# الفصل الثاني

## التناقضات التى أكدتها نظرية النسبية الخاصة

سوف نستخدم في هذا الفصل – وفي الفصل الثاني أيضًا – مصطلح "قبلي" A Priori بالمعنى الكانطي، أي سوف نصف أنواع العيان أو المعرفة الواضحة بذاتها بأنها قبلية. وسنقوم بذلك لكي نضع أيدينا بدقة على تلك التناقضات المتعلقة بالمبادئ القبلية. أما فيما يتعلق بنظرية النسبية فإنها تناقش، بطبيعة الحال، العديد من المبادئ الأخرى لعلم الفيزياء التقليدي. ومع ذلك فإن هذا الاتصاف بالقبلية لا يقوم كدليل على صحة هذه المبادئ(٤).

ويذكر أينشتين في نظرية النسبية الخاصة، التي مازالت صحيحة بالنسبة لمجالات الجاذبية المتجانسة، أن مبدأ "نيوتن – جاليليو لنسبية الميكانيكا" يتعارض مع ثبات سرعة الضوء، وأن هذا المبدأ لن يكون صحيحًا إلا إذا أضفنا إليه التغير في الإحداثيات المكانية الذي يقوم على تغير الزمان، ويؤدي تغير الزمان بدوره إلى نسبية التزامن، فضلاً عن قابلية الزمان للانعكاس بصورة جزئية. ومما لا ريب فيه أن هذا التناقض موجود، ومن هنا نتساءل: ما هي الفروض التي ارتكزت عليها مبادئ أينشتين ؟

إن مبدأ القصور الذاتي Inertia لجاليليو هو قضية تجريبية، فليس واضحًا على نحو حدسي السبب الذي يجبر جسمًا ما لا يخضع لتأثير قوة معينة على أن يتحرك بانتظام. إننا لو لم نكن قد اعتدنا هذه الفكرة، على هذا النحو، لكان من المرجح أن نؤكد عكسها. ففي رأي جاليليو أن الجسم الساكن لا يخضع أيضًا لتأثير أية قوى، غير

(٤) فيما يتعلق بمفهوم القبلية انظر هامش رقم (١٧).

أن هذا الرأي تلزم عنه فكرة عميقة الأثر، وهي أن الحركة المنتظمة تكافئ ميكانيكيًا حالة السكون، فالقوة تحددها علاقات فيزيائية. ومع ذلك فليس واضحًا بطريقة قبلية أن القوى لا تحدث إلا إذا صاحبها تغير في السرعة، أي أن الظاهرة التي نسميها "تأثير قوة ما" تعتمد على وجود عجلة. ويوضح هذا التفسير، على نحو لا يتطرق إليه شك، أن مبدأ القصور الذاتي لجاليليو هو قضية تجريبية.

غير أنه يمكن صياغة هذا المبدأ بطريقة أخرى، أي عن طريق مجموعة معينة من النظم الإحداثية، إذ إن كل الأجسام المتحركة بانتظام- وعلى صلة بعضها ببعض- هي تعريفات متكافئة للعملية الميكانيكية. وعندما تحدث تحولات من نظام إلى آخر تظل صورة قوانين الميكانيكا على ما هي عليه، ولكن النظرية في صورتها الأخيرة تكون أعم بكثير مما هي عليه في الصورة الأولى، إذ إن قوانين الميكانيكا يمكنها الاحتفاظ بصورتها حتى عندما تتغير ديناميكية المقادير. ولا يشترط للمحافظة على صورة القوانين سوى أن تكون القوة في النظام الجديد مستخلصة عن طريق إحداثيات على النحو نفسه الذي كانت عليه في النظام القديم- أي أن يظل الارتباط الوظيفي دون تغير. وهذا التقرير أكثر أهمية من مبدأ جاليليو. وعلى ذلك فإن مبدأ القصور الذاتي، أي تساوي وضع المجموعات المتحركة بانتظام، يبدو لنا الآن بوصفه حالة خاصة، لأنه يتضح بالنظر إلى التحولات الإحداثية أن الحفاظ على الارتباط الوظيفي يتم التوصل إليه بالحفاظ على ديناميكية المقادير. وعلى ذلك فإن التجربة هي وحدها التي يمكنها أن تنبئنا ما إذا كانت هذه التحولات موجودة أم لا، كما تنبئنا بكنه هذه التحولات.

إن الحقيقة القائلة بأن من المفترض أن يكون القانون الفيزيائي – لا القوة وحدها – ذا صلة ثابتة بالتحولات الإحداثية، هي حقيقة يمكن تبريرها بشكل أساسي. وبعبارة أخرى، يشترط هذا المبدأ مكانًا غير متصف بصفات فيزيائية، وقانونًا تكون وظيفته الوصف، وطبيعة تكون محتوية على كتل، بحيث لا يؤثر اختيار نظام الإسناد Reference System على هذه العملية. والواقع أن هذا المبدأ ظل واضحًا، منذ أن أعلن "كانط" وجهة نظره التي تقول بأن المكان والزمان ما هما إلا صورتان خالصتان، وليسا جزءًا من الطبيعة كالمادة والقوى. ومن الغريب أن بعض الفلاسفة

اعترضوا – منذ عهد قريب – على قوانين جاليليو ونيوتن وأيضًا على النظرية النسبية الخاصة، وذلك لأنهم رأوا أن الثابت المفترض ليس كافيًا. فبالنسبة للفيلسوف ليس هناك ما يبرر اختيار الانتقال المنتظم The Uniform Translation. وما أن يُصَف المكان بأنه إطار للنظام والترتيب وليس كيانًا فيزيائيًا، حتى تصبح المجموعات الإحداثية الاختيارية للأجسام المتحركة متكافئة بالنسبة لوصف الحوادث. ويبدو أن ماخ Mach كان الوحيد الذي عبر عن هذه الفكرة بوضوح، غير أنه لم يستطيع ترجمتها إلى نظرية فيزيائية. كما لم يعترض أحد على أن نظرية النسبية الخاصة لأينشتين لم تقدم حلاً جذريًا بقدر كاف، ثم إن أينشتين هو الذي قام بهذا الاعتراض على نظريته، موضحًا فيما بعد طريقة الإنجاز الحقيقي للتغاير العام General Convariance. وكان على الفلسفة الكانطية وفقًا لمبادئها الأساسية أن تشترط دائمًا نسبية الإحداثيات The Relativity of The Coordinates. والسبب الذي جعلها لا تحقق هذا الشرط، ولا تتوقع النتائج التي ينطوي عليها، يرجع إلى أن الفيزياء التجريبية كان يتعين عليها اكتشاف الشرط الأساسي الثاني، وهو مختلف ومباين للفلسفة التأملية إلى حد كبير، بحيث يستحيل أن يصدر عن هذه الفلسفة.

ويمثل ثبات سرعة الضوء الصورة الفيزيائية للشرط الثاني، فلقد كشفه علماء الفيزياء عن طريق الملاحظة. غير أن أينشتين عندما جعله مبدأ أساسيًا لنظريته في النسبية الخاصة في طبعته الأولى الشهيرة(٥)، استطاع بالفعل إثبات أهميته على نحو متعمق.

رأى أينشتين أن تحديد تزامن الوقت عند كل نقطة لمجموعة إحداثية معينة يستلزم انتشار العملية الفيزيائية بسرعة معينة، كما يتطلب مقارنة القراءات التي تشير إليها ساعات القياس الموضوعة عند نقاط مختلفة، ومن ثمّ يتعين وضع فرض يعبر عن حالة حركة هذه العملية بالنسبة للمجموعة الإحداثية، إذ إن زمن هذه المجموعة الإحداثية وكذلك التزامن عند النقاط البعيدة يعتمدان على هذا الفرض. ومع ذلك يتعذر تحديد حالة هذه الحركة، لأن مثل هذا التحديد يفترض اختلاف الزمان.

(5) A. Einstein, Elektrodynamik Bewegter Korper, Amn. D. Phys., ser. 4, Vol. 17, PP. 891-921.

والتجارب إما أن توضح أي تعريف للزمن هو الذي ينبغي استخدامه أو تؤدي إلى خلق تناقضات مع النتائج المترتبة على هذا الفرض. ومن هنا فإن هذه التجارب لن تحسم الأمر. وبالتالي ينطوي تحديد أي "زمن إحداثي" Coordinate Time على قدر معين من التعسف. وينخفض مقدار هذا التعسف إلى الحد الأدنى إذا تم افتراض ثبات سرعة انتشار العملية الفيزيائية واستقلالها عن الاتجاه، وتساويها بالنسبة إلى كل المجموعات الإحداثية.

وليس من الضروري أن تكون حالة الفرض الأكثر بساطة، هي حالة مقبولة من الناحية الفيزيائية. فمثلاً إذا تمسكنا بالفرض القائل بعدم قابلية العمليات السببية للانعكاس (مبدأ عدم قابلية السببية للانعكاس) فإن هذا الفرض يؤدي إلى النتيجة القائلة بأنه لا توجد سرعة أعلى من السرعة المختارة، وعلى ذلك فإن من بين السرعات المعروفة جميعها، ينبغي اختيار أعلاها إذا كانت مناسبة لتعريف الزمن. وهذا هو السبب في أن سرعة الضوء كانت أنسب سرعة تؤدي وظيفة هذه السرعة الخاصة. وفضلاً عن ذلك فإنه يتعين تحديد ما إذا كان ممكنًا تعريف الزمن بواسطة هذه السرعة التي تتطابق مع تعريف الزمن عن طريق القوانين الميكانيكية للأجرام السماوية، أي ما إذا كانت الصيغ البسيطة للميكانيكا تمثل قوانين لا تنطوي حتى على وجود سرعة أعلى غير معروفة. ولقد أثبتت تجربة ميكلسون Michelson في هذا الصدد وبشكل حاسم ثبات سرعة الضوء بالنسبة لكل النظم التي يمكن تصورها. ومع ذلك، مازالت هناك مسألة لم تُحْسَم بعد وهي تتعلق بما إذا كان يتعين في يوم ما القيام بملاحظات تجعل من المستحيل وضع تعريف للزمن على أساس ذلك الفرض القائل بثبات سرعة الضوء. غير أن مثل هذه الملاحظات قد تمت بالفعل، إلا أنها لم تتم بعد ظهور الأفكار النظرية التي عارضت نظرية النسبية الخاصة، إذ إن انحراف الضوء في مجال جاذبية الشمس، والذي لُحظَ أثناء كسوف الشمس الأخير (*)، أثبت أن أبسط تعريف للزمن لا يمكن التمسك به على الدوام. ولقد أصبحت نظرية النسبية الخاصة بذلك حالة خاصة لمجال الجاذبية المتجانس.

(*) يقصد المؤلف كسوف الشمس الذي تم في ٢٩ مايو سنة ١٩١٩ (المترجم)

وتوضح هذه الأفكار الأسس التجريبية لمفهوم الزمان في النظرية النسبية الخاصة. غير أن فكرة أينشتين المتعمقة تقف وراء الأساس التجريبي، وهي تقول: "إنه من المستحيل تعريف الزمن دون وضع فرض تجريبي يتعلق بانتشار معين للسرعات". وحتى التعريف التقليدي للزمان المطلق يبدو كمجرد حالة خاصة لهذا الموضوع، إذ ينطوي على فرض يقول بوجود فعل ينتشر بسرعة لا متناهية.

إن هذه العلاقة، على وجه الخصوص، جديرة بالاهتمام. لأن الاعتراض على أينشتين كان يتمثل في أن أفكاره اقتصرت على إثبات عجز عالِم الفيزياء عن الوصول أبدًا بوسائله المحدودة إلى زمان "مطلق" دقيق، ومع ذلك، كان لابد من استبقاء فكرة هذا الزمان والاقتراب من قياسه تدريجيًا. غير أن هذا الاعتراض باطل، لأن الزمان المطلق يقتضي عملية انتشار ذات سرعة لا متناهية، وهذه العملية تتناقض مع مفهومنا عن التأثير السببي. ولقد وضع فلاسفة كثيرون شرطًا يقول بأن التأثير عن بعد قد يكون حقيقيًا. فالتأثير عن بعد مساو لفعل سريع سرعة لا نهائية بين نقطتين بعيدتين. ولو افترضنا أن انتشار قوة ما يستغرق زمنًا محدودًا، وأن هذا الزمن يزداد بازدياد المسافة، فإنه يمكن تخيل الانتشار سائرًا من نقطة إلى نقطة، أي كالتأثير بالتلامس. وإذا تحدثنا في هذا السياق عن وسط أثيري فإن حديثنا سيكون مسألة مصطلحات فنية. ويمكن أن يُصَف مبدأ التأثير بالتلامس بأنه قبلي، تمامًا كما فعل "كانط" ووصف مبدأ بقاء المادة بأنه قبلي. وعلى أية حال، يمكن عن طريق مبدأ قبلي استبعاد التحديد الدقيق للزمان المطلق. وفي أحسن الأحوال، قد يرغب المرء في استبقاء إمكانية الاقتراب التدريجي من الزمان المطلق. ولكن في هذه الحالة لا يمكن أن يوجد حد أعلى للسرعات الممكنة من الناحية الفيزيائية، وهذه مسألة فيزيائية محضة، وليس هناك ما يمكن قوله عنها على نحو قبلي.

وإذا كانت الطاقة الضرورية لإنتاج سرعة متناهية ومحدودة لابد لها من أن تكون لا متناهية في المقام الأول – ولقد أثبتت ذلك كل الأبحاث التجريبية المتعلقة بنظرية النسبية– فإنه مما لا شك فيه عندئذٍ أن إنتاج سرعات أعلى: مختارة على نحو تعسفي، سيكون أمرًا مستحيلاً. إن هذه الحقيقة ليست مستمدة من الصيغات القديمة، إذ إن هذه الصياغات قد تم الكشف عنها تجريبيًا، واستطاعت النظرية

النسبية – على نحو يمكن تبريره – أن تستعيض عنها بصياغات أخرى، تتضمن القول بأن الطاقة الحركية لنقطة مادية تصبح لا متناهية حين تقترب سرعتها من سرعة الضوء. وكما أنه يستحيل تمامًا من الناحية الفيزيائية زيادة طاقة نظام مقفل أو تجاوز حد أدنى معين لدرجة الحرارة عن طريق التبريد (*)، فإنه قد يكون من المستحيل أيضًا– من الناحية الفيزيائية– الاستمرار المطلق في زيادة السرعة بحيث تتجاوز نقطة معينة. غير أن الاحتمالين ممكنان– من وجهة النظر المنطقية– ولكننا نهتم هنا بما هو ممكن من الناحية الفيزيائية. وإذا كانت القوانين الطبيعية التي لدينا تحتم وجود حد أعلى للسرعات، فإن من المستحيل حتى الاقتراب من الزمان "المطلق"، إذ لا يعود افتراض "زمان مثالي" افتراضًا ذا معنى، لأن من الواجب أن نقتصر على إثبات تلك الشروط المثالية التي يمكننا بلوغها على الأقل من خلال زيادة القيمة التقريبية، والتي يمكن أن تكون لها بالتالي أهمية بالنسبة للعالم الفيزيائي (٦).

ولنجمل مناقشتنا بالقول أن كلا من مبدأ النسبية للمجموعات الإحداثية جميعها – حتى وإن كانت مقتصرة على فئة معينة من الإحداثيات (أعني: مقتصرة على مجموعات متحركة حركة منتظمة ومتصلة بعضها ببعض) – ومبدأ التأثر بالتلامس لا يعترفان بزمان مطلق إلا في حالة عدم وجود حد أعلى للسرعات التي يمكن بلوغها بطريقة فيزيائية. ووفقًا للمعنى التقليدي للمصطلح، فإن المبدأين يمكن وصفهما معًا –

(*) ليس لأحد أن يعترض بقوله إن الحد الأدنى لدرجة الحرارة معروف بطريقة حدسية ضرورية، لأن حركة الجزئيات لابد أن تتوقف بمضي الوقت. ولكن كيف أعرف إذن أن نقطة الصفر للطاقة الحركية تقترب من درجة حرارة سالبة ومتناهية وليست لا متناهية؟ إننا لا يمكن أن نعرف ذلك إلا عن طريق التجربة. وعلى ذلك، فأنه قد يكون من الممكن أيضًا أن تقترب الطاقة الحركية اللامتناهية من سرعة متناهية.

(٦) ينبغي توجيه الاعتراض نفسه على تفسير "نترب" Natrop للنظرية النسبية الخاصة (انظر: Natrop, Die Logischen Grundlagen Der Exakten Wissen Schaften, Leipzig, Teubner 1910., P. 402 ). فهو لم يلحظ أن نظرية النسبية قد ذكرت أن سرعة الضوء محدودة. وأعتقد أن أينشتين نظر إلى هذه السرعة على أنها أعلى سرعة يمكن بلوغها بالنسبة للزمن الموجود. ولذلك حول "نترب" التمسك بفكرة الزمان المطلق، كما اعتقد أن تفسير التناقضات بواسطة استحالة واقعيتها التجريبية لا يمكن النظر إليه بوصفه أمرًا ناجحًا بدوره.

على نحو صحيح – بأنهما قبليان. ومع ذلك تظل مشكلة الحد الأعلى للسرعة التي يمكن بلوغها، مشكلة فيزيائية تتعلق بعلم الفيزياء. ولذا فإن تعريف الزمان يعتمد بدوره على وقائع تجريبية، وذلك في حالة التمسك بالمبدأ القائل بأنه يمكن اختيار العصا اليادية Yardstick كمقياس معياري طالما كانت مقربة بطريقة تجريبية (مبدأ التقريب النسبي)، ومن هنا فإن اكتشاف أينشتين أنه لا يمكن تعريف مجموعة إحداثية إلا بعملية فيزيائية للانتشار، قد أوجد صلة للربط بين هذه الأفكار.

وإذا وُصِفَ المبدأ القائل بوجود زمان مطلق بأنه مبدأ قبلي، فإن النتيجة الناجمة عن ذلك ستأتي مناقضة لعدد من المبادئ القبلية الأخرى، أو بتعبير أدق ستكون هذه المبادئ في مجملها متناقضة مع التجربة. فافتراض وجود زمان مطلق وإن كان معرَّفًا تجريبيًا بسرعات يمكن بلوغها، فإن هذا التعريف يتضمن قدرًا كبيرًا من التعسف. وقد يكون من المستحيل تقديم برهان تجريبي على عدم إمكان تجاوز سرعة الضوء. ولذا يتعين علينا أن نستدل من ملاحظتنا للسرعات الأقل أن سرعة الضوء تمثل السرعة القصوى. مثال ذلك، أننا نلاحظ أن الطاقة الحركية تصبح لا متناهية حين تقترب حركة الالكترونات من سرعة الضوء. وبما أنه ليس في وسعنا القيام بملاحظات لرصد حركة الضوء ذاتها، فإنه ينبغي علينا أن نعتمد دائمًا على استقراءات غير مباشرة. وحتى تجربة ميكلسون Michelson نفسها لا تمثل دليلاً إلا إذا استُبعدَت نظريات بالغة التعقيد من أجل استبقاء نظرية مألوفة تتعلق بتحصيل السرعات. إن أي استقراء غير مباشر له درجة احتمال معينة فحسب. وسوف نطلق على مبدأ استخدام الاستقراء غير المباشر الأعلى احتمالاً للمعطيات المستمدة بالملاحظة، اسم "مبدأ الاستقراء العادي" The Principle of Normal Induction. ومع أن مفهوم الاستقراء غير المباشر الأعلى احتمالاً ينطوي على اللاتحديد، فإنه ينبغي التأكيد على أن هذه الاستقراءات إذا أدت إلى تناقضات مع مسلمات معينة أصبحت هذه الاستقراءات مستحيلة، ويتحتم استبعادها من المجموعة المختارة للاستقراء غير المباشر الأعلى احتمالاً. ومع ذلك فهناك حالات غير محسوسة يكون اتخاذ مثل هذه الطريقة معها مناقضًا لمقتضيات البداهة. فمثلاً لو افترضنا أن الطاقة الحركية للالكترون تحددها تجريبيًا سرعات تتراوح من صفر إلى ٩٠ ٪ من سرعة

الضوء. ويتم التعبير عنها برسم بياني على شكل منحنى بحيث يكون من الواضح عند نقطة ١٠٠٪ أنها تتطابق مع الخط المقارب Asymptote. ولن يذهب أحد إلى القول بأن المنحنى سوف يصنع نتوءًا بين المسافة ٩٩٪ و١٠٠٪ وأنه يستمر إلى ما لا نهاية عند السرعات اللامتناهية العلو فحسب. والواقع أن القول بثبات سرعة الضوء يستند إلى معطيات تجريبية، ومن ضمنها تجربة ميكلسون، وهي لا تقل من حيث الاحتمال عن المثل الذي ذكرناه. وسوف نقتصر، في هذا الموضع، على توضيح مبدأ الاستقراء العادي كي نبين طابعه القبلي فى ضوء معيار الوضوح الذاتي، أما في الفصل الرابع فسوف نتناول بمزيد من التفصيل مكانة هذا المبدأ من الناحية المعرفية.

ويمكننا أن نؤكد، وفقًا لنظرية النسبية الخاصة، أن المبادئ الآتية في مجملها تتعارض مع الملاحظات التجريبية:

* مبدأ نسبية الإحداثيات المتحركة بانتظام.
* مبدأ عدم قابلية السببية للانعكاس.
* مبدأ التأثير بالتلامس.
* مبدأ التقريب النسبي.
* مبدأ الاستقراء العادي.
* مبدأ الزمان المطلق.

إن هذه المبادئ جميعها يمكن تبرير تسميتها بأنه قبلية، حتى وإن لم يكن "كانط" قد وصفها جميعًا بأنها قبلية. فهذه المبادئ كلها تتوافر فيها درجة عالية من معيار الوضوح الذاتي، فضلاً عن أنها تمثل مسلمات أساسية يتم افتراضها دائمًا في مجال علم الفيزياء. ولقد ذكرنا هذه الصفة لا لشيء إلا لتوضيح أن الاعتراض المذكور يتغير بتغير المشكلة من فيزيائية إلى فلسفية. وإذا كان هناك موقف رافض لوجهة نظرنا، أو موقف معارض للوضوح الذاتي لبعض هذه المبادئ – كالمبدأ القائل بالتأثير بالتلامس مثلاً – فلن يجدي مع هذا الموقف تبرير ما ذهبنا إليه من رأي. إن



obeikandi.com

هذه المبادئ يمكن النظر إليها بوصفها قضايا تجريبية، في حالة ما إذا لزم عنها مبدأ الاستقراء العادي الذي ذكرناه على حدة في القائمة السابقة.

ولابد من الإشارة إلى أن الافتراضات التي ترتكز عليها نظرية النسبية الخاصة لا تناقض مع مبدأ السببية، بل على العكس يحقق لها هذا المبدأ تميزًا خاصًا، إذ تتصف تلك التعاقبات الزمنية التي يُنْظَر إليها على أنها سلسلة سببية بعدم قابليتها للانعكاس. وبهذه الطريقة يقوم مبدأ السببية من الناحية الموضوعية بترتيب تعاقبات الزمن، في حين أن الزمن ذاته لا تتوافر فيه علاقات ترتيب موضوعية.

ولقد صاغ منكوفسكي Minkofski فكرة أينشتين على نحو جعلها أكثر وضوحًا. فهو يُعَّرف الإحداثي س٤ = ع حـ ز، ويشتق تحويل لورنتز Lorentz Transformation من المبدأ القائل بأن عنصر الخط رباعي الأبعاد.

$$\text{م ك}^2 = \sum_{1}^{4} \text{م س ر}^2$$

يكون ثابتًا، بمعنى أن التحويلات لا تُبْطل هذا التعبير البسيط للممتد. إن هذا التعبير يتضمن مبدأ نسبية كل المجموعات المتحركة بانتظام، ويتضمن كذلك مبدأ ثبات سرعة الضوء. ولذا يمكن ضم المبدأين في مبدأ "نسبية كل التحويلات المتعامدة لعالَم منكوفسكى". وسينطوي تحته بطريقة آلية مبدأ ثبات سرعة الضوء. فهذه السرعة هي معامل وحدة القياس التي ينبغي أن يزداد عن طريقها الزمن المقاس بالثواني كي يصبح مكافئًا للمحاور المكانية المقيسة بالسنتيمترات ويضم إليها في نسق مماثل أربعة أضعاف. وإذا اختلف هذا المعامل بالنسبة لكل النظم المستقلة، فسوف يتعارض مع نسبة المتصل الرباعي الأبعاد.

ومع ذلك، ينبغي أن نلاحظ أن مبدأ منكوفسكي هو مجرد صياغة أكثر اتساقًا وخصوبة لنفس فكرة أينشتين، فهو لم يغير من المضمون الفيزيائي والفلسفي لهذه الفكرة. إذ إن هذا المبدأ لا يقضي بتعديل فكرتنا عن المكان، لأن إدخال الإحداثي الرابع هو مجرد وسيلة صورية. كما أنه لم يقل– كما يُعْتَقد أحيانًا– بتبادلية المكان والزمان، بل على العكس، تختلف المتجهات المكانية عن المتجهات الزمانية في عالَم

منكوفسكي بصورة أساسية، بحيث لا يمكن تحويل كل منهما إلى الأخرى بواسطة أي تحويل ممكن فيزيائيًا.

إن معرفة إلى أي مدى غيرت نظرية النسبية العامة من فروض النظرية الخاصة، وما إذا كان يمكن التمسك بمصطلحاتنا مع افتراض معرفة اكتشافات النظرية العامة، هي من الأمور التي مازالت بحاجة إلى بحث، إذ إن مبدأ ثبات سرعة الضوء الذي لعب دورًا هامًا في تشكيل أفكارنا قد حلت النظرية الجديدة محله.

ووفقًا لنظرية آينشتين العامة، لا تسري النسبية الخاصة إلا على حالة خاصة من مجالات الجاذبية المتجانسة، أما بالنسبة للمجالات الأخرى، مثل المجالات المركزية لنظامنا الكوكبي، فلا يُسْتَخدم بالنسبة لها فرض بسيط كالفرض القائل بثبات سرعة الضوء. ومن ثمَّ فإن النظرية الخاصة تصدق على مجالات محدودة للغاية. فهي تصدق بالنسبة للمجالات التي تكون فيها شدة المجال متجانسة ومتساوية الاتجاهات تقريبًا من خلال إدراكها فقط في الأبعاد الصغيرة. وسيكون من الصعب أن تمتد إلى ما يتجاوز مدى الإبصار الإنساني. وإذا ما أردنا تعريف تزامن حادثين في نسق إحداثي أكبر تصفه مجالات جاذبية مركزية، فعلينا أن نضع فرضًا أكثر تعقيدًا لعملية انتشار الضوء، وتحدد أشعة الضوء- وفقًا لهذا الفرض- شتى أجزاء المسار المنحني التي تمر بها الأشعة بسرعات مختلفة. ويعتمد التزامن بدوره على اختيار الإحداثيات، وسوف تكون له دلالة نسبية فحسب، وبالتالي يظل التناقض مع وجهة النظر القديمة قائمًا. ولكن إذا كانت السرعات الأعلى من س = ٣.١٠ $^{١٠}$ سم/ثانية محتملة بالنسبة للضوء نفسه، فإنه لا يمكن التخلي عن السؤال الخاص بما إذا كان طابع هذه السرعة يمثل الحد الأعلى.

وليست هذه هي الحقيقة، لأن سرعة الضوء هي سرعة حدّية (أو نهائية) حتى في مجالات الجاذبية، رغم أن قيمتها العددية مختلفة. ولا وجود لأية عمليات فيزيائية تنتقل بسرعة أعلى من سرعة الضوء. وبالنسبة لكل عنصر من عناصر حجم المكان تكون للسرعة س قيمة عددية معينة لا يمكن تجاوزها بأية عملية فيزيائية. وهذه القيمة العددية لها كل خصائص الثابت المستخدم من قبل س = ٣.١٠ $^{١٠}$ وذلك في حالة ما إذا كان نسق القصور الذاتي محددًا بالنسبة لعنصر الحجم. وحتى لو كان الحد

الأعلى لكل السرعات يغير من قيمته العددية من مكان إلى آخر، فإنه يظل على الدوام حدًا أعلى. ولذا فإن أفكارنا السابقة والتناقض الذي أكدناه والخاص بالمبادئ القبلية ينطبق على كل عنصر للحجم. ووفقًا لنظرية النسبية الخاصة لا يمكن تطبيق تعريف الزمان إلا على مثل هذه العناصر.

ومع ذلك، يمكن توجيه اعتراض آخر: فلقد كان أمرًا ضروريًا أن نضع في اعتبارنا أن المرء لا يمكنه حتى الحديث عن اقتراب تدريجي من الزمان المطلق، لأن هذا المفهوم لا يمكن التمسك به على أنه مثال أعلى حتى وإن كان بعيد المنال وسيكون مقنعًا بالتدريج. هل هو مستحيل على الأقل، من وجهة نظر النظرية العامة، لتكوين إحداثي للرقم التسعفى س > ٣.١٠ ^١٠ لعنصر الحجم من أجل تقريب الزمان المطلق من درجة دقة اعتباطية؟.

إن هذا ليس ممكنًا. فالرقم س يعتمد، بالنسبة لعنصر الحجم المختار، على توزيع الكتل في الكون، ولن تزداد قيمته إلا إذا زادت كثافة الكتلة الكلية للكون. ومع ذلك فإننا لا نرغب في استبعاد حدوث التغير من إطار الإمكانية الفيزيائية. فالحقيقة الأساسية هي أنه مع حدوث هذا التغير فإن حالة عنصر الحجم سوف تتغير بدورها. وكل الساعات وقضبان القياس في عنصر الحجم سوف تختبر تشويه الهندسة اللاأقليدية مع النتيجة القائلة بأن القياسات الأولى للزمن لا يمكن مقارنتها بالقياسات الأخيرة له. فحتى وإن لم نستطيع تحقيق هذا التغير لكثافة الكتلة، فليس من الصواب أن ننظر إلى مقياس الزمن للثابت الأكبر س بوصفه زيادة في دقة نسبته إلى الثابت السابق. إن الحقيقة القائلة إن الثابت س له قيم أكبر تعبر دائمًا عن علاقة بوحدة الساعة القياسية، ولكن إذا تأثرت الساعة القياسية نفسها بالتغير، فإن عملية المقارنة بالحالة الأولى تفقد معناها. ويبدو أنه من الأنسب مثلاً التمسك بقيمة الثابت س بوضع س=١ بالنسبة لكل نظم القصور الذاتي (كما يحدث مرارًا) وتحديد التغير في الساعات القياسية بواسطة هذا التعريف.

ومن الملاحظ أن هذه العلاقات تختلف عن عمليات فيزيائية أخرى. وإذا ازدادت الدقة في تنظيم فيزيائي Physical Arrangement ما– وهذا ممكن على الدوام دون إحداث تغيير أساسي في التنظيم نفسه– فإن أجزاء معينة فحسب من التنظيم هي التي يطرأ عليها تغيير. وإذا استُخْدِمَ المقذوف بوصفه إشارة لزيادة الدقة،

فإنه يمكن زيادة سرعته عن طريق دالة عمليات مستقلة معينة. فكل طرق القياس يمكن مقارنتها في هذه الحالة وحدها. وتبقى حقيقة أنه يوجد في داخل كل حالة كونية حد أعلى لـ س بالنسبة لكل عنصر من عناصر الحجم. وبالتالي فإن التناقض الذي ذُكِرَ من قبل، يظل قائمًا حتى إذا أُدْمجت نظرية النسبية الخاصة كحالة خاصة في النظرية العامة.

ونحن نضيف هذا التحليل لنوضح فقط أن النظرية العامة لم تؤد إلى ترك المبدأ الإبستمولوجي للنظرية الخاصة. أما نظرية النسبية العامة فهي مسألة خاصة ينبغي تناولها بالتحليل في الفصل التالي.



obeikandl.com