

المكان والزمان

في فكر أينشتاين

د. عبد الحليم بوهلال/جامعة زيان عاشور الجلفة

أولا/ مقدمة*:

لا شك أن مفتاح المعرفة بيد المكان والزمان بما أنهما هما من يؤطران المعرفة، لذلك تصدت كل من الفلسفة والعلم لهما بالسؤال، بغية محاولة الإحاطة بحقيقة كل منهما. إذ أن حيازة مثل تلك الحقيقة سيشكل المنطلق الصحيح في السير في الطريق المضمون نحو معرفة حقيقة الوجود، فتاريخ الفلسفة ينبئننا بأنه لا يوجد فيلسوفا إلا وبحث جاهدا في موضوع المكان والزمان دارسا ومحللا.

ففي الفلسفة اليونانية سعى فلاسفة الطبيعة قبل سقراط (Socrate)، كزنيون الإيلي (Zénon d'élé) وديمقريطس الأبديري (Démocrite d'abdére)، بكل جهدهم من أجل الكشف عن حقيقةهما. كما تناولهما أفلاطون (Platon) بالدراسة، وخصص لهما أرسطو (Aristote) قسما أساسيا من كتاب (الطبيعة)، حيث تعرض لهما فيه بالتحليل والتمحيص. هذا وقد وقف عندهما أفلوطين (Plotin)، معلنا أنه احتار فيهما فكره، وإن حسنت بهما نفسه. وتناولهما القديس أوغسطين (Saint Augustin) بالسكوت وتعليق السؤال عنهما، فقد رأى أننا لا نعرفهما إلا بهكذا سلوك، فإذا سألنا عنهما جهلناهما. وفي الفلسفة الغربية برز كانط (Kant) مؤسسا عليهما فلسفة نقدية. هذا وغيرهم كثير.

وفي العلم أيضا، كان المكان والزمان مبحثا أساسيا، توقف عنده نيوتن (I. Newton) كثيرا فصاغ نظرية حولهما اعتبرت لزمن طويل على أنها قدمت التصور الأكمل عن الكون. لكن ومع ظهور نظرية النسبية تجلى في الأفق تصورا جديدا حول المكان

* - Abstract: The concept of place and time is considered as one of the most important issues that philosophers and scientists have expounded in search of its truth. The history of science and philosophy has advocated the importance given to them. If Newton had argued for absolute space and absolute time, Einstein's theory of relativity came to prove their relativity, which as a concept, greatly influenced the world and the philosophers' view of the universe. The principles of relativity created new philosophical positions. Gaston Bachelard, for example, announced the concept of epistemological break created by the theory of relativity with Newton's theory of physics. This article deals with the concepts of space and time in Einstein's work and investigates the nature of the approach that brought him to those concepts.

Keywords Place, time, Einstein, theory of relativity, epistemological break.

والزمان. فولدت بموجبه فلسفة جديدة حول الكون. فما هو المكان وما هو الزمان عند أينشتاين (A.Einstein)؟ وهل أحاط بحقيقتيهما؟ وما هو المنهج الذي استعمله أثناء الدراسة؟

ثانيا/ محاولة حل الإشكال:

1/ المكان والزمان في النسبية المقصورة:

1-1/ من أزمة الفيزياء النيوتونية إلى ميلاد النسبية المقصورة:

إن أهمية النظرية النسبية البالغة إستمدتها من مدى قدرتها على دفع العلماء والفلاسفة، إلى ضرورة إعادة النظر في مفاهيم العلم والفلسفة الأساسية، يقول هايزنبرج (Heisenberg): "فهم هذه النظرية أدرك العلماء لأول مرة الحاجة إلى التغيير في المبادئ الأساسية للفيزياء، على هذا فإن مناقشة المشاكل التي أثارها النظرية، وقامت بحل جزء منها، هذه المناقشة ترتبط ارتباطا وثيقا بمعالجتها للتضمينات الفلسفية للفيزياء الحديثة"¹. ومن بين أهم هذه المفاهيم التي اضطر العلماء إلى تغييرها، نجد مفهوم كل من المكان والزمان، مما دفع بهايزنبرج إلى الحديث عن وقوع تغيير جذري في بنية المكان والزمان.

وسر هذه القدرة التي تميزت بها هذه النظرية، يكمن في التصورات الجديدة التي أبدعتها، واستطاعت بفضلها أن تقدم أفضل وأشمل تصور للكون حسب الكثير من العلماء، فأزالت بذلك تلك الحيرة التي عاشها علماء نهاية القرن التاسع عشر، وحلت التناقضات التي أسفرت عن تجاربهم. يقول ألبرت أينشتاين في مذكراته التي تسمى بـ ملاحظاته الشخصية في مذكراته، مخاطبا نيوتن: "نيوتن، أعذرنى! إن الطريق التي افتتحتها كانت الوحيدة لرجل موهوب بذكاء لامع وبروح خلاقية يمكن إن يجدها في ذلك العصر، إن التصورات التي طورتها تقود كذلك اليوم حججنا في الفيزياء، حتى لو ما عرفنا أنه يجب علينا من الآن فصاعدا استبدالها بتصورات أخرى تسمح لنا وحدها، أبعد من التجربة المباشرة، إلى الوصول، إلى فهم أكثر عمقا للعلاقات بين الأشياء"².

¹ - هايزنبرج، فيرنر: الفيزياء والفلسفة، ترجمة أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ط1، سنة 1993، ص 77.

² - النص قلا عن: باليار، فرانسواز: أينشتاين غاليليو ونيوتن (المكان والنسبية)، ترجمة سالي آدم، المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع، بيروت، ط1، سنة 1993، ص 111.

إن أينشتاين لم يشك لحظة في أن تصوراته الجديدة، ترسي القواعد لبناء فيزيائي متميز، لا يشمل الفيزياء الكلاسيكية فحسب، بل ويتجاوز تناقضاتها. فيحقق بذلك أحد شروط القطيعة الاستمولوجية كما حددها باشلار.

هكذا انطلق أينشتاين من الأزمة التي انتهى إليها العلم الفيزيائي الكلاسيكي، والتي أوقعت العلماء في حيرة كبيرة، جعلتهم عاجزين عن فك لغز الطبيعة المكتشف، حيث جعل من نتائج تجربة ميكلسون (A. Michelson) ومورلي (E. Morley)، وتحولات لورنتز (H. Lorentz)، وأبحاث ماكسويل (J. Maxwell)، أساسا بنى عليه نظريته النسبية المقصورة سنة 1905.

ويمكن أن نشير إلى أن أول ما تفتن له أينشتاين هو أن الطبيعة لا تتأمر على أحد، في حين أن الذي جرى هو إساءة فهم العلماء لها². فما دامت التجارب قد أثبتت أن حركتنا لا يمكن ضبطها بدلالة الأثير، فهذا يعني بطلان فرضية ما يسمى بالأثير بل وموتها في نظره³. هذا وبما أن سرعة الأمواج الضوئية ثابتة ولا تتأثر بحركة المنبع. يقرر أينشتاين أنه بالإمكان اتخاذ هذه المكتشفات الجديدة، كمنطلق لبناء مفاهيم علمية مغايرة لتلك المعهودة، لهدم نتيجة ذلك أسس ومفاهيم الفيزياء النيوتونية، وعلى رأسها مفهومي: المكان المطلق والزمان المطلق، بل ومزج بين المكان والزمان.

2-1/ معلم النسبية المقصورة وفرضياتها:

لقد قام أينشتاين بدراسة الحوادث في إطار المنظومات المرجعية الغاليلية، وهي التي تُتصف فيها الحركة بأنها مستقيمة منتظمة، بمعنى أن التسارع فيها منعدم، فالمتحرك فيها تكون حركته مستقيمة لا تزيد ولا تنقص، فتبقى سرعته دائما ثابتة، والتي يعبر عنها رياضيا ب: $s = \text{سر ز} + 0$. هذا ويبقى اتجاه هذه الحركة ثابت لا يتغير⁴.

هذا وقد انطلق أينشتاين من فرضيتين: تنص الأولى منهما على أن: جميع القوانين الفيزيائية هي نفسها في جميع الأطر الإسنادية القصورية، مما يجعل الصيغة الرياضية لتلك القوانين واحدة وإن تغيرت الجمل العطالية، فلا توجد مرجعية

¹ - أينشتاين، ألبرت: النسبية، النظرية الخاصة والعامة، ترجمة رمسيس شحاتة ومراجعة محمد مرسي احمد، دار النهضة، القاهرة، بدون طبع، سنة 1965، ص 50.

² - داغر، مارسيل: النسبية من نيوتن إلى أينشتاين، وزارة الثقافة والإرشاد، سوريا، بدون طبع، بدون سنة، ص 164.

³ - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، ترجمة علي المنذر، أكاديا، بيروت، لبنان، ط 1، سنة 1993، ص 132.

⁴ - الجابري، محمد تايه: المهاج التجريبي وتطور الفكر العلمي (ج2)، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، لبنان، ط 2، سنة 1982، ص 119.

غالبية أفضل من أخرى، بل هي متساوية من حيث صلاحيتها في القياس¹. فإذا كان لدينا مثلاً قطاراً واقفاً، وآخر يتحرك بجانبه بسرعة منتظمة، فإن المراقب لن يجد فرقاً في حساباته القياسية، وهذا سواء يكون قد بناها على أساس أن القطار الأول هو الذي يتحرك. أو على أساس أن الثاني هو الذي كان يتحرك. ثم التجربة الحياتية البسيطة تثبت أننا وفي العادة: نشعر كركاب في القطار الواقف وكأن قطارنا هو الذي يتحرك وأن الآخر المتحرك بجانبنا هو الواقف الساكن.

أما الفرضية الثانية فتتنبأ على أن: أقصى سرعة في الكون هي سرعة الضوء وهي ثابتة²، لا تتغير أبداً وفي جميع الظروف، ولقد أثبتت الحسابات أنها تقدر بـ 300 ألف كلم / ث تقريباً. يقول أينشتاين: "إن قانون ثبوت سرعة الضوء في الفراغ قد أيده تقدم الكهرومغناطيسية والبصريات"³. وهذا ما جعل علماء الفيزياء ينظرون إلى هذه السرعة على أنها ثابت عالمي، بحيث لن تتغير قيمته وإن تغيرت المعالم العطالية⁴.

وانطلاقاً من هاتين الفرضيتين، ولأن التحويل التقليدي يتناقض مع الضوء من حيث أنه ثابت، استبعد أينشتاين هذا التحويل، واستخدم بدلاً عنه تحويلات لورنتز⁵. وما يمكن أن نلاحظه على فرضيتي أينشتاين أنهما يتميزان عن باقي الفرضيات الأخرى، من حيث أنهما أقيمتا على وقائع تجريبية، وهذا على عكس باقي علماء الفيزياء الذين انطلقوا من فرضيات تفتقد للبرهنة التجريبية، ثم إن بهاتين الفرضيتين سيتجاوز أينشتاين تماماً فكرة المكان المطلق والزمان المطلق.

1-3/ نسبية المكان:

إن أينشتاين من خلال رسالته: "الديناميكا الكهربائية للأجسام المتحركة"، التي نشر من خلالها نظرية النسبية المقصورة، يؤكد على أنه يمكن أن تبقى القوانين ثابتة، في حالة ما انتقلنا من مكان إلى آخر، بحيث يتحرك كل واحد منهما بالنسبة للآخر، إذا ما كان المكان نسبياً لا مطلقاً⁶. ذلك أن أينشتاين يعتقد أن فرضيته الأولى تتضمن

¹ - بوهلال، عبدالحليم: الاستمولوجيا كإطار للفيزياء المعاصرة، مؤسسة كنوز الحكمة للنشر والتوزيع، الجزائر، ط1، السداسي الأول 2017، ص 286.

² - Einstein, Albert: Quatre Conférences sur la Théorie de la Relativité, traduit de l'allemand par Maurice Solovine, dunod, Paris, 2005, P.22.

³ - أينشتاين، ألبرت: أفكار وأراء، إشراف محمد عبد الرحمن، شروق للنشر والتوزيع، القاهرة، ط1، سنة 2015 ص 30.

⁴ - معريش، عبد المجيد: رؤية فيزيائية لنظرية النسبية الخاصة، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، ط 1، 2011، ص 40.

⁵ - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 134.

⁶ - مشرفة، علي مصطفى: النظرية النسبية الخاصة، لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، بدون طبع، سنة 1945، ص 11.

أساسا، أن السرعة نسبية في كل الأحوال، لأن سرعة أي جسم تتحدد بالنسبة لجسم آخر. وإذا كان الجسم الأول هو المتحرك أو الثاني، فهذا لا يغير في النتيجة شيئا، مادامت أن المنظومة المرجعية لكل منهما هي منظومة مرجعية غاليلية، أي أن حركة كل منهما هي حركة مستقيمة منتظمة.

هذا ما جعل أينشتاين يقرر نتيجة ذلك أنه لا يوجد في الفضاء أي جسم يُمكن أن يتصف بالثبات المطلق، ليعدم بذلك في نظره ما يسمى بالأثير¹، وحينئذ لا وجود للمكان المطلق، فسرعة الجسم تختلف باختلاف المنظومات المرجعية من حيث الحركة والسكون².

على هذا الأساس اعتبر أينشتاين الميكانيكا النيوتونية معلقة بأكملها في الهواء، لأننا نجهل تماما نظام الإحداثيات الذي يمكن إرجاعها إليه³.

إن حركة السيارة مثلا، ستحدد سرعتها بحسب حركة المراقب أو سكونه، فإذا كان لدينا رجلا واقفا على الرصيف يراقب سيارة تسير بسرعة منتظمة تقدر بـ 120 كم/سا، فإن سرعتها بالنسبة لمن يتحرك وراءها بـ 100 كم/سا، وفي اتجاهها ستكون 20 كم/سا. أما سرعتها بالنسبة لمن يسير عكس اتجاهها، وبسرعة 100 كلم / سا، فستقدر بـ 220 كلم / سا. مما دفع بأينشتاين إلى أن يقرر بأنه يمكن أن نقول مع القدماء بأن الشمس هي التي تدور حول الأرض، كما يمكن أن نقول مع كوبرنيك بأن الأرض هي التي تدور حول الشمس، بما أنه لا يمكن أن نثبت وبشكل مطلق، بأن هناك جسم يتحرك والآخر ثابت⁴.

إن المكان في نظر أينشتاين مقدار متغير ونسبي⁵، لذلك رفض تماما أن يكون مطلقا. فما هو متاح لنا فقط هو وصفه بالنسبة إلى متغير آخر يكون بجواره، فإذا كنت تجلس الآن أمام التلفزيون مثلا، وتأملت نفسك، فإنك ستقول بأنك ثابت، إلا أن هذا الاعتقاد لا يكون صحيحا، إلا بالنسبة للتلفزيون والأرض. أما بالنسبة للكون فالأمر يتغير، لأنك والتلفزيون والأرض كلكم في حركة. وهكذا تصبح كل المفاهيم المرتبطة بالاتجاهات كالشمال والجنوب والشرق والغرب وفوق وتحت، ويمين

¹ - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 134.

² - المصدر السابق، ص 119.

³ - المصدر السابق: نفس الموضع.

⁴ - بوهلال، عبدالحلم: الاستقولوجيا كإطار للفيزياء المعاصرة، (مرجع سابق)، ص 303.

⁵ - رومر، لاندوا: ماهي النسبية؟، دار مير للطباعة والنشر، موسكو، ط 5، سنة 1983، ص 12.

وشمال وأسفل وأعلى مفاهيم نسبية¹، إذ نفتقد للمعيار الواحد الذي به نتمكن من تحديد مكان شيء ما على أساس أنه مقياس ثابت. كما لا نستطيع تحديد المسافة بين جسمين بشكل مطلق، ولا أن نحدد سرعة حركة جسم ما، وهذا يعني أن المكان والمسافة والحركة كلها تصورات نسبية، فلم يعد هناك المعلم الواحد الوحيد الذي يمكن أن نقيس على أساسه الحركة والوقت. يقول أينشتاين: "حين أسقط حجرا من نافذة قطار يجري، فإني أرى حركة سقوط الحجر مستقيمة نحو الأرض بينما يراها شخص يجري على الأرض خارج القطار حركة مائلة منحرفة، ولا معني للحركة المستقلة عن الملاحظ ولا عن المجال الذي تحرك فيه"².

وما يمكن الإشارة إليه أن نسبية المكان التي يتكلم عنها أينشتاين هي نسبية فيزيائية، فملاحظة شيء ما من مكان واحد من طرف مجموعة من الملاحظين، فإنهم سيشترون في رصدهم للحركة أو المسافة. لكن إذا كان كل واحد منهم موجودا في كوكب مختلف، فإنهم سيختلفون في رصدهم للمسافة والحركة. فمقياس الحركة والمسافة المكانية وإن كانت تبقى من الأمور الموضوعية التي يمكن أن تقاس بالآلات، إلا أن هذه القياسات ستختلف باختلاف المكان الذي ترصد منه.

ويذهب أينشتاين إلى أن المكان هو مجرد ترتيب للأشياء المتجاورة، وأنه ليس مفصول الصلة عن الأجسام، يقول أينشتاين: "المكان ليس منفصلا عن الأجسام، وليست الأجسام المادية في مكان، وإنما هي امتداد مكاني، وبالتالي يفقد المكان الفارغ (الخلاء) معناه"³.

إن المكان إذا، لا يوجد إلا بالأشياء الموجودة فيه، وهذا يعني أن برفض أينشتاين لوجود المكان الفارغ، يتجاوز بذلك تصور نيوتن عن المكان، الذي بموجبه: يوجد مستقلا عن الأشياء التي توضع فيه. وفي المقابل انتصر لتصوير ديكرت المتعلق بالمكان. يقول أينشتاين في نص موجه إلى مورييس سولقين (Mouris Sulgune): "إن ديكرت يحتاج تقريبا بالطريقة الآتية: المكان منتهاه مع الامتداد: الامتداد مرتبط

¹ - المرجع السابق: ص 5-6.

² - أينشتاين، ألبرت: النسبية، النظرية الخاصة والعامة، (مصدر سابق)، ص 15.

³ - المصدر السابق: المقدمة.

بالجسم، وبالنتيجة ليس هناك من مكان بدون أجسام، أي ليس هناك من مكان فارغ¹.

ويستدل أينشتاين على استحالة وجود المكان الفارغ، على أساس أنه لا يمكن تصور المكان إلا إذا كان مسبقا بالموضع، ويمكن أن نفهم وبكل سهولة هذا السبق نفسيا. ويقصد بالموضع القطع الصغيرة من المسافة الأرضية. فلا يمكن اعتباره مستقلا عن الشيء المادي، فالشيء الذي يخصصه الموضع هو الجسم، لذلك لا يبقى هناك أي معنى للمكان الفارغ².

1-4/ نسبية الزمان:

بعد ما تبين لأينشتاين أن الأبعاد المكانية الثلاثة (الطول والعرض والارتفاع) نسبية. ولأن الإنسان يعيش في عالم ذي أربعة أبعاد، اعتقد أن الزمان أيضا مفهوما نسبيا، إذ لم يقتنع بموقف العلماء الذين سبقوه من فكرة الزمان، وعلى رأسهم نيوتن. فالزمان المطلق الذي يجري بالتساوي دون أية علاقة بأي مؤثر خارجي، لم يعد يعتبره مقولة علمية، ولا عقلية يمكن أن تتصف بالثبات المطلق.

إن أينشتاين يقرر بأن الزمان هو مجرد ترتيب للحوادث المتعاقبة، مما يجعلنا غير قادرين حسبه على ضبط فترة زمنية أو وقوع حادث ما على مستوى الكون كله، لأننا لا نمتلك مقياسا ثابتا يمكن أن نعتمد عليه في ذلك، مما يعني أن لكل عالم زمانه المحلي الخاص به³. أي أن تقدير الزمن يختلف من كوكب لآخر. ونظرا لذلك يرى أينشتاين أنه لابد عندما نريد قياس زمان الحوادث، أن يكون ذلك بالنسبة للكوكب الذي نقيس فيه. وهذا ما يجعل فكرة الزمان المطلق، فكرة لا معنى لها، فكلومات مثل: الآن، وقبل، وبعد، وغيرها... تصبح كلها تصورات نسبية.

وللبرهنة على نسبية الزمان يقدم لنا أينشتاين هذا المثال: إذا كان لدينا مراقبين في نظامين اثنين، وكان لكل منهما قضيب مزود بعدد من الساعات، على أن يكون تحديد تزامن هذه الساعات بواسطة إشارات تتحرك بسرعة الضوء⁴. فإن الملاحظة التي سنسجلها عندما تتحرك هذه الساعات في كل نظام بشكل منتظم بالنسبة

¹ - فلا عن: باليار، فرانسواز: أينشتاين غاليليو ونيوتن، المكان والنسبية، (مرجع سابق)، ص 112.

² - المرجع السابق: نفس الموضع.

³ - مرجع: محمد عبد الرحمن: أينشتاين، دار الفد للطباعة والنشر، لبنان، بدون طبعة، بدون سنة، ص 92.

⁴ - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 139.

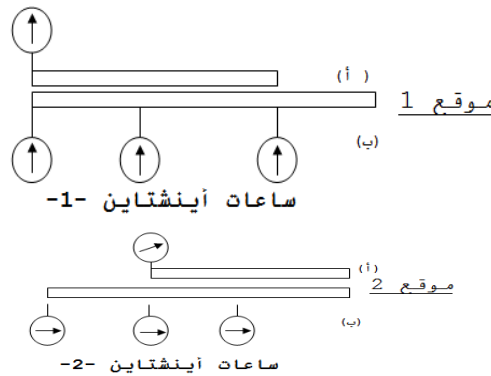
للأخرى، هي أن إيقاع الساعة المتحركة سيختلف عن إيقاع الساعة الساكنة، وهذا عكس ما كان يُعتقد في الفيزياء الكلاسيكية، التي كانت ترى أن جميع الساعات تتحرك بنفس الإيقاع. لذلك لا فرق عندها بين استعمال الساعات المتحركة أو الساكنة للتعبير عن الوقت¹. وبالتالي فإن الحوادث المتزامنة هي نظام إحداثي معين، تبقى متزامنة في أي نظام آخر عندها.

ولتوضيح هذه النتيجة افترض أينشتاين وجود نظامين إحداثيين (أ) و(ب)، (أنظر الشكل أدناه)، حيث وضع في النظام الإحداثي (أ) ساعة واحدة، وفي النظام الإحداثي (ب) عدة ساعات متزامنة، وجعل كل هذه الساعات من نفس التركيبة، ومضبوطة بنفس الدقة. ثم قام بتحديد ثلاث مواقع متتالية للنظامين الإحداثيين الذي يتحرك كل واحد منهما بالنسبة للآخر وفقا للآتي²:

في الموقع الأول: جعل مواضع عقارب الساعة (أ)، وساعات (ب) متماثلة، وبالتالي فهي كلها تشير إلى الوقت نفسه.

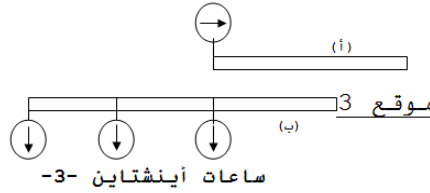
وفي الموقع الثاني: بعد مدة قصيرة من الوقت لاحظ أن ساعات (ب) متزامنة، بينما ساعة (أ) تتحرك بإيقاع مغاير، وبالتالي تشير إلى وقت مختلف، لأنها تتحرك بالنسبة للنظام (ب).

وفي الموقع الثالث: مع مرور الوقت إزداد الفرق في مواضع عقارب الساعات بين ساعات (ب) المتزامنة، وساعة (أ) التي تشير إلى وقت مختلف.



¹ - المصدر السابق، نفس الموقع.

² - أينشتاين، ألبرت وألف، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 139 - 140.



وجد أينشتاين أن المراقب الساكن بالنسبة للنظام الإحداثي (ب) سيكتشف أن الساعة المتحركة تغير إيقاعها. أما إذا تم التحرك وفقا للنظام (أ)، فإن المراقب الساكن بالنسبة للنظام الإحداثي (أ) سيقف على تغير الساعة المتحركة، مما يتطلب في هذه الحالة أن تكون هناك عدة ساعات في (أ) وساعة واحدة في (ب). إن هذه النتائج تبين حسب أينشتاين، أن الزمان لا يمكن أن يكون مطلقا، فهو مقدار لا معنى له، مالم ينسب إلى النظام الإحداثي الذي أشتق منه، وهذا يعني أنه لا يوجد زمان واحد للكون كله¹.

ويعتقد أينشتاين أن نسبة الزمان، نسبة فيزيائية لا نفسية أيضا، فإذا كنا نلاحظ من مكان واحد شيئا ما، فإن رصدنا لزمان وقوع حدوثه سيكون واحدا، أما إذا كان كل واحد منا موجود على كوكب مختلف، فإن رصدنا لزمان وقوع هذا الحادث سيكون مختلفا. فالفترة الزمنية، وإن كانت موضوعية، كوننا نستطيع أن نقيسها بالآلات، إلا أنها نسبية لأنها ستختلف باختلاف المكان الذي نقيس منه.

إن نسبة الزمان لا تعتمد على شعورنا، بل إن الساعة الزمنية التي تشير إلى فترة معينة من الزمان هي التي تطول وتقصّر حسب السرعة والمكان. فبما أن كثير من الكواكب بعيدة عن الأرض مما يجعل الضوء يستغرق وقتا أطول حتى يصل إلينا، فإن هذا يستوجب بطلان ما يسمى بفكرة التآني، فلو ظهرت بقعة على الشمس مثلا، فإننا لن نراها إلا بعد 8 دقائق. وهي الفترة التي يستغرقها الضوء حتى يصل إلينا من الشمس إلى الأرض. وفي هذا دليل على نسبة الزمان.

إن الزمان يتأثر بتغير السرعة، فأني رجل إذا حمل ساعة وعمل على رصد الوقت فإنه سيلاحظ أنه سيجد تغيرا في مقدار الوقت المقاس كلما غير سرعته، وكلما ازدادت سرعته تباطأ الزمان، فإذا بلغت سرعة الضوء، فإن الزمان سيتوقف

¹ - أينشتاين، ألبرت وألفريد، ليونارد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق) ص 142.

تماما¹. مما يعني أن سرعة الضوء هي أقصى سرعة ممكنة في الكون، وأن الزمان مفهوم نسبي. فمقولات كالزمان المطلق، والتآني المطلق بين حدثين، أبطلت بفعل نتائج النظرية النسبية².

2 / المكان والزمان في النظرية النسبية المعممة:

2-1 / معلم النسبية المعممة:

إن النظرية النسبية المعممة التي اكتشفها أينشتاين سنة 1916، وقدم من خلالها تصورات جديدة عن الكون، توصف بأنها أكثر تعقيدا مقارنة مع النظرية النسبية المقصورة. إذ يلاحظ أن أينشتاين اعتمد في هذه النظرية على دراسة الحوادث في المنظومات المرجعية غير الغاليلية، التي لا يبقى فيها مقدار السرعة والاتجاه ثابتين³. حيث أصبح الحديث فيها على حركة متسارعة تمتلك عجلة.

هذا ولقد كان هدفه من هذا هو تعميم النسبية لتشمل جميع الملاحظين⁴، وبالتالي كل الجمل المقارنة سواء كانت عطالية التي تتناول الحركة المستقيمة المنتظمة، أو متسارعة والتي تتناول الحركة المتغيرة بانتظام. بغية إثبات أن الفيزياء ثابتة وكونية، وإن تغير مكانها وزمانها⁵. ولا يعني هذا أبدا أن النسبية المعممة تتناقض مع النسبية المقصورة، بل إنها تتضمنها، مما يعني أن النسبية المقصورة حالة خاصة من المعممة⁶.

2-2 / المتصل الزماني-المكاني ذو الأربعة أبعاد:

إن من أهم مكتشفات هذه النظرية بالإضافة إلى مبدأ التعادل بين العطالة والجاذبية نجد فكرة المتصل الزماني-المكاني ذو الأبعاد الأربعة، والتي تعتبر امتدادا لتصوره عن المكان النسبي والزمان النسبي، ولقد ابتكر هذه الفكرة العالم الرياضي مينكوفسكي (H.Minkovsky)، والتي كان لها تأثير كبير على موقف أينشتاين من المكان والزمان فيما بعد. حيث وبعد أن بينت النظرية النسبية المقصورة عدم وجود الأثير، وأثبتت نسبية كل من المكان والزمان. رأى مينكوفسكي أنه لا بد من إيجاد

¹ - داغر، مارسيل: النسبية من نيوتن إلى أينشتاين، (مرجع سابق)، ص 196.

² - وقيني، محمد: فلسفة المعرفة عند غاستون باشلار، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، ط1، 1980، ص 194.

³ - الجاري، محمد عابد الجاري: النهج التجريبي وتطور الفكر العلمي ج2، (مرجع سابق)، ص 119.

⁴ - كذريك، بول: النسبية، ترجمة مصطفى الرقي، منشورات غويدات، بيروت-باريس، ط2، سنة 1980، ص 88.

⁵ - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 163.

⁶ - المصدر السابق، ص 162.

مفهوم جديد، يكون بديلا للمكان المطلق والزمان المطلق. فوفقا لمعلم منكوفسكي تم النظر للظواهر الفيزيائية على أساس أنها تحدث في المكان والزمان، مما يعني أن لها أربعة إحداثيات هي: ط، ع، إ، ز. هي (ط) يرمز إلى الطول. و(ع) يرمز إلى العرض. و(إ) يرمز إلى الارتفاع. و(ز) يرمز إلى الزمن¹.

ونتيجة ذلك رفض تماما الفصل بين المكان والزمان، على أساس أن هناك تداخل بينهما، سماه بمتصل: الزمان – المكان، أو بالعالم. مما يعني أننا نعيش في عالم ذي أبعاد أربعة².

إن فكرة العالم التي جاء بها مينكوفسكي، فتحت المجال أمام أينشتاين لإكمال تصوره الجديد عن المكان والزمان. فكان أن أعلن على أن هذا الكون هو عبارة عن متصل رباعي الأبعاد، رافضا بذلك تماما فكرة الفصل بين المكان والزمان، يقول كل من ميشيو وجنيفر: "أكدت نظرية أينشتاين أن الزمان والمكان تظاهرتان لكيان واحد يدعوه العلماء (الزمان – المكان)، (space-time) أو (الزمكان) " 3: ذلك أن النسبية المقصورة قد هدمت فكرة المكان المطلق والزمان المطلق، التي تعتبر أساس فكرة هذا الفصل. فما دام الزمان متغير ويختلف من مراقب إلى آخر، مما يعني أن لكل مراقب زمانه الخاص به. وما دام أن المكان يختلف بحسب المراقب، إذ يختلف من حيث الطول والقصر، من مراقب إلى آخر إذا قسناه بالمسطرة، نتيجة إرتباط الطول بالحركة، والحركة بالزمان. فإن المكان والزمان، كل منهما متعلق بالآخر⁴.

لقد قرر أينشتاين بأن العالم كله هو عبارة عن متصل زماني – مكاني. فكل حقيقة توجد في زمان ومكان معا. فتأمل بسيط للواقع سيبين حاجتنا الملحة والدائمة إلى تحديد موضع الشيء في المكان، وكذا ضبط طريقة تغير موضعه في الزمان أيضا. يقول أينشتاين: "إن الوصف الدقيق لمكان وزمان الحدث مهم جدا في الفيزياء أكثر منه في التاريخ، لأن هذه المعطيات تشكل الأساس للوصف الكمي لهذا الحدث"⁵.

ومما يبين هذا الاتصال ذي الأبعاد الأربعة، هو أن المقاييس الزمانية، هي أصلا مقاييس مكانية، فالثواني والدقائق هي مقاييس لموضع الأرض في الفضاء، بالنسبة

¹ - معريش، عبدالمجيد: رؤية فزيائية لنظرية النسبية الخاصة، (مرجع سابق)، ص 45.

² - مرجا، محمد عبد الرحمن: أينشتاين، (مرجع سابق)، ص 104.

³ - كاك، ميشيو وتيفر، جيفر: ما بعد أينشتاين (البحث العلمي عن نظرية الكون)، ترجمة: فاز فوق العادة، أكاديا، بيروت، لبنان، ط1، سنة 1991، ص 43.

⁴ - الجاري، محمد تابد الجاري: المنهج التجريبي وتطور الفكر العلمي ج2، (مرجع سابق)، ص 139.

⁵ - أينشتاين، ألبرت وألفه، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 152.

إلى الكواكب والنجوم. ثم إن المقاييس المكانية متوقفة على المقاييس الزمانية، فعندما نريد أن نحسب مواضع الأشياء على سطح الأرض بواسطة تحديد خطوط العرض والطول، تجدنا نعتمد في قياسها على الثواني والدقائق¹.

وإن كان من الصعب تقدير هذا المتصل ذي الأبعاد الأربعة، فهذا لا يعني أنه غير موجود، إذ يمكن صياغته رياضيا. وما يوضح ذلك مثال أينشتاين الآتي: حيث رأى أنه إذا رمينا بحجر صغير من برج على ارتفاع 256 قدما، من على الأرض، فإننا نستطيع أن نتنبأ بإحداثي هذا الجسم في أي لحظة بعد انطلاقه، فالجدول أدناه:

الارتفاع عن الأرض	الوقت بالثواني
256	0
240	1
192	2
112	3
0	4

جدول مواقع الحجر

يبين لنا مواقع الحجر بعد 0، 1، 2، 3، 4 ثوان، حيث نتحصل على خمسة أحداث. يمثل كل واحد منها بعددين: يدل الأول على المكان، والثاني على الزمان، وهذا لكل حدث. فيكون الحدث الأول عندما نرمي بالحجر من علو 256 قدما في الثانية 0. والحدث الثاني عندما يلتقي الحجر مع نقطة من البرج على ارتفاع 240 قدما، وذلك بعد الثانية الأولى من الانطلاق. ويكون الحدث الأخير في وصول الحجر إلى الأرض في الثانية الرابعة².

ويعتقد أينشتاين أنه لو تصورنا جدولا زمنيا، نربط فيه الموقع بجزء من مائة من الثانية، أو بجزء من ألف من الثانية، سيكون لدينا بموجب ذلك عدد كبير من النقاط في مستوى الزمان - المكان. يقول أينشتاين: "إذا كانت إحداثيات الفضاء معطاة لنا كدالة في الزمن، عندها تصبح مجموعة النقاط خطا متصلا"³.

ويرى أينشتاين أن هذا الكون الذي هو عبارة عن متصل رباعي الأبعاد، يتكون من حوادث، أي أن فيه أشياء تسبق أخرى أو تتبعها أو تتداخل معها. فالموجة الضوئية

¹ - مرجعنا، محمد عبد الرحمن: أينشتاين، (مرجع سابق)، ص 105.

² - أينشتاين، ألبرت وألفرد، ليوبولد: تطور الفيزياء، (مصدر سابق)، ص 154.

³ - المصدر السابق، ص 155.

أو الإلكترون مثلا، كل منهما هو عبارة عن مجموعة حوادث، وهذه الحوادث حسب أينشتاين لا يمكن وصفها إلا رياضيا. ثم إن هذه الحادثة تقع مرة واحدة ولا تتكرر. كما إنها لا توجد منعزلة عن باقي الحوادث، وبالتالي فإن كل الأشياء في تغير، فلا يوجد هناك ما هو ثابت أو مستمر، فالمشاهد التي نراها، وإن بدت لنا على أنها شيء واحد ودائم، إلا أنها في الحقيقة هي حوادث متتابعة، ومنه فإن الذي يوجد في لحظة واحدة هو الحادثة¹.

ولقد أخذ أينشتاين بتصوير ريمان المكاني الكروي، معتقدا أن فيزياء النسبية لا يمكن أن تتأسس على هندسة إقليدس². لذلك فإن الضوء لا يتحرك على شكل خطوط مستقيمة، خاصة عندما يمر في مجال جاذبي، ليقرر أن كل الخصائص التي يوصف بها المكان الريماني من أنه: مغلق، وزوايا المثلث الداخلية مجموعها أكبر من 180°، وأقصر مسافة بين نقطتين هي الخط المنحني. يصدق على المتصل الزماني - المكاني، يقول أينشتاين: "دعنا نتصور الكون سطحا كرويا بدلا من سطح مستوى، فيكون أي خط مستقيم خطأ منحنيا ينطوي على نفسه"³.

ويرى أينشتاين أنه بإمكاننا تصور هذا السطح الكروي، إذا ما تمكنا من تخيل سطح مستويا ملتو على نفسه، بما أن هذا المتصل الزماني - المكاني مقفل ومحدود كمحيط الدائرة. ويعني بأنه مقفل، أنك إذا ما تحركت على هذا المتصل، فإنك ستعود إلى نقطة انطلاقك. أي أنه لا يوجد محيط لهذا المتصل يمكن أن نجد خارجه شيئا آخر. فالفضاء منثني على نفسه، وإن كان أينشتاين يعتقد أن الكون محدودا، إلا أنه يراه بدون حدود⁴، ذلك أن الكون في نظره لا يبقى على حجم ثابت، بل يكون إما في حالة تمدد أو تقلص، مما يجعل المسافر فيه لا يجد من يوقف حركته، وبالتالي سفره. هذا ويرى أينشتاين أنه بمقدورنا حساب الكون إذا وإذا فقط عرفنا متوسط كثافة مادة الكون⁵.

إن نتائج نظرية النسبية المعممة تكمن أساسا في تغيير نظرتنا إلى الكون، فلم يعد المكان ولا الزمان خلفية ثابتة للأحداث، بل إنهما يساهمان في حركة الكون، فالزمان

¹ - المصدر السابق، ص 157.

² - المصدر السابق، ص 172.

³ - أينشتاين، ألبرت: النسبية، النظرية الخاصة والعامة، (مصدر سابق)، ص 106.

⁴ - الجاربي، محمد عبد الجباري: المباح التجريبي ونظور الفكر العلمي ج 2، (مرجع سابق) ص 137.

⁵ - جيمس، جينس: النجوم في مسالكها، ترجمة أحمد عبد السلام، لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، بدون طبعة، بدون سنة. ص 150.

أصبح بعدا رابعا مضافا إلى أبعاد المكان الثلاثة، ليصبح لدينا ما يسمى بالمكان، وهذا عكس ما ذهبت إليه فيزياء نيوتن. وهذا ما ذهب إليه دينيس ويلر (Dennis Weller) عندما رأى بأنه بفضل هذه النظرية أدركنا أن المكان لم يصبح ميدانا للفيزياء، بل عاملا مشاركا فيها، وهو ما يصدق على الزمان أيضا¹. يبدو واضحا أن هذه النظرية من خلال هذه النتائج تتكامل مع النسبية المقصورة، لتكوّن بذلك عاملا آخر قويا، يساعد على تهافت مفاهيم العلم الكلاسيكي المطلقة خاصة مفهومي المكان والزمان. لكن هذا لا يعني أبدا أنها أزال ذلك العلم، حيث يرى أنفلد (Infild) أن أينشتاين لم يذهب بالبرهان إلى رفض فيزياء نيوتن تماما، فقام نيوتن للتربيع العكسي مثلا، يكفي لتفسير التجربة العادية²، إنما بين قصورها وحدد مجال صلاحيتها. يقول باشلار: "فمن الفكر اللانيوتوني إلى الفكر النيوتوني ليس هناك تناقض بل توتر فقط"³.

3/ نتائج:

3-1/ حول المنهج:

واضح أن أينشتاين قد استخدم منهجا دراسيا مغايرا، إذ عمد إلى وضع مجموعة من المبادئ العامة على شكل فرضيات، كمنطلق ليستنبط منها جملة من النتائج، تكون قابلة للملاحظة، حيث أقام نظرية النسبية المقصورة على فرضيتين كما مر علينا، استنبط منهما نسبية المكان والزمان، ويلاحظ على الفرضيتين تميزهما بالإبداع، بمعنى أنه لم ينتزعهما من مشاهدة الوقائع عن طريق الحواس. إذ يرى أينشتاين أن الأحداث التجريبية تبقى قاصرة، مالم تكن هناك قاعدة تسهل عملية الاستنباط⁴. يقول أينشتاين: "تقدم نظرية النسبية هاته، مثالا للطابع الأساسي للتطور العصري للنظرية، إذ أن الفرضيات المنطلق تصبح أكثر تجريدا وأكثر تباعدا عن التجربة. وفي المقابل، تقترب أكثر من المثال Idéal العلمي بامتياز"⁵. لقد توقف أينشتاين عند منهج الفيزياء في القرن التاسع عشر فتوصل إلى ما مفاده: إن من الأخطاء الكبيرة التي وقع فيها فيزيائي القرن التاسع أنهم استخلصوا القانون

¹ - أغروس «روبرت م. وستاسيو وجورج ن. العلم في منظوره الجديد، ترجمة كمال خلايلي، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، بدون طبعة، سنة 1989، ص 59-60.

² - المرجع السابق، ص 120.

³ - النص نقل عن: وفيدي، محمد: فلسفة المعرفة عند غاستون باشلار، (مرجع سابق)، ص 157.

⁴ - أينشتاين، ألبرت: أفكار وأراء، ترجمة رمسيس شحاته، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، بدون طبعة، سنة 1986، ص 5-6.

⁵ - أينشتاين، ألبرت: كيف أرى العلم، ترجمة عبد الكريم غريب، منشورات عالم التربية، الدار البيضاء-المغرب، ط 1، سنة 2012، ص 113.

استقراءيا من التجربة. يقول أينشتاين: "إن الفيزياء تكوّن نظاما فكريا منطقيا في حالة تطور يبدو أن أساسه لا يمكن استخلاصه من التجربة بطريقة الاستقراء وإنما يمكن الوصول إليه عن طريق الابتكار الحر"¹.

وقد اعتمد أينشتاين، وهو يستخدم المنهج الفرضي الاستنباطي على التصورات الفيزيائية بالدرجة الأولى²، والتي اتسمت بالبساطة والانسجام، أما استعماله للرياضيات فجاء في المرتبة الثانية، وحدد هدفه في ترجمة تلك التصورات الفيزيائية إلى جمل محكمة، فقد أعطى الأولوية دائما لها، فأينشتاين يرى أنه توصل إلى مكتشفاته العلمية المتعلقة بالمكان والزمان عندما تخيل أنه قام بوضع ساعة في كل مكان في الكون، بحيث تتحرك كل واحدة منها بإيقاع مختلف.

2-3/ حول الفرضية الثانية:

إن القول بأن سرعة الضوء هي أقصى سرعة في الكون، فرضية تفتقد للبرهان التجريبي، مما يجعلها بمثابة المصادرة على المطلوب، إذ لا يوجد أي دليل واضح ومباشر يثبت ذلك. إذ يبقى مثل هذه الفرضية مجرد استنتاج لا يمكن له أن يصمد أمام النقد الاستمولوجي، خاصة وأننا نفتقد للمقياس الواحد الذي يمكن أن نستند إليه، فنصدر مثل تلك الفرضية. هذا وأينشتاين في حد ذاته يقر بذلك قائلا: "ورغم أننا نعلم اليوم إيجابيا أن الميكانيكا الكلاسيكية تفشل كأساس يحكم كل الفيزياء فإنها لا تزال تحتل مركز تفكيرنا كله في الفيزياء. وذلك راجع إلى أننا رغم التقدم الهام الذي توصلنا إليه منذ أيام نيوتن لم نصل بعد إلى أساس جديد للفيزياء نستطيع أن نتأكد بالنسبة له من أن كل الظواهر المتنوعة محل البحث والأنظمة النظرية جزئية النجاح يمكن أن تشتق منه منطقيا"³.

ضف إلى ذلك ما كشف عنه الواقع التجريبي اليوم، حيث أصبح يتكلم على إمكانية وجود من هو أسرع من الضوء. فإن فقدت هذه الفرضية صفة الثابت المطلق. فحتما ستتأثر مفاهيم النسبية المتعلقة بالمكان والزمان.

2-3/ حول حقيقة المكان والزمان:

¹ - أينشتاين، ألبرت: أفكار وأراء، إشراف محمود عبد الرحمن، (مصدر سابق)، ص 175.
² - كاو، ميشيو ووزير، جينز: ما بعد أينشتاين (البحث العلمي عن نظرية الكون)، (مراجعة سابق)، ص 51.
³ - أينشتاين، ألبرت: أفكار وأراء، إشراف محمود عبد الرحمن، (مصدر سابق)، ص 148.

إن تأمل ما توصل إليه أينشتاين من مفاهيم تتعلق بالمكان والزمان، يوقفنا على حقيقة فرضت نفسها وهي أن: فكرة المكان والزمان افتقدت إلى التعريف الدقيق عنده، إذ غاب مفهومهما الحقيقي الجامع الذي يمكن أن يجلي أمام العقل جوهرهما، بل إن الغموض المتعلق بحقيقتهما لا يزال قائما، فحديث أينشتاين عن المكان النسبي والزمان النسبي، وعن المتصل المكان - الزمان، هو في الحقيقة حديث عن خصائص لهما، فلم يحدد لنا بالضبط: ما هو المكان؟ وما هو الزمان؟، هذا وقد تفتن إلى ذلك توماس كون (Thomas kuhn) فقال عن مفاهيم المكان والزمان كما تصورها أينشتاين: "كذلك فإن (أينشتاين) لم يضع تعريفا واضحا، لا لبس فيه (للوقت والمسافة) ليعطيها معنا جديدا في محتويات كتابه"¹.

وأكثر من ذلك نجد أن أينشتاين يعترف بما توصلنا إليه أعلاه قائلا: "والسبيل إلى الجواب هو أن نحذف أولا وقبل كل شيء تلك الكلمة الغامضة (المكان) التي تقضى الأمانة أن نعتز بأننا لا نستطيع أن نكون عنها أدنى فكرة، ثم نحل محلها عبارة الحركة بالنسبة إلى جملة الإسناد"². والأمر يصدق أيضا على مفهوم الزمان، إذ من المتعذر أن تكون حسب أينشتاين فكرة عن الزمان ما لم تربطه بجملة الإسناد. يقول أينشتاين: "فلكل جملة إسناد زمانها الخاص، وما لم نعين مجموعة الإسناد التي حددنا بالنسبة لها زمن أي حادثة فليس هناك أي معنى لهذا التحديد"³.

وإزاء هذا الوضع المشكل، يبقى السؤال القديم المتعلق بمفهومهما، والذي شغل العلماء والفلاسفة منذ القدم، جديدا وقائما. فقد قال يوما أفلوطين عن الزمان: "إننا نحس إزاءه بخبرة معينة تحدث في نفوسنا بغير عناء، وعندما نحاول أن نختبر أفكارنا عنه نحترق"⁴، وأجاب بعده أوغسطين، عندما سئل عن الزمان قائلا: "إن لم أسأل فإني أعرف، فإن سئلت عنه لا أعرف"⁵. هذا وقد شعر بهذه الصعوبة المتعلقة بمعنى المكان والزمان هاينزبرج أيضا، فقال: "وحتى لو أدركنا أن معنى المفهوم لا يمكن أبدا أن يحدد بدقة كاملة، فإن بعض المفاهيم تشكل جزءا متمما للمناهج العلمية"⁶.

¹ - كون، توماس: تركيب الثورات العلمية، ترجمة ماهر عبد القادر محمد علي، دار النهضة العربية، ط2، سنة 1988، ص 208.

² - النص نقل عن: مجموعة من المنشآت، منهاج الفيزياء، مديرية التعليم الثانوي العام، وزارة التربية الوطنية، الجزائر، د ط، سنة 1992، ص 1.

³ - النص نقل عن: مجموعة من المنشآت، منهاج الفيزياء، (مرجع سابق)، ص 1.

⁴ - أفلوطين، التاسع الثالث، الفصل السابع، "عن الأبدية والزمان"، ترجمة ملحة بكاب: الفلسفة اليونانية، تاريخها ومشاكلها، تأليف أميرة حلي مطر، دار المعارف، القاهرة، بدون طبعة، سنة 1998، ص 481.

⁵ - أوغسطين، القديس: الاختراقات، ترجمة الحولي يوحنا، المطبعة الكاثوليكية، بيروت، الكتاب 11، بدون طبعة، سنة 1962، ص 249.

⁶ - هاينزبرج، فيزياء الفيزياء والفلسفة، (مرجع سابق)، ص 64.

خاتمة:

هكذا يمكن أن نستنتج أن ما قام به أينشتاين، هي محاولة جادة سعت إلى كشف حقيقة كل من المكان والزمان، لكن يبقى تصويره بعيدا عن حقيقتهما ما دام يتعلق بخصائصهما فقط. إذ أن نظرية النسبية بشقيها بقيت عاجزة على أن تمسك بهما. وإن أحدثت بالفعل قطيعة ابستمولوجية مع نظرية نيوتن الميكانيكية، لما قدمته من مفاهيم جديدة، جعلت من الفيزياء النيوتونية حالة خاصة منها، بحيث يمكن اشتقاقها من النسبية. بالإضافة إلى ذلك، نجد أن هذه الأخيرة قد فتحت المجال أمام إبداع تصورات أخرى، بل ونظريات جديدة، فها هي نظرية الأوتار تحاول أن تجد لنفسها مكانا في عالم الفيزياء انطلاقا من نتائج نظرية النسبية. لتساهم في محاولة معرفة حقيقة المكان والزمان.