

الفصل الثالث

التناقضات التي أكدتها نظرية النسبية العامة

سوف نتناول الآن بالبحث نظرية النسبية العامة، وهي النظرية التي أكدت أنه ليس ثمة ضرورة لافتراض أن الواقع الفيزيائي ذو خواص أقليدية. ولنا أن نتساءل: ما هي مبادئ والتجارب التي تبرر نظرية النسبية العامة؟ ولماذا يُصَفُّ الفرض القائل بأن المكان ذو خواص أقليدية بأنه فرض باطل؟

يقول أينشتين في مؤلفه الرئيسي:

"إنني لا اعتزم أن أعرض في هذا البحث نظرية النسبية العامة في أبسط صورها المنطقية التي تتحدد بواسطة أقل عدد من البديهيات، وإنما هدفي الأساسي هو إقامة هذه النظرية على نحو من شأنه أن يساعد القارئ على الاهتمام إلى الاستدلال الحدسي، وجعل الفروض الأساسية المسبقة تستند بقدر الإمكان إلى التجربة"^(٧).

إنه لأمر طبيعي أن يسوق عالم الفيزياء هذا النوع من التبرير، لأنه لا يهدف إلى التمسك الشديد بالمبادئ الفلسفية، وإنما هدفه هو أن تكون البناءات المنطقية لنظرياته مطابقة بدقة للواقع. وعلى الجانب الآخر لابد للفيلسوف من أن يطالب بتبرير لعملية التخلي عن المبادئ الأساسية للغاية، كذلك المبادئ التي تتضمنها الهندسة الأقليدية. وبتابعنا لهذه النصيحة المتعلقة بتبرير النظرية، سوف نكتشف أن

(٧) A.Einstein, Grundlage Der Allgemeinen Relativitatstheorie, Ann. D. Phys., Ser. Vol. 49.P777.

العرض الذي قدمه أينشتاين هو في واقع الأمر أكثر عمقاً مما ورد في الاقتباس السابق.

ولقد أكدنا من قبل، أثناء مناقشتنا لنظرية النسبية الخاصة، على أن النسبية العامة لكل المجموعات الإحداثية هي شرط واضح للفلسفة النقدية، وبالتالي لسنا في حاجة إلى بحثها هنا من جديد. ومع ذلك فمن حقنا أن نطرح هذا السؤال: لماذا يؤدي هذا الشرط إلى رفض المكان الأقليدي؟

ولنتخيل مجال جاذبية متجانساً ومتسعاً يتضمن نسقاً للقصور الذاتي. إن مجال الجاذبية في هذا النسق الإحداثي يساوي صفراً عند كل نقطة. ونحن نعلم أن عنصر الخط الرباعي الأبعاد:

$$m^2 = \sum_1^4 m^2 ds^2$$

يمكن التعبير عنه بوصفه مجموع مربعات الإحداثي التفاضلي. وإذا أدخلنا الآن إحداثيات جديدة بواسطة بديل تحكمي An Arbitrary Substitution، كأن نفترض أنه إذا انتسب نظام ذو عجلة قصور ذاتي، فإن عنصر الخط لن يحتفظ بصورة البسيطة، وإنما ستتغير هذه الصورة إلى صيغة مختلطة ثنائية الدرجة.

$$m^2 = \sum_1^4 m^2 ds^2 + 2 \sum_1^2 m^2 ds^2 + \sum_1^2 m^2 ds^2$$

إن مثل هذه الصيغة هي في رأي "جاوس" Gauss و"ريمان" Riemann صفة مميزة للهندسة اللاأقليدية^(*). فالمعاملات ح م ن لها وجود في هذه الهندسة، وتتجلى

(*) إننا نحتفظ بالمعنى الاصطلاحي لكلمة "أقليدي" بالنسبة للمتتوع الرباعي الأبعاد. على الرغم من أن الأفكار التالية تنطبق على متصل الزمان-مكان الرباعي الأبعاد، كما تنطبق أيضاً على المكان الثلاثي الأبعاد الذي يحدده هذا المتصل. فإذا كان الأول يبين الأنحاء الريماني، فإن الثاني يكون منحنيًا بالضرورة، وإذا كان الأول أقليديًا، فإن الثاني يمكنه أن يتخذ على الدوام الشكل الأقليدي. وللمقارنة بين هذين المتصلين انظر: (Erwin Freundlich, Die Grundlagen Der Einsteinschen Gravitations- Theorie Berlin: Julius Springer, 1920, PP. 29 FF.)

بذاتها من خلال انتساب عجلة مجموعة الأحداثيات الثانية إلى مجموعة القصور الذاتي. ولما كان اطراد السرعة Acceleration يميز مباشرةً مجال الجاذبية هذا. وعلى ذلك نلاحظ أن الانتقال من مجال جاذبية حر إلى مجال الجاذبية مرتبط بالانتقال إلى الأحداثيات اللاأقليدية، وأن مقياس هذه الأحداثيات هو مقياس مجال الجاذبية. ولقد استدل أينشتين من ذلك على أن كل مجال للجاذبية- وليس المجالات الناشئة عن التحويل- إنما يظهر بواسطة الانحراف عن الهندسة الأقليدية.

وعلى ذلك، فنحن أمام عملية استكمال (*) Extrapolation المجموعة من الخارج، ويمكن على الدوام القيام بعمليات استكمال خارجي بطريقة مختلفة، ولنا أن نتساءل عن تلك المبادئ التي أدت إلى الاستكمال الأينشتيني The Einsteinian Extrapolatio.

ولنلق نظرة فاحصة على مجال الجاذبية الذي سبق وصفه. إن هذا المثال يوضح أن مبدأ النسبية العامة يؤدي إلى إحداثيات لا أقليدية لابد من قبولها على الأساس نفسه الذي تم بمقتضاه قبول الأحداثيات الأقليدية. غير أن متصل الزمان- مكان اللاأقليدي له أصل متميز، وهو: أنه يمكن اختيار الأحداثيات في هذا المتصل بحيث يكون عنصر الخط أقليدياً عند كل نقطة. إن هذه النتيجة تمثل قيداً ثقيلاً بالنسبة للنسق الإحداثي اللاأقليدي. إذ يترتب على ذلك مثلاً أن مقياس الانحناء الريماني لهذا النسق سيكون صفراً عند كل نقطة. إن هذا المكان الذي يبدو لا أقليدياً خالصاً، لن يختلف من حيث بناؤه عن المكان الأقليدي. ومن ناحية أخرى فإنه يمكن التعبير عن المكان الأقليدي الثلاثي الأبعاد بواسطة إحداثيات لا أقليدية. ولن يحتاج المرء إلا إلى اختيار أي إحداثيات للمنحنى المائل، وسوف يتحول عنصر الخط إلى تعبير مختلط ثنائي الدرجة. وحتى الأحداثيات القطبية العادية تمدنا بتعبير مختلف

(*) الاستكمال Extrapolation هو العملية الرياضية التي يمكن بواسطتها إيجاد الحدود المجهولة التي تقع خارج جملة حدود معلومة من متسلسلة معينة، أو بمعنى أعم، إذا علمت لمتغير ما جملة قيم تناظر جملة قيم أخرى لمتغير آخر، فعملية الاستكمال هي إيجاد قيم المتغير الأول التي تناظر قيم المتغير الثاني التي تقع خارج قيمة المعلومة. (مجمع اللغة العربية، مجموعة المصطلحات العلمية والفنية التي أقرها المجمع، المجلد الثاني، القاهرة، ١٩٦٠، صفحة ٣٤).

(المترجم)

عن الكمية الخالصة ثنائية الدرجة بالنسبة لعنصر الخط. وإذا تم تجاهل الطابع الحدسي لهذه الإحداثيات، وإذا تم التعامل معها بوصفها متصلًا ثلاثي المحاور Three - axial Manifold مماثلًا للمحاور الثلاثية للمكان، فإنها سوف تعبر عن المكان لا أفليدي. ويمكن النظر إلى العرض الذي قدمه أينشتين للمكان - بواسطة الإحداثيات القطبية - بوصفه نوعًا من الإسقاط على المكان اللاأفليدي، ومن ثمَّ سيظل مقياس الانحناء صفرًا.

إن المثال الذي اختبرناه يقتصر على بيان التكافؤ بين الأمكنة شبه اللاأفليدية والأمكنة الأفليدية. ولما كانت نظرية أينشتين قد أكدت حاجة الإحداثيات اللاأفليدية الحقيقية للانتقال من مجالات الجاذبية المتجانسة إلى مجالات غير المتجانسة التعسفية، فإن نظريته قد تجاوزت بشكل أساسي مضمون المثال الذي قدمناه. إذ تقرر نظريته بصورة عامة، إنه ليس من الممكن إقامة إحداثيات أفليدية. ولذلك فنحن أمام عملية استكمال بعيدة المدى. إذ إن النظرية تجيز التحويل إستنادًا إلى إحداثيات أفليدية حتى في الحالة العامة، أي في الحالة التي يكون فيها المكان الممتلئ محتفظًا بالانحناء صفر، وهي تبدو أكثر إقناعًا.

إن المثال الذي قدمه أينشتين عن القرص الدائري الدوّار^(٨) A Rotating Circular Disk لا يوضح وجود ضرورة بالنسبة للاستكمال بعيد المدى. إذ من الصحيح أن أي ملاحظ بشري يستقر على القرص ويدور معه سوف يتوصل إلى قيمة أكبر من ط^(*) بالنسبة لخارج قسمة محيط دائرة القرص وقطرها، وبالتالي ستكون الهندسة بالنسبة له في هذه الحالة ذات طابع لا أفليدي. غير أن هذا الملاحظ سرعان ما يكتشف أن النتائج المترية يمكن تبسيطها إذا ما قام بوضع مجموعة دوائر، أي مجموعة تدور بسرعة مساوية في الاتجاه العكسي لحركة دوران

(8) Ibid., P. 774 .

انظر أيضًا العرض الرائع الذي قدمه "بلوخ"

W. Bloch,; Einführung in die Relativitäts- Theorie (Leipzig, Teubner), 1918, P. 95.

(*) ط: النسبة التقريبية بين محيط الدائرة وقطرها، وهي = ٣.١٤١٦ (المترجم)

القرص، وعلى ذلك سيظل ثابتاً بالنسبة للسطح المحيط، وبالنسبة لمجموعة الإسناد. وفي مقدور هذا الشخص وصف كل الحوادث وفقاً للهندسة الأقليدية، كما في مقدوره أيضاً تحديد الوقت المتزامن لهذه المجموعة (والذي لا يكون ممكناً بالنسبة للقرص نفسه). ويمكن أن تلعب مجموعة الإسناد بالنسبة لهذا الشخص دوراً مماثلاً لدور مجموعة القصور الذاتي للنظام الشمسي الذي الذي يفترضه علماء الفلك بالنسبة للمعادلات النيوتينية. ومع ذلك فإن هندسة القرص الدائري الدوّار هي أيضاً هندسة شبه لا أقليدية، إذ إن مقياس انحنائها يساوي صفرًا.

إن الشك في أن تكون هناك نظرية في الجاذبية لها قدر أقل من الاستكمال البعيد المدى عما لنظرية أينشتين هو أمر ممكن، وسوف تقدم الشروط التالية لها:

أ- لأبد أن تصبح النظرية مكافئة لنظرية النسبية الخاصة فيما يتعلق بالمجالات المتجانسة.

ب- لا بد أن تسمح النظرية، في كل الأحوال، باختيار إحداثيات أقليدية.

إن إقامة مثل هذه النظرية هي بالتأكيد أمر ممكن، إذ إن الشرطين لا يناقض أي منهما الآخر. فالمجموعة الإحداثية المحددة، مثلاً يمكن التوصل إليها بمقتضى الشرط (ب) عن طريق قياس شدة المجال عند كل نقطة من نقاط المجال، كما يمكن التوصل إليها بحساب القيمة المتوسطة لكل قوى المجال، وأيضاً بواسطة تحديد أن المتوسط في هذه المجموعة قد أصبح هو الحد الأدنى. أما بالنسبة لثبات شدة المجال، أي بالنسبة لتجانس المجال، فإن المتوسط يساوي ثبات شدة المجال. إن هذه المجموعة ستكون مجموعة قصور ذاتي. وعلى هذا النحو ترتبط النظرية العامة بحالة خاصة للمجال، المتجانس، كما ترتبط بنظرية النسبية الخاصة. وبطبيعة الحال لا بد أن يُختبر تجريبياً الفرض الموضوع بالنسبة للمجموعة الخاصة. والجدير بالملاحظة أن مثل هذه المجموعة بالغة التميز لا تتعارض مع نسبية الإحداثيات. وأنه لأمر طبيعي للغاية أن يتم التعبير عن المكان بطريقة متميزة في الأنساق الهندسية المختلفة. ومن ثم فإن مجال الجاذبية المتجانس يتم تمييزه أيضاً بواسطة النسق الأقليدي.

ومع ذلك، فإن الشرط (أ) ليس من وضع أينشتين، رغم أنه قد أكد أيضًا على تقريب متتال لنظريته إلى النظرية الخاصة. ويحقق الشرط (أ) هذه الطريقة التقريبية بمساحة لقوى المجال أن تصبح مساوية كل منها الأخر عند النقاط المختلفة، بينما يحافظ على ثبات المجالات المكانية. ومع هذا فإن هناك صورة أخرى للتقريب. إذ يتم النظر إلى شدة المجال على أنها وظيفة دائمة للمكان، وفي مثل هذه الحالة تكون المجالات المتناهية الصغر للمجال متجانسة. وعلى ذلك يمكننا الانتقال إلى المجال المتجانس بواسطة السماح للمجال المكاني أن يصبح أصغر فأصغر بينما نحفظ بشدة المجال. وفي مقدورنا أن نحقق هذا الانتقال عند كل نقطة من نقاط المجال، كما يمكننا بالتالي أن نتبع فرض أينشتين الخاص بعملية الاستكمال.

ج - لا بد للنظرية - عند كل نقطة من نقاط المجال - أن تتحول إلى نظرية نسبية خاصة للمجالات المتناهية الصغر.

وإننا نتساءل: هل الشرطان (ب) و (ج) متوافقان ؟

فالتخيل مجالاً صغيراً ج¹ - ضمن مجال جاذبية غير متجانس - يُنظر إليه على أنه متجانس بقدر كاف. ويمكننا أن نختار في هذا المجال الصغير مجموعة قصور ك¹ تختفي فيها شدة المجال. إن المجموعة التي تكون أفليدية عند كل نقطة من نقاط المجال وفقاً للشرط (ب)، لا بد مع ذلك من أن تنتمي إلى فئة المجموعات المتحركة بانتظام والتي يتغير شكلها بالنسبة إلى ك¹، وإلا لما كان في وسعها أن تكون أفليدية بالنسبة إلى ج¹. وسوف أقوم بتطبيق الفكرة نفسها على المسافة الثانية للمجال ج² التي تكون لشدة المجال فيه قيمة مختلفة عن تلك التي في ج¹. ولا بد أن تكون مجموعة القصور الذاتي ك² الموجودة في المجال ج² عبارة عن حركة ذات عجلة بالنسبة إلى ك¹، ومع ذلك لا تنتمي إلى فئة مجموعات القصور الذاتي في ج¹، ذلك لأن المجموعة تكون أفليدية - بمقتضى الشرط (ب) - عند كلا من النقطتين. ولا بد أن تنتمي إلى فئة ك¹، وذلك إلى فئة ك²، غير أن هذا يُعد تناقضاً، ولذلك فإن الشرط (ج) يتعارض مع الشرط (ب).

ويوضح هذا التحليل أنه لا بد من التخلي عن الطابع الأفليدي للمكان، إذا تم الانتقال من النظرية النسبية الخاصة إلى نظرية النسبية العامة عن طريق الاستكمال المتضمن في الشرط (ج) الذي قال به أينشتين. لذلك فإنه ليس ممكناً في مجال الجاذبية المفترض أن يتم اختيار الإحداثيات بطريقة تجعل عنصر الخط أفليدياً عند كل نقطة في نفس الوقت، ومن ثم فإن درجة انحناء الكتلة التي تملأ المكان لا تساوي صفراً.

وكما ذكرنا من قبل، فإن الشرط (ج) يعتمد من ناحية على تتابع مجال الجاذبية. ولما كان التتابع ليس خاصية للجاذبية فحسب، بل هو في الغالب شرط مسبق بالنسبة للمقادير الفيزيائية، فإنه يمكننا الحديث عن مبدأ اتصال يتعلق بالمقادير الفيزيائية، كما أن الشرط (ج) يعتمد من الناحية الأخرى على الحقيقة القائلة بأن خواص المجالات المكانية الصغيرة لا تختلف عن خواص المجالات المكانية الكبيرة، أي أن المكان متجانس. وعلى أساس هذا الفرض وحده يمكننا أن نطالب بأن تصدق نظرية النسبية الخاصة على اختيار المجالات الصغيرة إذا ظلت شدة مجال الجاذبية ثابتة بطريقة تقريبية. وإذا لم نفترض مسبقاً تجانس المكان، فإن الخطأ الناجم عن تصغير المجال قد يعادل تماماً تأثير حركة الارتفاع والانخفاض المصغرة لشدة المجال، ويمنع التقريب إلى نظرية النسبية الخاصة. وفي هذه الحالة، لن يكون الوصول إلى حد أمراً مقبولاً إلا بمقتضى الشرط (أ). ومن ناحية ثالثة، فإن الشرط (ج) يعتمد على مبدأ التكافؤ الذي قال به أينشتين، وذلك لأن الشرط (ج) يقرر أن كل مجال جاذبية متجانس - سواء أكان مجال تجاذب أم مجال قصور ذاتي - يمكنه أن يتحول إلى مجال قوة حر. إن هذا الأساس للشرط (ج) هو أساس تجريبي خالص. والواقع أن شرط التكافؤ يؤكد تكافؤ كتلتي الجاذبية والقصور الذاتي بالنسبة لكافة مجالات الجاذبية. ولا يمكن اختبار هذا التكافؤ إلا بطريقة تجريبية. ولا يمكن القيام بمثل هذا الاختبار التجريبي، حتى الآن إلا في مجال الكرة الأرضية، غير أن التكافؤ العام يمكن الاستدلال عليه بطريقة حدسية من خلال هذا الاختبار التجريبي.

إن في وسع المرء أن يصف المقادير الفيزيائية وتجانس المكان بأنهما مبدآن قبلين بالمعنى الكانطي. أما إذا عكسنا العلاقة فإنه يمكننا القول إن هذين المبدئين لا يسمحان لنا بالتنازل عن الشرط (ج) إلا إذا كانت كتلتنا الجاذبية والقصور الذاتي، في

الغالب غير متكافئين. إن هذه الفكرة تكافئ فكرة نبذ الاستقراء العادي من عملية تفسير الملاحظات المتعلقة بالموضوع، والتي تم القيام بها حتى الآن. ولما كان الشرط (ج) يتعارض مع الطبيعة الأقليدية للمكان، فإن الطبيعة الأقليدية للمكان مقترنة بالمبادئ الأخرى، تتطلب رفض الاستقراء العادي المرتبط بمسألة التكافؤ. إذا أطلقنا اسم "مبدأ تواصل القوانين" على المبدأ القائل بأن النظرية العامة تتجه نحو النظرية الخاصة بالنسبة للحالة الخاصة وأدرنا بواسطة مبدأ النسبية الخاصة المضمون الكلي لنظرية النسبية الخاصة بوصفه مجال قوة حر، فإنه يمكننا القول بأن النظرية العامة أوضحت أن المبادئ التالية في مجملها تتوافق مع التجربة:

- * مبدأ النسبية الخاصة.
- * مبدأ الاستقراء العادي.
- * مبدأ التغاير العام.
- * مبدأ تواصل القوانين.
- * مبدأ اتصال المقادير الفيزيائية.
- * مبدأ تجانس المكان.
- * مبدأ الطابع الأقليدي للمكان.

إن مجمل هذه المبادئ يتماشى مع الواقعة المستمدة بالملاحظة في مجال الجاذبية الأرضية، وهي تساوي كتلتي القصور الذاتي والجاذبية. ومع ذلك، فإن هذه المبادئ جميعها - عدا المبدأ الأول - هي مبادئ قبلية بالمعنى الكانطي. غير أن المبدأ الأول هو الذي يؤدي إلى إلغاء التناقض المتضمن في القائمة المماثلة والتي عرضناها في الفصل السابق (*).

(*) تضمن كتاب لاحق للمؤلف تصحيحاً لهذه الأفكار، إذ كتب ريشنباخ: "... إن النتيجة المترتبة على نسبية الهندسة، لا يمكن أن تحول بين الفيلسوف ذي الاتجاه القبلي وبين تمسكه بالهندسة الأقليدية، ومع ذلك فإنه سوف يواجه، في ظل الظروف التي ذكرناها من قبل، بصعوبة بالغة. لأنه إذا أراد أن يظل متمسكاً بالهندسة الأقليدية، فعليه أن يرفض مبدأ السببية العادي بوصفه مبدأ عامًا. ولكن مبدأ السببية هو

إذن فحن قد اكتشفنا الأساس الذي يبرر رفض التفسير الأقليدي للمكان، وبقي أمامنا أن نتحدث عن الطابع الخاص الذي يتصف به على ضوء المكان الأينشتيني.

إنه ليس من الصواب القول بأن المكان الأقليدي لم يعد له وجود في إطار نظرية أينشتين، إذ مازال اختياره متضمناً في الفرض القائل بأن المجال المتناهي الصغر هو مجال أقليدي. ولقد أطلق "ريمان" على هذه الخاصية اسم "سطح في أصغر العناصر" Planeness in the Smallest Elements. ويتم التعبير عن هذه الخاصية من صور مختلفة ثنائية الدرجة لعنصر الخط. ويترتب على هذه النقطة المفردة بوصفه كمية جبرية خالصة ثنائية الدرجة. وعلى ذلك يمكن على الدوام اختيار النسق الإحداثي بحيث يكون أقليدياً بالنسبة لمجال النقط المختارة بطريقة تحكمية. وهذا يعني - من وجهة النظر الفيزيائية - أنه بالنسبة للمجال متناهي الصغر يمكن على الدوام تحويل مجال الجاذبية مهما كانت طبيعية المجال في الجهات الأخرى. إذ لا يوجد فرق جوهري بين مجالات الجاذبية الساكنة ومجالات الجاذبية الناجمة عن التحويل. هذا هو مضمون أينشتين الخاص بتكافؤ كتلتي القصور الذاتي والجاذبية. وبالعكس فإن هذا الفرض هو الذي يبرر الصور الثنائية الدرجة لخط العنصر. كما يبرر الأساس الفيزيائي للسطح في أصغر العناصر. وإذا اختلفت العلاقات الفيزيائية، فإنه لا بد من اختيار الصيغة التفاضلية المختلفة بالنسبة لخط العنصر، والتي قد تكون رباعية الدرجة. وعلى ضوء ما سبق يفقد المكان الأقليدي أي وضع متميز.

إن الوضع الخاص للصيغة المختلطة الثنائية الدرجة لعنصر الخط. يمكنها أيضاً أن تتميز على النحو الآتي: إن الدالات العشر ح م ن المحددة قياسياً لا يمكن أن تكون

في نظر هذا الفيلسوف مبدأ قبلي، وعلى هذا النحو سوف يجد نفسه مضطراً إلى رفض أحد المبادئ القبليّة التي يؤمن بها. إنه لا يستطيع إنكار أن الواقع التي من النوع الذي وصفناه، إنما هي وقائع يمكنها أن تحدث بالفعل. ولنوضح ذلك بالحالة التي تكون فيها بازاء انطباعات حسية لا يستطيع المبادئ القبليّة أن تغيرها. ومن ثمّ فإن هناك حالات يمكن تصورها يفترض الفيلسوف بازائها مبدئين قبليين يناقض كل منهما الآخر. ويُعد هذا أقوى تفنيد لآراء الفيلسوف ذي الاتجاه القبلي".

H. Reichenbach. The Philosophy of Space and Time, (New Yurk: Dover Publications, 1958), P. 67, Cf. Also Note On P. 67.

ثابتة بصورة مطلقة. وإنما تعتمد على اختيار الإحداثيات. ومع ذلك لا تستقل إحداها عن الأخرى. وإذا كان أربع دالات منها معطاة، فإن إحداثيات الدالات الست الأخرى ستكون محددة أيضاً. وتعتبر هذه العلاقات عن الطابع المطلق لانحناء المكان. إن الدالات القياسية ح م ن ليست نسبية، أي أن اختيارها لا يكون تحكيمياً. ومع ذلك فإنه يمكن توضيح نوع آخر من النسبية: إذا كان أربع دالات منها معطاة، فإن إحداثيات الدالات الست الأخرى ستكون محددة أيضاً. وتعتبر هذه العلاقة عن الطابع المطلق لانحناء المكان. مرة أخرى نقول إن الدالات القياسية ح م ن ليست نسبية، أي أن اختيارها لا يكون تحكيمياً. ومع ذلك فإنه يمكن توضيح نوع آخر من النسبية: إذا كان لدينا عشرة أرقام تم اختيارها بطريقة جزافية، فإنه يمكن على الدوام اختيار مجموعة إحداثية بحيث تساوي المعاملات القياسية The Metric Coefficients - عند أي نقطة مفترضة بطريقة جزافية- هذه الأرقام العشرة (وبطبيعة الحال فإنه عند النقاط الأخرى لن تكون جزافية). ويمكن أن تسمى هذه الخاصية باسم "نسبية المعاملات القياسية" Relativity of the Metric Coefficients وهي تقول بأنه بالنسبة لنقطة مفترضة لن تكون المعاملات القياسية مطلقة. ومن اليسير إثبات أن هذه النسبية لا تصدق إلا على عنصر الخط المختلط ثنائي الدرجة، أما بالنسبة للصور الأخرى، كالتعبير التفاضلي الرباعي الدرجة مثلاً، فإن الاختيار الجزافي للأعداد لن يكون ممكناً. إن نظرية أينشتين - مع نسبية المعاملات القياسية - قد قدمت عنصراً جزافياً لوصف الطبيعة. وإذا كنا نؤكد على هذه الحقيقة فلأن مبدأ النسبية - بوجه خاص- يعبر عن الأساس التجريبي لتكافؤ كتلتي القصور الذاتي والجاذبية. ♦