديثة طبقاً لرؤية نيوتن وتصوره حول هندسة الفضاء وقوى الجذب والفراغ مع شيء من التعديلات الضرورية المناسبة.