الفصل السادس

المكـــان والزمـــان

obeikandl.com

obeikandl.com

أوضحنا فى الفصول السابقة الجانب الفيزيائى للكشوف المتعلقة بنظرية النسبية، ومن أجل تحقيق ذلك اهتممنا بشكل خاص بالأسس الواقعية التى أدت إلى النتائج الدقيقة التى توصل إليها "أينشتين"، وتتمثل هذه الأسس فى المعطيات المستمدة من الملاحظة والخبرة، ونعتزم فى هذا الفصل الأخير الاهتمام بالجانب الآخر من المشكلة، فلن نتعامل فى هذا الفصل مع الفيزياء بل سنخوض مجالاً آخر، ألا وهو الفلسفة وسيتضح حتى فى هذا المجال أن نظرية النسبية لها نفس الأهمية والاعتبار، ونحن نواجه هنا الأفكار التى جعلت نظرية النسبية معروفة على نطاق واسع، وهى الأفكار التى تميز نظرية النسبية عن غيرها من النظريات الفيزيائية الأخرى والتى لها مكان بارز داخل نطاق الفلسفة الطبيعية الحديثة، إن بنظرية النسبية تمثل ثورة فى أفكارنا عن المكان والزمان سنفرد لها هذا التحليل.

إذا كانت فكرة الزمان قد تم النظر إليها بوصفها جزءًا من الأفكار الجديدة التى عُولجت فى الفصل المتعلق بنظرية النسبية الخاصة، فإن فكرة "المكان" سوف تُلْحَق هنا بنظرية نسبية التزامن، وهذا معناه أن ترتيب الحوادث زمنيًا بمعزل عن المسافة هو بمعنى ما ترتيبًا تعسفيًا، ومن الضرورى أن نؤكد مرة أخرى على أن الحوادث المشار إليها ينبغى أن تكون متناثرة فى المكان، ولقد وجدنا أن الترتيب الزمنى لمثل هذه الحوادث لا يتم عن طريق الملاحظة المباشرة، فنحن كمراقبين لا يمكن لنا إلا أن نكون بجوار إحدى الحوادث، وينبغى أن تُرسل إشارة من الحادثة الأخرى تُبْلَغِنا بوجودها، وإذا أردنا معرفة الزمن الذى وقعت فيه هذه الحادثة، فعلينا أن نلجأ إلى الحساب، لأنه من الضرورى معرفة سرعة الإشارة، ومع ذلك سنجد أنه من المستحيل قياس السرعة إذا لم نكن قد أثبتنا تزامن الحادثين، ولكى نتمكن من قياس سرعة الإشارة مطلوب ساعتين يتم ضبطهما معًا ووضعهما فى مكانين مختلفين. إن هذا البرهان يوقعنا فى حلقة مفرغة، فهو يؤدى إلى دور منطقى، إذ إن إحدى المقدمتين تفترض الأخرى، وحل هذه المعضلة يؤدى إلى هدم المعنى الموضوعى للتزامن، إن التزامن لا يمكن معرفته، وإنما ينبغى تعريفه، وهذا التعريف سيكون تعريفًا تعسفيًا إلى

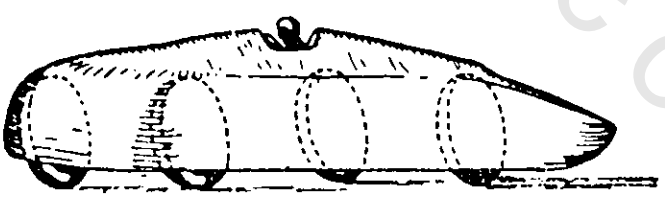
حد ما، فإذا أطلق مدفعان نيرانهما من فوق جبلين متباعدين فى وقت واحد، فأننى سوف أسمع صدى صوت المدفعين معًا وفى آن واحد إذا كنت واقفًا فى منتصف المسافة بينهما، ويمكننى حينئذ أن أؤكد أيضًا إن إطلاق النار من المدفعين لم يتم فى آن واحد بل على التوالى In Succession، ويمكن إثبات ذلك بالرجوع إلى القول بإن موجات الصوت كانت سرعتها فى اتجاه أكبر منها فى الاتجاه الآخر. إنه فى وسعى أن اعتبر وبطريقة تعسفية تمامًا أن أحد المدفعين كان أسبق فى إطلاق النار، ولن يوقعنى مثل هذا التأكيد فى تناقض، أى أننى سمعت صدى صوت المدفعين معًا فى آن واحد عند منتصف المسافة.

وهنا تكمن واحدة من أعمق أفكار النسبية، وسوف ننظر إلى ما نراه ماثلاً أمامنا بوصفه حقيقة، وليست هناك نظرية فى مقدورها أن تُخْرج ما نتلقاه بحواسنا من دائرة الوجود، إن الاحترام التام لشهادة الحواس والخبرة يُشكل المبدأ الرئيسى لنظرية النسبية، مضافًا إلى ذلك الإدراك الواضح بمحدودية قوة الملاحظة البشرية، إن ما يمكن إدراكه بالحواس هو جزء ضئيل من رقعة العالَم، وكل ما يتجاوز هذا الجزء من أحداث ينبغى الاستدلال عليه بالتأمل، وهنا يأتى دور الاستدلال والذى بفضله تمتد معرفتنا إلى ما وراء الأفق الضيق للبصر، وتتفتح أمامنا منافذ العوالم البعيدة، ونحن عندما نزعم أننا نرى النجوم، فإن هذه الطريقة هى أبعد ما تكون عن دقة التعبير، إن ما نراه مباشرةً ليس إلا ضوء يصل إلى عيوننا، أما إذا أردنا أن نستنبط من الخبرة التى لدينا عن لمعان الضوء قضية تقول إن هناك نجومًا بعيدة، فإننا فى هذه الحالة مضطرون لأن نقيم استدلالاً مباشرًا، وهذا الاستدلال لا يمكن أن يقام بدون شىء من التعسف، ويتثمل أحد جوانب هذا التعسف فى فكرة التزامن ويمكن أن تؤدى الطريقة التى يُحدد بها معنى التزامن إلى تغيير نظام أفكارنا، لكنها لا تغير الوقائع الملاحظة نفسها، وهذا هو السبب فى أن هذه الأوصاف المختلفة تصدق معًا ويمكن تبريرها معًا.

إن نسبية التزامن ذات نتيجة خاصة إذا وُضِعَ فى الاعتبار مقياس المكان، وسوف نوضح ذلك بواسطة مثال تعليمى، ومن أجل تحقيق هذه الغاية سوف

نستخدم آلة معروفة تمامًا فى مجال التصوير الفوتوغرافى، وتسمى المسطح البؤرى ذو الغطاء المتحرك.

ومعظم آلات التصوير بغطاء متحرك مثبت بين العدسات، ولكن معظم هذه الغطاءات المتحركة تُختَبر لجعلها غير ملائمة لتصوير الأشياء سريعة الحركة، لأن كشفها للوقت لا يمكن أن يكون سريعًا بدرجة كافية، لذلك يُستَخدم المسطح البؤرى ذو الغطاء المتحرك لالتقاطها صورة العرض البالغ القصر. فى مثل آلة التصوير هذه يجرى الغطاء المتحرك عموديًا نحو الخارج على مقربة من الفيلم. ولهذا يوجد عمليًا فى المسطح البؤرى ستارة دوَّارة لها شق أفقى. والأجزاء المختلفة من الفيلم تستقبل الضوء بالقدر الذى يسمح به هذا الشق، وعلى ذلك يكون العرض قصيرًا للغاية، وفى الوقت نفسه يظهر عيب معين فى هذه الآلة وهو أن الأقسام المفردة للمسطح لا تستقبل الضوء كله فى آن واحد، وإنما تستقبله الواحدة تلو الأخرى، وعلى حين أن الشىء يتحرك عند التصوير، فإن الأجزاء الفردية المضيئة لا تمثل على نحو دقيق حالات الشىء المتزامنة، بقدر ما تمثل الحالات التى نجحت فى الانطباع على الفيلم، وعلى كل حال فإن الموضوع لا يتغير كثيرًا فى الفترة القصيرة من الزمن فلا يوجد تشويه ما فى الصورة، وهذا ما يمكن ملاحظته بوضوح من خلال عجلات الأتوبيس سريع الحركة، فهذه العجلات توضح التواء القطع الناقصة من الغطاء الخارجى.



شكل رقم (11)

سيارة ميجور سيجراف التى تبلغ قوتها 1000 حصان وتنطلق بأقصى سرعة لها

ووفقًا لما يقوله "أينشتين" فإنه يوجد تشويه مشابه حين نريد أن نحدد شكل الأجسام المتحركة، والصعوبات التى نصادفها هنا لم يكن لها وجود على الإطلاق من قبل "أينشتين"، فلو أن المرء لاحظ جسمًا متحركًا من خلال صورة فيلم سينمائى ساكن، فإن الشيء المتحرك يتم تصويره كما يقال من موضع ساكن ثم تفحص الصورة بعد ذلك. إن حركة الجسم تبدو للملاحظ ساكنة كنتيجة لمثل هذه اللقطات اللحظية وعند هذه النقطة توضع نظرية التزامن النسبى فى الاعتبار، فالحوادث التى أعْتُقِدَ أنها متزامنة بالنسبة لأحد تعريفات التزامن تمثل تتابع زمن بالنسبة لزمن آخر، إن دلالة ذلك، بالنسبة لصور الأجسام المتحركة كما يلى : إن ما يصور تصويرًا لحظيًا لنظام زمنى هو صور فوتوغرافية بالمسطح البؤرى ذو الغطاء المتحرك، وتختلف أشكال الأجسام المتحركة تبعًا لتعريف التزامن، ليست هناك أشكال حقيقية لأجسام متحركة، إن كل الأشكال التى يمكن الحصول عليها بهذه الطريقة متساوية الصدق.

هذه هى نظرية "أينشتين" عن تغير شكل الأجسام المتحركة، ومقارنة التصوير الفوتوغرافى بالتصوير بواسطة آلة المسطح البؤرى ذو الغطاء المتحرك يوضح طبيعة هذه النظرية بدقة تامة، والاختلاف الوحيد المتضمن فى مسطح "أينشتين" البؤرى ذو الغطاء المتحرك هو ضرورة أن يجرى أسرع من الضوء، لذلك لا يمكن التحقق من هذا الأمر بمثل هذه الأجهزة كجهاز التصوير الفوتوغرافى ذو الغطاء المتحرك، ومن ناحية أخرى فأنه يترتب على هذه الحقيقة أن اللقطات المشوهة عند "أينشتين" ليست "زائفة" إنها تعتبر بالفعل لقطات لحظية مباشرة، وهذه النتيجة لا تنطبق على الصورة الفوتوغرافية الملتقطة بمسطح بؤرى ذو غطاء متحرك عادى، فالصورة الملتقطة بدقة فائقة ينبغى أن تسمى صورة مشوهة.

إن تأملاتنا تُظهر لنا أن مقياس المكان يعتمد على التزامن، ويمكن التعبير عن هذه الفكرة رياضيًا باحضار الزمان والمكان معًا فى مركب ذى أربعة أبعاد

داخل مكان مركب، والغريب أن هذا الإجراء الذى يبدو بسيطًا وغير ضار للرياضى يثير دهشة الآخرين ويسبب لهم ارتباكًا بالغًا، إن الكثيرين ممن يقرأون كتبًا عن نظرية النسبية يعتقدون أن المكان سيتحول وفقًا لهذه النظرية من بناء ثلاثى الأبعاد إلى بناء رباعى الأبعاد، وسيحاول أن يبرهن على ذلك بالطريقة التالية : تخيل ثلاث عصى من الخشب ألتقت معًا عند نقطة واحدة بزاوية قائمة، كطول وعرض وارتفاع الغرفة، إن هذه أبعاد ثلاثة للمكان. فهل هناك غرفة لها بعد رابع ؟ كيف يكون ممكنًا مرور العصا الرابعة عبر النقطة بحيث تشكل هى أيضًا زاوية قائمة عند التقائها ببقية العصى ؟ إننى أيضًا ليس فى وسعى أن أتصور كيف يتم ذلك، ولكن نظرية النسبية لم تزعم شيئًا كهذا، وإنما هى تؤكد وحسب على ضرورة إضافة الزمان – كزمن – إلى المكان، وهذا شىء مختلف تمامًا، ويمكن تخيله بالطريقة التالية : هب أن هناك مصباحًا معلقًا فى الغرفة، كيف نستطيع تحديد مكانه ؟ نحن نحتاج لثلاثة أرقام لتعيين موضع المصباح، نقيس بعد المصباح عن أرضية الغرفة، وبعده عن الحائط الخلفى، ثم نقيس بعده عن الحائط الجانبى، هذه أرقام ثلاثة تعين موضع المصباح فى المكان، والأرقام الثلاثة تسمى إحداثيات Co - ordinates إن الغرفة ذات أبعاد ثلاثة، لأننا نحتاج لثلاثة أرقام تعبيرًا عن هذا النوع من الوصف، وإذا كانت رغبتنا متجهة لا إلى تحديد موضع فى مكان، بل لتعيين حادثة من الحوادث فهذا يتطلب حسابًا آخر، أى بيان الزمن. هب إننا أطفأنا الأنوار لمدة ثانية واحدة وأحدثنا ومضة ضوء هذه الومضة هى حادثة Event، يمكننا تحديد هذه الومضة تحديدًا تامًا إذا عرفنا الأرقام الثلاثة التى تحدد موضع المصباح، مضافًا إليها الرقم الرابع الذى يحدد زمن ومضة الضوء. وبتوافر الأرقام الأربعة، الزمان والمكان معًا، يسمى رباعى الأبعاد، هذا هو كل ما هنالك، ولسوء الحظ فإن هذه الحالة البسيطة غالبًا ما يتم تصويرها فى لغة ملغزة للغاية.

وأيًا ما كان الجديد الذى أتت به النظرية النسبية عن الزمان – المكان

المتعدد الأبعاد، فإنها تتجلى بشكل واضح وفهم أعمق من خلال صورة المسطح البؤرى المتحرك. فهو يبين أن مقياس المكان يعتمد على مقياس الزمان، وبالطبع فإن هذا شيء جديد وعميق إلى أبعد حد، ولكنه لا يجرد الزمان من صفته الزمنية المميزة. فى الواقع ينبغى القول بأن نظرية النسبية هى النظرية الوحيدة التى كشفت وصاغت الفارق المميز بين الزمان والمكان، ولقد أظهر البحث الفلسفى لنظرية النسبية أن الزمان أبعد غورًا من المكان، إذ يتعلق بالمبدأ الذى تستند إليه كل معرفة لنا بالطبيعة، ألا وهو مبدأ السببية.

وإذا عدنا الآن لمشكلة المكان لوجدنا أفكارًا تذهب إلى ما هو أبعد من مبدأ الزمان النسبى، إن ما علمه "أينشتين" عن المكان والهندسة Geomerty قد تمت صياغته من الناحية الرياضية منذ مائة عام، هذه الأفكار ترتبط بما يسمى بالهندسة اللاإقليدية، إن الهندسة التى درسناها فى المدرسة ترجع إلى عالِم الرياضة الاغريقى "إقليدس"[1] Euclid. ولقد دُرست طوال ألفى عام على نفس الصورة الأصلية التى صاغها بها "إقليدس"، ولم تكتشف هندسة جديدة إلا فى القرن الماضى على يد مجموعة من علماء الرياضة، وعلى رأسهم "ريمان" [2] Riemann. ولقد بدت هندسة ريمان فى بادئ الأمر غير معقولة على الاطلاق وفارغة من المعنى لاحتوائها على قضايا كتلك التى تقول إن مجموع زوايا المثلث أكثر من 180 درجة،

(1) لقد كان حظ إقليدس كحظ "هوميورس" فكما يعرف الناس جميعًا "الألياذة" و"الإوديسة"، ولا يعرفون شيئًا عن "هوميروس" نفسه، فكذلك هم يعرفون جميعًا كتاب "المبادئ" لإقليدس ولا يعرفون شيئًا عن مؤلفه، فلسنا نعرف مكان ميلاد إقليدس ولا تاريخه، وكذلك الأمر فيما يتصل بوفاته، وهو ربما تلقى تعليمه بأثينا، وإن صح ذلك فهو قد درس الرياضيات فى الأكاديمية، وقد نبغ فى الإسكندرية فى عهد بطليموس الأول، وربما أمتدت حياته إلى عهد بطليموس الثانى، وكتاب "المبادئ" هو أول ما وصل إلينا من المختصرات الجامعية فى الهندسة، وسرعان ما تحقق الناس من أهميته، فعملوا على نقله إلينا بكل أجزائه، وهو ينقسم إلى ثلاث عشرة مقالة. (المترجم)

(2) برنارد ريمان (1826– 1866) وهو عالِم رياضى ألمانى، وضع نوعًا آخر من الهندسة تبدأ من مسلمات معارضة لمسلمات "إقليدس". (المترجم)

أو إن العلاقة التى تربط محيط الدائرة بقطرها ليست هى ط = 3.14. ومع ذلك فقد أثبتت الاختبارات الدقيقة إن هذه النظريات صحيحة تمامًا، وإنها نسق رياضى ممكن وإن على المرء أن يعتادها.

ويمكننا النظر إلى الهندسة اللاإقليدية بوصفها لعبة ذات تصورات، وعلى الرغم من أن هذه التصورات منطقية فى ذاتها إلا أنها ليست ذات معنى أبعد من ذلك، وفى الحقيقة يبدو ذلك المكان الواقعى – الذى يحتوى الأشياء والأجسام – خاضعًا لقوانين الهندسة الإقليدية، ويتم النظر إلى هذه القوانين بوصفها قوانين أساسية عند تشييّد المنازل وإقامة الطرق، أو عند قياس مساحة الأرض لرسم الخرائط الطبوغرافية لها، أو عند حساب الأبعاد الشاسعة. لقد تسائل مكتشفو الهندسة اللاإقليدية عما إذا كانت قوانين "إقليدس" صادقة صدقًا تامًا، واعتقد هؤلاء المكتشفون أنه من الممكن عن طريق قياسات دقيقة إدراك أن الهندسة اللاإقليدية تناسب انحراف الضوء، ولقد عرفوا حق المعرفة أن مثل هذه الانحرافات لا تكون إلا فى حالة الأبعاد الهائلة، ولقد قام الرياضى العظيم "جاوس" [1] Gauss بقياس مثلث هائل الحجم. ولقد تشكلت رؤوس زوايا هذا المثلث بثلاث جبال : جبل بروكين Brocken فى مدينة هيرز Harz، وجبل إنسلسبورج Inselsberg فى غابة ثيورنجن Thueringian وجبل هونهاجن Hohenhagen بالقرب من جوتنجن Goettingen، كانت كل قمة من قمم هذه الجبال الثلاثة تقع على مرمى البصر من الأخرى، وذلك فى حالة استخدام المنظار المقربِّ، ولقد قام "جاوس" بقياس مجموعة زوايا هذا المثلث الضخم، وبحث عما إذا كان مجموع هذه الزوايا يختلف عن 180 درجة، ولكنه لم يجد انحرافًا يذكر، ومع ذلك اعتقد بعض الرياضيين والفيزيائيين منذ ذلك الوقت أنه سوف يظهر انحراف فى المثلث الكبير فى يوم ما عندما نستخدم وسائل أكثر دقة.

(1) كارل فريدرك جاوس (1777 – 1855)، أول من توصل إلى أفكار الهندسة اللاإقليدية، ومع أنه لم يكتب عن هذه الأفكار بشكل مباشر، فقد تم استخلاص النتائج التى توصل إليها فى هذا المجال من خلال رسائله، ومذكراته اليومية التى نشرت بعد وفاته. (المترجم)

ويمكننا فى هذه الحالة توضيح العلاقات التى يخضع لها المكان إذا ما جعلنا نقطة انطلاقنا العلاقات المنطبقة على الأسطح ثنائية الأبعاد. ولقد وُجِدَ أن القوانين المشابهة لتلك التى تقول بها الهندسة اللاإقليدية عن المكان ثلاثى الأبعاد تنطبق بالفعل على البنايات ثنائية الأبعاد كأسطح منحنية، وفى الوقت نفسه دعنا نرسم انحرافًا أعظم مما أفترضته تجربة "جاوس"، حينئذ يمكننا أن نرى بسهولة العلاقة فنرسمها.

فلنتخيل كائنات تعيش على سطح كرة، ولا وجود لأى شىء بالنسبة لهم خارج سطح هذه الكرة، فلا يوجد فى عالمهم أنفاق تخترق الكرة، كما أن عالمهم هذا لا يتضمن أشياء ممتدة من فوق سطح الكرة كالأشجار أو الأبراج، كل شىء مسطح بالنسبة لهم، إن كل شىء مطمور تمامًا على سطح هذه الكرة بما فى ذلك تلك الكائنات ذاتها، وهنا يبرز سؤال : هل فى وسع هذه الكائنات. ملاحظة أنها تعيش على سطح منحنى ؟

إن الإجابة عن هذا السؤال ليست واضحة بذاتها على الإطلاق، إننا ندرك انحناء سطح الأرض أساسًا لأننا نلاحظ ظواهر ثنائية الأبعاد خارج السطح. فعندما نلاحظ انحناء تجويف فى الأرض فإننا نرى من خلاله، أعنى إننا نقارن شكله بمسار أشعة الضوء، فنحن نرى انحناء التجويف لا لأن الضوء يحدد هذا الانحناء، بل لأنه ينفذ بحرية من المكان ثلاثى الأبعاد، ولكن فى العالَم ثنائى الأبعاد – كما نظن – فإن أشعة الضوء تنزلق على طول السطح، لذلك لن يُلاحظ أى انحناء بمجرد النظر. مع ذلك فهناك وسائل لإدراك الانحناء.

هب أن هذه الكائنات الحية قامت بمسح الأرض ورسمت أشكالاً فى الرمال وقامت بقياسها باليادرة، وهب أنها رسمت دائرة حول القطب الشمالى للكرة، على سبيل المثال، تتطابق الدائرة مع خط 89° من خط العرض شمالاً، ثم يقومون بعدئذ بقياس محيط الدائرة مستخدمين اليادرة. أخيرًا يقيسون قطر الدائرة، ولكن ما الذى يقيسونه كقطر للدائرة ؟ بالتأكيد ليس قطرًا حقيقيًا ينفذ داخل الكرة على امتداد الوتر، لأن ليس فى وسعهم مغادرة سطح الأرض.

ولا وجود لأى شيء بالنسبة لهم خارج السطح، وبناء على ذلك لن يأخذوا الخط المنحنى الذى يمتد من نقطة الدائرة عند القطب الشمالى إلى النقطة المقابلة لها كمحيط للدائرة، وسيبدو لهم هذا الخط مستقيمًا، لأنهم عند متابعتهم له بأعينهم يرون النقطة المقابلة بالقدر الذى يتحرك به الضوء على طول محيط الكرة، ولكنهم إذا قاسوا طول هذا الخط باليادرة ثم قسموا محيط الدائرة على الشكل الذى حصلوا عليه من قطر الدائرة، فسيكون لديهم رقمًا أقل من ط = 3.14 كمقياس لقطر ضخم للغاية، وعن طريق نتائج مثل هذه القياسات ستدرك هذه الكائنات أنها تعيش على سطح كرة.

والآن دعنا نصف انطباق هذه الحالة على مكان ثلاثى الأبعاد، هب أن هناك كرة ضخمة من ألواح الحديد فى حجم منزل بداخلها سقالات حديدية، يصعد عليها رجل، ويمكنه أيضًا أن يتجه إلى السطح الخارجى للكرة حيث توجد مقابض ودرجات سلم ليصعد عليها، وهب أن هذا الشخص قام بقياس محيط الدائرة باليادرة وهو متعلقًا بعارضة حديدية، ثم قام بقياس قطرها بطريقة مماثلة، أخيرًا قام بقسم الأشكال فحصل على رقم أقل من ط = 3.14.

لقد كان من الممكن فهم النتيجة بسهولة فى حالة المكان ثنائى الأبعاد، أما فى حالة المكان ثلاثى الأبعاد فلا يمكن فهم هذه النتيجة، كيف يمكننا تفسير هذه النتيجة إذن ؟ لم يبق أمامنا ما نفعله سوى التسليم بأننا نعيش فى مكان لا إقليدى، إن تجارب القياسات هذه يمكن ملاحظتها فى مثل تلك الأماكن التى بها انحناء، والأكثر من هذا إننا يجب أن نضع فى اعتبارنا أن المخلوقات الموصوفة ثنائية الأبعاد ليس فى وسعها رؤية الانحناء الذى عليه مكانهم ثنائى الأبعاد، إنه لا يمكنهم التحدث عن انحناء البعد الثالث، إن الانحراف عن شروط المقياس العادى هى بالضبط الخبرة التى يكتسبها المرء من خلال حياته فى مكان لا إقليدى.

ولن نذهب أبعد من هذا فى مناقشة مشكلة تصور المكان اللاإقليدى، ومن يرغب فى المزيد من التفاصيل عن معالجة هذه المشكلات، عليه أن يرجع إلى

كتابنا "فلسفة المكان والزمان" [1]، فهو يتضمن معالجة أوسع لتوضيح الأفكار التى يتضمنها هذا الكتاب، فقمنا بمناقشة مشكلة نسبية الهندسة بصفة عامة، ويبدو أن كل القياسات الهندسية تتضمن تشابها غير محدود لقياس نسبية الحركة ومقاييس الهندسة الموضوعية للمكان التى تفترض نوعًا خاصًا من التعريفات التى نسميها تعريفات الإحداثيات، وترتبط هذه المشكلة بمسألة ما إذا كان يوجد تفسير إقليدى للقياسات كما توصف، وهنا نواجه الكيفية التى طبق بها "أينشتين" الهندسة اللاإقليدية على نظريته فى الجاذبية.

أشرنا فى الفصل الثالث إلى عدم وجود معنى مستقل للساعات واليارادات وفقًا لتصور "أينشتين"، بل تتغير بطريقة خاصة وتنضبط فى هندسة الضوء، بل حتى الضوء ليس شيئًا نهائيًا، لأنه يخضع أيضًا للقوة الموجهة للجاذبية، ولعله من المفيد أن نذكر هنا الدليل المتضمن فى الفصل الخامس، والذى يقول بأن الضوء يخضع لمجال الجاذبية، إن الجاذبية هى المؤثر الرئيسى الذى يؤثر على الكتل التى تملأ المكان، إنها القوة الموجهة التى يخضع لها الضوء واليارادات والساعات، فالعلاقات البسيطة للمقياس المكانى كما صيغت فى هندسة "إقليدس" لا تكون صحيحة إلا فى غياب مجال الجاذبية، وهذا يحدث فى المسافات الهائلة بين كتل النجوم، ومن ناحية أخرى فأنه فى مجاورة مثل هذه الكتل الضخمة يتشكل المكان – كما قال – ليتخذ أشكالاً منحنية تخضع لقوانين غريبة كالتى تقدمها الهندسة اللاإقليدية. فى الحقيقة إن الانحراف عن العلاقات الإقليدية دائمًا ما يكون صغيرًا وضئيلاً للغاية بحيث يستحيل تحديد هذا الانحراف بوسائل قياسنا المألوفة، وهذا هو سبب مرورها دون أن تُلاحظ، وحتى القياسات كتلك التى قام بها "جاوس" لا تؤدى إلى احراز نتائج إيجابية فى هذا

(1) H. Reichenbach, The Philosophy of Space and Time, English translation, Maria Reichenbach and John Freund Dover Publications Inc., New York, 1957. CF. also H. Richenbach and E. S. Allen, Aton and Cosmos the World of Modern Physics, Ridgeway Books, Philadelphia, 1933.

obeikandl.com

الصدد لأنها تتعامل دائمًا مع مسافات صغيرة للغاية، إن الانحرافات لا تكشف عن نفسها إلا فى المسافات الكونية، ويكشف مسار الأجرام السماوية ومسار أشعة الضوء بين هذه المسافات الكونية عن الطبيعة اللاإقليدية للمكان، وهناك عبر الأمتدادات الشاسعة للكون، نجد بالفعل تغيرات أساسية تمامًا فى علم الهندسة.

إن الشىء المحير من بين هذه الأشياء كلها هو ضرورة النظر إلى مكان الكون بوصفه مكانًا متناهيًا، وهذا لا يعنى أن كتل النجوم وحدها هى المتناهية، بل يعنى أن المكان نفسه محدودًا، ويمكن توضيح ذلك بالطريقة التالية : إذا أرسل شعاع فى خط مستقيم فأنه يعود بعد زمن معين من الجانب الآخر، ليس هناك أمتداد غير محدود فى هذا المكان، فكل الخطوط المستقيمة ترتد فى النهاية إلى مصادرها، وكل نجم حين ننظر إليه عبر الكون يمكن احتماليًا أن يُرى مرتين، مرة من الأمام والمرة الأخرى من الخلف، وأنه لمن سوء الحظ عدم توافر البرهان الذى يمكن أن تقدمه نظرية "أيشتين" فى اللحظة الراهنة، إذ إن الطريق حول العالَم طويل طولاً بالغًا لدرجة أن ضوء النجوم يبدو خافتًا بحيث لا يمكن ملاحظته، بل حتى لو كان فى وسعنا رؤية الضوء، فلن تكون هناك طريقة لإدراك أن ما نراه هو الحجم نفسه، ولكى يدور الضوء حول العالم فأنه فى حاجة لآلاف السنين التى لا يمكن حصرها، وسيتحول النجم بعيدًا، وسيحتل مواضع مختلفة من النجوم الشبيهة به، ونتيجة لذلك سنعجز عن التمييز بين نجمين متماثلين.

وعلى ذلك أدى تصور "أينشتين" للجاذبية بوصفها قدرة قياسية، وقوة لتحديد القياس المكانى، إلى ثورة عميقة الأثر فى معرفتنا المتعلقة بالمكان. هذا إلى جانب جدَّة نظرية النسبية عن محدودية المكان الكونى، والتى تُعد نقطة تحول شبيهة بنقطة التحول التى أحدثتها النظرية القائلة بكرّية شكل الأرض فى العصر الذى ظهرت فيه، إذ إن المنهج الذى طبقته نظرية أينشتين فى معالجة مشكلة المكان يمثل نوعًا جديدًا من التفكير الفلسفى، إذ استندت إلى مبدأ لم يتوصل إليه أحد قبل "أينشتين" – سوى "ليبنتس" – وهو المبدأ القائل بأن القضايا الخاصة بالمكان لا

تنفصل عن القضايا المتعلقة بالأجسام المنتشرة فيه، وإنه ليس للمكان معنى مطلق منفصلاً عن الأشياء والقوانين التى تعبر عن العلاقات المشتركة لهذه الأشياء. إن هذا النقص فى فكرة المكان بالنسبة إلى مظاهره الجسمية يمثل المفتاح لفهم معنى الهندسة.

وهى المشكلة التى ظهرت بعد اكتشاف الهندسات اللاإقليدية، والتى عجزت نظرية "كنت" Kant – الخاصة بالصدق القبلى للهندسة الإقليدية – عن حلها.

والواقع إن الجانب القبلى لهندسة إقليدس يتمثل فى خضوع تصوراتنا المكانية لهذه الهندسة. ويزداد الأمر وضوحًا إذا أدركنا أن ما لدينا من تصور مكانى قد نشأ تاريخيًا نتيجة لتعاملنا مع أشياء وموضوعات تخضع لقوانين المكان الإقليدى. فالأجسام الصلبة والعصى التى نعمل بها تخضع بدقة شديدة لقواعد الهندسة الإقليدية، إلى حد أننا نعجز عن ملاحظة أى انحراف عن هذه القواعد. ويمكننا القول – بصفة عامة – إننا أصبحنا نعتاد على قوانين إقليدس لدرجة أننا ننظر إليها على أنها قوانين ذات ضرورة مطلقة، أما الانحرافات التى أشار إليها "أينشتين" فهى لا تظهر إلا فى الأبعاد الفلكية.

بناءً على ما سبق يمكننا القول إننا لو عشنا فى عالَم تحكمه قوانين مختلفة عن تلك التى تحكم بيئتنا اليومية، حيث تختلف مثلاً العلاقات المقاسة بين محيط الدائرة وقطرها عن 3.14، فإننا سوف نعتاد على هذه الحقائق بدورها، وسوف نجد أن كل شىء واضحًا بذاته وطبيعيًا، فإذا ما جاء أحد علماء الفيزياء مؤكدًا العكس، أى مؤكدًا أنه ينبغى أن تخضع كل تصوراتنا المكانية للهندسة الإقليدية، فإننا سوف نرد عليه بقولنا إنه إنما يدعو إلى المستحيل، وسيكون معارضيه حينئذ هم أنفسهم الذين يدافعون اليوم عن الطابع القبلى للهندسة الإقليدية.

إن عظمة الانجاز الذى حققه "أينشتين" تتمثل فى أن تفكيره قد خلا من الأخطاء المألوفة، فلم يتردد فى تجاوز القوانين القديمة للعلم الطبيعى، وقوانين

Obeikandl.com

الهندسة، وقام بوضع قوانين جديدة بدلاً منها. وعلى الرغم من أن هناك رياضيين آخرين قد سبقوا "أينشتين" فى التوصل إلى هذه القوانين الهندسية الجديدة، فإن "أينشتين" هو أول من أخرج هذه القوانين من حيز الإمكان العقلى إلى مجال تطبيقها على العلم الفيزيائى، واستخدامها فى وصف الطبيعة، ويكشف لنا هذا الانجاز العلمى بوضوح عن استقلال الفكر، ومن هنا فليس لنا أن ندهش حينما نجد أنه كان من الصعب علينا، وعلى كل من يسمع عن هذه الأفكار لأول مرة، أن يفهم نظرية "أينشتين".

مرة أخرى ننهى عرضنا بالإشارة إلى التحول الكوبرنيقى. إن بداية هذا التحول جاءت من البرهان على نسبية الحركة، الذى بدأ من نظرة "بطليموس" للعالَم إلى نظرة "كوبرنيقوس"، والذى تكرر فى مستوى أرقى. وقد أدى إلى مركب جديد من النظرتين للعالَم. وبطريقة مماثلة يؤدى تقويض الهندسة الإقليدية إلى زعزعة أسس معرفتنا، ويدل على انتقالنا إلى معرفة من نوع أرقى. وقد تبدو هذه المعرفة لأول وهلة مستغلقة على الفهم، غير أنه سوف يتم فى نهاية المطاف الاعتراف بنظرية النسبية، كما حدث لنظرية "كوبرنيقوس"، إذ تم الاعتراف بها فى نهاية الأمر، وصار الاعتراف بها سمة مشتركة لكل إنسان مثقف. وسيتم بعد مائة عام من الآن قبول نظرية النسبية بوصفها حقيقة واضحة بذاتها. وسيكون من الصعب عندئذ فهم السبب الذى من أجله تم معارضتها فى البداية إلى هذا الحد، أو بتعبير شبنهور : "إن الحقيقة لا يتحقق لها الانتصار إلا خلال فترة قصيرة تقع بين فترتين طويلتين يسود خلالهما النظر إلى الحقيقة على أنها مفارقة Paradox، أو يتم الاستخفاف بها بوصفها شيئًا تافهًا". وقد يحق لنا أن نعتبر أنفسنا سعداء الحظ لأننا نعيش فترة انتصار الحقيقة، ونشاهد بأعيوننا الكشف الكوبرنيقى وقد تحقق فى عصرنا.