نظرية الزمكان عند ألبرت أينشتين: مقاربة نقدية في فلسفة العلم

Albert Einstein's Spacetime Theory

A Critical Approach to the Philosophy of Science

د. وائل أحمد عبدالله صبره (*)

مُلخَّص:

هدفت الدِّراسة إلى دراسة نظرية الزمكان عند عالِم الفيزياء المعروف ألماني الأصل "ألبرت أينشتين"، والتعرُّف على الانتقادات الموجهة إلى النظرية، مع التركيز على الانتقادات التي وجِّهت إليها في القرن الحادي والعشرين. وكلمة "الزمكان" هي عبارة عن دمج لمفهومي الزمان والمكان ضمن استمرارية معينة؛ حيث دَمَجَ "أينشتين" في نظريته بين الأبعاد المكانية الثلاث (الطول – العرض – الارتفاع)، بالإضافة إلى البعد الرابع وهو "الزمن"، الذي يمتد من الماضي عبر الحاضر إلى المستقبل.

مِنْ ثَمَّ، تحاول الدراسة الإجابة عن سؤال رئيس يتلخص في: ما الانتقادات التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان عند "أينشتين" في القرن الحادي والعشرين؟

من هذا المنطلق قُسِّمت الدراسة إلى مقدمة وأربعة محاورٍ رئيسية وخاتمة، ثم قائمة بالمصادر والمراجع التي استندت إليها الدراسة، وقد جاء المحور الأول بعنوان: أسس نظرية الزمكان عند ألبرت أينشتين، وعرض المحور الثاني: نقد نظرية الزمكان من حيث تماسكها المنطقي والرياضي، أمَّا المحور الثالث فيناقش: نقد نظرية الزمكان من حيث فرضياتها وآليات تعميمها، وجاء المحور الأخير بعنوان: تحديات تواجه نظرية الزمكان في القرن الحادي والعشرين. ولتحقيق الهدف المنشود استخدمت الدراسة المنهجين النقدي، والمقارن.

وتوصلت الدراسة في أهم نتائجها إلى أن نظرية الزمكان لأينشتاين تواجه تحديات كبيرة في القرن الواحد والعشرين، خاصة في محاولات التوفيق بينها وبين ميكانيكا الكم، وتفسير الظواهر الكونية الغامضة مثل الطاقة المظلمة والمادة المظلمة. على الرغم من أن النظرية لا تزال قوية في تفسير العديد من الظواهر، إلا أن هذه الانتقادات تشير إلى أن فهمنا للزمكان قد يحتاج إلى تحديث أو تعديل.

الكلمات المفتاحية: الزمن – المكان - الزمكان، أينشتين، النسبية، فلسفة العلم.

(*) أستاذ فلسفة العلوم المساعد في قسم الفلسفة - كلية الآداب – جامعة سوهاج.
waelahmed@art.sohag.edu.eg

Abstract:

The study aimed to identify the criticisms directed at space-time theory by the well-known German physicist Albert Einstein, with a focus on the criticisms directed at it in the twenty-first century. The word "space-time" is a merging of the concepts of time and space within a certain continuity. In his theory, Einstein combined the three spatial dimensions (length - width - height), in addition to the fourth dimension, which is "time", which extends from the past through the present to the future.

Hence, the study attempts to answer a main question: What are the criticisms directed at Einstein's space-time theory in the twenty-first century?

From this standpoint, the study was divided into an introduction, three main axes, and a conclusion, then a list of sources and references on which the study was based. The first axis was entitled: Foundations of Albert Einstein's theory of space-time theory, and the second axis presented: Criticism of space-time theory in terms of its logical and mathematical coherence. The third axis discusses: Criticism of space-time theory in terms of its assumptions and generalization mechanisms, The last axis was entitled: Challenges Facing Spacetime Theory in the Twenty-First Century. To achieve the desired goal, the study used both critical and comparative approaches.

The study concluded in its most important results that Einstein's theory of spacetime faces major challenges in the twenty-first century, especially in attempts to reconcile it with quantum mechanics, and to explain mysterious cosmic phenomena such as dark energy and dark matter. Although the theory remains powerful in explaining many phenomena, these criticisms indicate that our understanding of spacetime may need to be updated or modified.

Keywords: Time, Space, Space-Time, Einstein, Relativity, Philosophy Of Science.

المُقدِّمة:

يعد "**ألبرت أينشتين" Albert Einstein** (١٨٧٩ –١٩٥٥م) أعظم فيزيائي في القرن العشرين، وواحدًا من أعظم العلماء في التاريخ، استحدث نظرية النسبية؛ الخاصة والعامة، وكان الافتراض الأساسي له أنَّ الكون يتألف من "زمكان" رباعي الأبعاد؛ ثلاثة أبعاد مكانية – طول وعرض وارتفاع - وبعد زماني واحد؛ وطرح فكرته الجريئة هذه لاستنباط نسيج واحد "زمكاني" أشبه بشبكة الصيادين.

وبشكل غير مسبوق طوَّر "أينشتين" هذه الفكرة حينما قال: إنَّ المكان شيءٌ من الممكن أنْ ينحني وأنْ يتمدّد، ونحن مرتبطون ببعضنا البعض من خلال الزمكان. كما أنَّ لدى الزمن والمكان هندسةً خاصةً بهما، وديناميكيات فيما بينهما يُطلق عليها الجاذبية، وكلما كانت المادة أكثر كثافةً كانت الجاذبية أكبر وكان الانحناء في الزمكان أكبر.

من ثمَّ، فإنَّ نظرية "الزمكان" عند أينشتين من النظريات المهمة التي كان لها بالغ الأثر على جميع النظريات الفيزيائية التي تلتها؛ حيث تعددت الآراء وتباينت الرؤى بالاتفاق والاختلاف حول مدى واقعية الزمكان في وصف طبيعة الكون الذي نعيش فيه، وكان النصف الثاني من القرن العشرين من أكثر الفترات نقدًا للنظرية. وجاء القرن الحادي والعشرين ليقلل من حدة تلك الانتقادات التي وجَّهت إلى هذه النظرية المُحيِّرة؛ فمع تقدم العلم وتطور أدواته، أجريت عديد من التجارب التي كان لها بالغ الأثر في اختبار بعض التعميمات التي اختلف عليها العلماء حول زمكان "أينشتين".

بناءً على ما تقدم كان من الضروري أنْ تعرض الدراسة بعض الانتقادات المهمة التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان عند "أينشتين" في القرن الحادي والعشرين، وعلى هذا تحاول الدراسة الإجابة عن سؤال رئيس يتلخص في الآتي: **ما أهم الانتقادات التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان عند أينشتين في القرن الحادي والعشرين؟**

للإجابة عن هذا السؤال ومناقشة حيثياته، ارتأت الدراسة طرح التساؤلات الفرعية الآتية، التي تمثل مجمل الإجابات عنها الإجابة عن السؤال الرئيس، وهي:

- ✓ ما الأسس التي بُنيت عليها نظرية الزمكان؟
- ✓ ما طبيعة الزمكان؟
- ✓ ما الانتقادات التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان من حيث تماسكها المنطقي والرياضي؟

- ✓ ما الانتقادات التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان من حيث فرضياتها وآليات تعميمها؟
- ✓ ما التحديات التي تواجه نظرية الزمكان في القرن الحادي والعشرين؟

من هذا المنطلق قُسمت الدراسة إلى **مقدمة وأربعة محاورٍ رئيسية وخاتمة**، ثم قائمة بالمصادر والمراجع التي استندت إليها الدراسة، وجاءت محاور الدراسة كالآتي: المحور الأول بعنوان: أسس نظرية الزمكان عند ألبرت أينشتين، بينما عرض المحور الثاني: نقد نظرية الزمكان عند أينشتين من حيث التماسك المنطقي والرياضي، أمَّا المحور الثالث ناقش: نقد نظرية الزمكان عند أينشتين من حيث فرضياتها وآليات تعميمها، وجاء المحور الأخير بعنوان: التحديات التي تواجه نظرية الزمكان في القرن الحادي والعشرين.

ولتحقيق هذا الهدف المنشود، حاول الباحث الإجابة عن أسئلة الدراسة من خلال الاستناد إلى ثلاثة مناهج رئيسية، هي: **المنهج التحليلي** و**المنهج النقدي** من خلال تحليل ومعالجة آراء العلماء والمفكرين حول نظرية الزمكان؛ للوصول إلى الأحكام العلمية حولها، ثم **المنهج المقارن** من خلال مقارنة استدلالات "أينشتين" على واقعية الزمكان مع استدلالات غيره من العلماء.

أولًا: أسس نظرية الزمكان عند أينشتين.

١- طبيعة الزمان والمكان:

إنَّ الزمان والمكان هما القالب الذي صُبَّ فيه هذا الوجود جملة وتفصيلًا، وانتظم بفضلهما على هيئة كوزموس Cosmos؛ أي: كون منتظم. والكوزموس أو الكون الذي تتعامل معه الفيزياء الحديثة هو المادة التي تتحرك عبر المكان خلال الزمان. والنظرية الفيزيائية العامة هي التي تُحدد قوانين هذه الحركة؛ أي: حسابات الانتقال من نقطة إلى أخرى في المكان بسرعة معينة؛ أي: خلال مدة من لحظة إلى أخرى في المكان بسرعةٍ معينة، أي: خلال مدة من لحظة إلى أخرى في الزمان. ونظرًا لعمومية الفيزياء وشموليتها وتربعها على قمة نسق العلوم الإخبارية، فإنَّ سائر أفرع العلم الأخرى - سواء الطبيعية أو الحيوية أو الإنسانية - تسلم بمسلمات الفيزياء؛ فعوالمها مجرد زوايا أكثر خصوصية في عالم الفيزياء، الذي هو مادة متحركة في الزمان والمكان. ومن ثم، فإنَّ الزمان والمكان صلب عالم العِلم، أو الوجود الذي يتعامل معه العِلم([1]).

من ثم، تبدأ دراسة الزمان والمكان بالحركة، حيث تعتمد قوانين الفيزياء الحركيّة ومن ضمنها قوانين **"إسحاق نيوتن[*] I. Newton" (١٦٤٢-١٧٢٧م)** في الحركة على افتراض أنّ هناك نقطة ثابتة لا تتحرّك -ساكنة- في مكان بعيد غير معروف، لكن العلماء ومن ضمنهم **"نيوتن"** عجزوا أنْ يثبتوا هذه الفرضية -أي عجزوا أن يثبتوا وجودَ تلك النقطة- وبقيت مجرّد افتراضات. فرفضَ **"ألبرت أينشتين[*]**تلك الفرضَية باعتبار أنّه لا يمكن القطعُ بأنّ جسمًا ما يتحرّك وأنّ جسمًا ما ثابت، وكل ما يُقال إنَّ جسمًا ما يُعتبر متحرّكًا بالنسبة إلى جسمٍ آخر، وكل ما هنالك هو حركةٌ نسبيّة، أمّا الحركةُ الحقيقية فلا وجود لها. عَرف "أينشتين" أنّه لا سبيل لمعرفة المكان بالمطلق لأننا نقدّر موضوعه النسبيّ بالنسبة إلى كذا وكذا، أمّا الوضع الحقيقيّ فلا سبيل لمعرفته، لأنّ الكون كلّه في حركةٍ دائمةٍ ولا شيء ثابتٌ([2]).

وبالنسبة لمفهوم المكان والزمان في الميكانيكا الكلاسيكية، فنجد "أينشتين" ينتقد هذا المفهوم ويصفه بالكثير من الغموض وخاصة كلمتي "الموقع" و"المكان"، حيث يقترح أنْ نحذف تلك الكلمة الغامضة "المكان"، حيث يقول: "تقتضي الأمانة أنْ نعترف أننا لا نستطيع أنْ نكون عنها أدنى فكرة"([3]) ويقترح أنْ نحل محلها

عبارة "الحركة بالنسبة إلى مجموعة إسناد جاسئة"، أمَّا الموقع فيقترح وضع بدلًا من عبارة "مجموعة الإسناد" عبارة "مجموعة الإحداثيات". فيؤكد "أينشتين" من خلال هذا الطرح نسبية المكان، ويرى أنَّ هذا الطرح يؤهلنا لأن نقول: "إنَّ الحجر يقطع عند سقوطه خطًا مستقيمًا بالنسبة إلى مجموعة إسناد مرتبطة ارتباطًا جاسئًا بعربة القطار، ولكنه بالنسبة إلى مجموعة إسناد مرتبطة ارتباطًا جاسئًا بالأرض(قضيب السكة الحديد) يقطع قطعًا مكافئًا"(٤). وبفضل هذا المثل يرى أنه لا وجود لشيء مثل "مسار مستقل الوجود" (حرفيًا منحني المسار)، إنما كل ما هناك هو مجرد مسار نسبي بالنسبة إلى مجموعة إسناد خاصة.

يتضح مما سبق أنَّ الزمن الذي يَقصده "أينشتين" هو الزمن الخارجي الموضوعي، الزمن الذي تتحرّك النجومُ والكواكبُ بداخِله، وبما أنَّ المَكان المُطلَق لا وجُود له في نظريّة "أينشتين" النسبيّة فكذلك الزمن؛ حيث إنَّ الزمنَ المعروفَ بالساعةِ واليوم والشهر والسنة مجرّدَ مصطلحاتٍ ترمز إلى دَوران الأرضِ حولَ نفسِها وحولَ الشمس أو بشكلٍ أكثرَ وضوحًا "مصطلحاتٌ لأوضاعٍ مختلفة في المكان". إنَّ الساعات التي نحملها حول معصمنا مضبوطة على النظام الشمسي، لكنّ النظام الشمسيّ ليس النظام الوحيد في الكون، فلا يُمكن أن نَفرضَ التقويمَ الزمنيّ للنظامِ الشمسيّ على الكون كلّه ، ولا أنْ نعتبَر أنّ الكمياتِ التي نقيُس بها هي كميات مُطلَقة، فمثلاً لا يمكنِنا الافتراضُ أنَّ الوقتَ (الآن) هو الوقت نفسُه (الآن) في المجرّة كلّها! إنّ الضوءَ الذي يصلِنُا مِنْ الكواكبِ البعيدةِ يحتاجُ إلى آلاف السنين الضوئيةِ، وما نراه في التلسكوبات هو في الحقيقة ماضي هذه الكواكب الذي يُخيّل إلينا أنه الواقع، فليس هناك وجود للآنية في هذا النظام، وإنّ الانسانَ الذي لا يستطيع أنْ يُطلِق كلمةَ (الآن) على الكون لا يُمكنُه أنْ يُطلقِها على نِظامهِ الزمانيّ. الزمنُ مقدارٌ متغير، ولا يوجد زمنٌ واحدٌ للكون كلّه، والمكانُ مقدارٌ متغير، ولكنّ الكونَ بسيطٌ رغم تعدّده، وظواهِر الكونُ رغمَ تعدُّدِها وتناقضِها وحدةٌ واحدةٌ في نَظرِ "أينشتين"(٥).

فضلًا عن أنَّ مناقشة "أينشتين" حول المكان والزمان في سياق انتشار الضوء كانت بمثابة تغيير ثوري في هذه المفاهيم في الفيزياء، حيث استبدل مفاهيم المكان والزمان بفترات مكانية وزمانية متصلة عن طريق انتشار الضوء(٦).

وكي يؤكد "أينشتين" ربط المكان بالزمان تمهيدًا لنظرية الزمكان، يقول: "لكي يكون وصفنا للحركة كاملًا يجب أنْ نعين كيف يغير الجسم موقعه بمرور الزمن؛ أي أننا يجب أنْ نذكر بالنسبة إلى كل نقطة على المسار وقت وجود الجسم بهذه النقطة"(٧)، وحتى هذه المدلولات لا تكفي لأن تجعل وصف "أينشتين" للحركة كاملًا، إنما يجب أنْ يضاف إليها تعريف للزمن يجعل من المستطاع اعتبارها – وهي قيم زمانية أصلًا- مقادير يمكن معرفتها عن طريق الملاحظة.

٢- نقد نظرية الجاذبية عند نيوتن:

واحد من أوائل إنجازات الفيزياء النظرية هو نظرية الجذب العام "**النيوتن**"، التي وحَّدتْ ما كان وقتها يبدو عددًا متفرقًا من الظواهر الفيزيائية، وتُلخِّص ثلاثة قوانين بسيطة نظريةَ "نيوتن" للحركة، وهي(٨):

١) يظل الجسم على حالته الحركية، إمَّا السكون التام أو الحركة في خط مستقيم بسرعة ثابتة، ما لم تؤثر فيه قوة تُغيِّر من هذه الحالة.

٢) إذا أثَّرت قوة محصلة في جسم أكسبتْه تسارعًا، يتناسب مقداره تناسبًا طرديًّا مع مقدار القوة المحصلة، ويكون اتجاهه في اتجاه القوة المحصلة نفسها.

٣) لكلِّ قوةِ فعلٍ قوةُ ردِّ فعلٍ، مساوية لها في المقدار ومضادة في الاتجاه.

قوانين الحركة الثلاثة هذه قوانين عامة، تنطبق بالدقة عينها تقريبًا على سلوك الكُرَات على طاولة البلياردو مثلما تنطبق على حركة الأجرام السماوية، وكل ما كان "نيوتن" بحاجة له هو التوصل إلى كيفية وصف قوة الجاذبية، وقد أدرك أنَّ الجسم الذي يدور في مدار دائري؛ كالقمر الذي يدور حول الأرض، يبذل قوة في اتجاه مركز الحركة (تمامًا مثلما يفعل الثقل المربوط في طرف خيط حين يلفه المرء حول رأسه). ويمكن أنْ تسبب الجاذبية هذه الحركة بالطريقة نفسها التي تسبب بها سقوط التفاح من الأشجار إلى سطح الأرض. في كلا هذين الموقفين لا بد أنْ تكون الحركة متجهة نحو مركز الأرض. وقد أدرك "نيوتن" أنَّ الصيغة الصحيحة من المعادلة الرياضية هي قانون «تربيع عكسي» يقضي بأنَّ «قوة الجذب بين أي جسمين تعتمد على محصلة كُتلتَيْ هذين الجسمين وعلى مربع المسافة بينهما»(٩).

وبطريقة مشابهة، ميز "نيوتن" بعناية المكان والزمان المطلقين عن المكان والزمان النسبيين، حيث كان المقصود من تجربته "الماء في دلو دوار Water In a

rotating bucket" إبراز ضرورة الفضاء المطلق في وصف الديناميكيات([١٠])، وبعد قرنين من الزمان، أدرك "**إرنست ماخ** (1838 - ١٩١٦م)" **Ernst Mach** الفجوة المنطقية والتجريبية في تأكيد "نيوتن" حول الفضاء المطلق وقام بتحليلها نقديًا، وتكهن بأنَّ ظهور قوة الطرد المركزي في إطار غير قصوري يمكن أنْ يكون بسبب أنَّ الحركة كانت مرتبطة بالنجوم وبالتأكيد المادة بأكملها في الكون، وليس بسبب الدوران في الفضاء المطلق([١١]).

وقد ظلت قوانين "نيوتن" أساس علم الفيزياء لنحو قرنين من الزمان، لكن بظهور اختراعات جديدة، كالتلغراف والمصباح الكهربي، غيرت شكل الحياة في المدن الأوروبية في أواخر القرن التاسع عشر، جاءت دراسة الكهرباء بمفهوم جديد تمامًا في العلم، وقد وضع **"جيمس كلريك ماكسويل(*)James Clerk Maxwell (1831-1879)"** بجامعة كامبريدج في ستينيات القرن التاسع عشر نظرية للضوء تفسر القوى الكهربية والمغناطيسية الغامضة، ولم ترتكز هذه النظرية على مفهوم القوى الذي وضعه "نيوتن" بل على مفهوم جديد عرف باسم "المجالات"، وقد كتب "أينشتين" عن مفهوم المجالات قائلا: "إنه أكثر المفاهيم التي عرفتها الفيزياء عمقًا ونفعًا منذ عهد نيوتن"([١٢])، الأمر الذي أظهر قصور ميكانيكا "نيوتن" جليًا.

وبحلول عام ١٩٠٠م ازدادت صعوبة تفسير القصور في ميكانيكا "نيوتن"، وغدا العالم جاهزًا لثورة، ولكن من يقودها يا ترى؟ فمع أنَّ هناك من العلماء من كانوا عالمين بما في نظرية الأثير من خلل، فإنهم حاولوا على استحياء أنْ يستروا هذا الخلل بالاستعانة بقوانين "نيوتن". لكن "أينشتين" الذي لم يكن لديه ما يخسره اجترأ على أنْ يجهر بأساس المشكلة وهي أنَّ: قوى "نيوتن" ومجالات "ماكسويل" لا تتسقان، لذلك فعلى إحدى دعامتي العلم أنْ تسقط، وعندما سقطت إحداهما في النهاية بالفعل، سقط معها أكثر من قرنين من عمر الفيزياء، ونتج عن هذا أنْ تغيرت نظرتنا للكون وللواقع نفسه. واستطاع "أينشتين" أنْ يسقط فيزياء "نيوتن" بصورة في غاية البساطة لا يستعصي فهمها على طفل صغير([١٣]).

ومِنْ خلال فرضيته الأساسية انتهى "أينشتين" إلى أنَّ ميكانيكا "نيوتن" قد تكون غير صالحة بصفة عامة، وهذا أمر يسهل فهمه إذا ما تابعنا اهتمامه بالضوء منذ أنْ كان في السادسة عشرة من عمره([١٤]).

هنا تجدر الإشارة إلى أنَّ "أينشتين" لم يكن أول من فكر في مفهوم النسبية؛ فقد **عبَّر "جاليليوGalilei Galileo ١٥٦٤- ١٦٤٢"** عن المبدأ الأساسي للنسبية قبله بنحو ثلاثة قرون؛ إذ زعم أنَّ الحركة النسبية وحدها هي التي تهم، وبذلك لا يمكن أنْ يكون هناك وجود لما يسمى الحركة المطلقة، وقد ذهب إلى أنك لو كنت تسافر على متن سفينة ذات سرعة ثابتة على سطح بحيرة هادئة، ما من شأنِ أي تجربة تجريها داخل حجيرة مغلقة داخل تلك السفينة أنْ توحي بأنك تتحرك على الإطلاق. بطبيعة الحال لم يكن الكثير معروفًا عن الفيزياء في عصر "جاليليو"؛ لذا كانت نوعية التجارب التي تصوَّرها محدودة نوعًا ما(١٥).

مِنْ ثم، فإنَّ كل ما فعلتْه نسخة "أينشتين" من مبدأ النسبية هو أنْ حوَّلتْه إلى نص يقضي بأنَّ كل قوانين الطبيعة يجب أنْ تكون متماثلة تمامًا في نظر كل الراصدين الذين يتحركون حركة نسبية. وتحديدًا، قرر "أينشتين" أنَّ هذا المبدأ يجب أنْ ينطبق على نظرية الكهرومغناطيسية، التي أرساها "ماكسويل"؛ والتي تصف من ضمن ما تصف القوى العاملة بين الأجسام المشحونة المذكورة سابقًا. ومن تبعات نظرية "ماكسويل" أنَّ سرعة الضوء (في الفراغ) تبدو على صورة ثابت عام. ويعني تبنِّي مبدأ النسبية بجدِّيَّة أنَّ كل الراصدين يجب أنْ يقيسوا القيمة عينها لسرعة الضوء، بغَضِّ النظر عن حالة حركتهم. يبدو هذا أمرًا بسيطًا، بَيْدَ أنَّ تبعاته كانت ثورية بكل ما تحمله الكلمة من معنًى(١٦).

ومِنْ طرائف النسبية، سألت امرأة عجوز ثرثارة "أينشتين" مرة أنْ يشرح لها ماذا يقصد في نظريته أنَّ الزمن شئ نسبي، أجابها بطريقة ساخرة وهو يشرح لها معنى النسبية في الزمن قائلا :"لو تحدثتُ معكِ سيدتي لمدة ساعة واحدة، فستبدو لي وكأنها عشر ساعات طوال مملة، أمَّا لو جلست بقربي فتاة شابة جميلة تتحدث معي عشر ساعات، فسيبدو الزمن لي وكأنه ساعة واحدة. فهذه هي النسبية في الزمن"(١٧).

٣- أسس النظرية النسبية وطبيعة الزمكان:

مِنْ المهم الإشارة إلى أنَّ مفهوم النسبية يختلف بمعناه الشعبي عن معناه العلمي الفيزيائي، ومن هنا كان لا بد من ذكر كلمتي "النظرية النسبية" وليس ذكر كلمة "النسبية" بمفردها؛ فهدف النظرية النسبية التوصل إلى قوانين تفسر الظواهر

الطبيعية، دون أنْ تتشكل هذه القوانين تبعًا لتغير الزمان والمكان والظروف والأحوال، ولكن قد جرى على لسان القدماء كلمة "النسبية" قبل ظهور "النظرية النسبية"، وأفاضوا في الحديث عنها([١٨]).

للنظرية النسبيَّة شقان خاص وعام، فنظرية **النسبيَّة الخاصة Special Relativity Theory** تربط بين الزمن والفضاء (المكان)، وقد استخدم "أينشتين" حركة الضوء في الربط بينهما، أمَّا نظرية **النسبيَّة العامة General Relativity Theory** فإنها تربط أيضًا بين الزمن والفضاء (المكان) وقد استخدم "أينشتين" قوة الجاذبية للربط بينهما، واهتمت هذه النظرية العامة بنشأة الكون ونهايته، وتنبأت بتقوس الفضاء كله بفعل موجات الجاذبية، بل وكل الأجسام السماوية سوف تتبع هذا التقوس، وحتى الآن لم يجرَ على هذه النظرية إلاَّ تجاربًا قليلةً جدًا، بينما خضعت نظرية النسبيَّة الخاصة للتجارب المعملية في كل وقت. حيث يرى بعض الباحثين أنَّ النسبيَّة العامة أتاحت المجال لدراسة حركة النجوم والمجرات والكون المنظور بطريقة شاملة. وأشارت إلى أنَّ الكون له بداية محدَّدة كما أن له نهاية محتومة، وإن الكون محدود وإن لم تُعرف له حدود. كما تشير النظرية أيضًا إلى وجود متفردات Singularity في الكون المنظور، عند بدء الكون، وعند تقلص نجم، وتصبح كتلته لا نهائية وجاذبيته شديدة كالثقوب السوداء. وعند هذه المتفردات تنهار كل القوانين بما فيها النسبيَّة، لأن كافة المنحنيات تصبح لا نهائية والمعادلات الرياضية لا يمكنها تناول الأرقام اللانهائية. ولكن لعل أهم إنجاز للنسبيَّة العامة هو الإطاحة بالنظريات المنغلقة، وإطلاق الخيال البشري والفكر الإنساني، ووضعه على الطريق الصحيح للتفكير في خلق الكون وعظمة الكون ([١٩]).

أ. النظرية النسبية الخاصة:

نُشرت النظرية النسبية الخاصة لأينشتين في عام ١٩٠٥م، وهي تُعَدُّ واحدة من أعظم الإنجازات العقلية في تاريخ الفكر الإنساني، وما يجعلها أكثر لفتًا للأنظار هو حقيقة أنَّ "أينشتين" كان يعمل موظفًا في مكتب براءات الاختراع وقت وضعها، وأنه كان يمارس الفيزياء بوصفها هواية، وإنْ كانت هواية ثقيلة، بل والأدهى أنَّ "أينشتين" نشر في العام ذاته بحثين آخرين مبدعين عن التأثير الكهروضوئي (الذي من شأنه أنْ يلهم لاحقًا العديد من التطورات في نظرية الكم)، وعن ظاهرة الحركة

البراونية (أي اهتزاز الجسيمات المجهرية بينما تتقاذفها التصادمات الذرية). لكن السبب الرئيس وراء تميز نظرية النسبية الخاصة عن بقية أعمال "أينشتين" في ذلك الوقت، بل وأعمال زملائه في عالم الفيزياء المتعارف عليها، هو أنَّ "أينشتين" *تمكن من التحرر تمامًا من مفهوم الزمن بوصفه خاصية مطلقة تسير بالمعدل عينه لكل شخص ولكل شيء*. فهذه الفكرة جزء لا يتجزأ من الصورة النيوتونية للعالم، وأغلبنا يعتبرها صحيحة على نحو بديهي لدرجة أنها لا تستدعي النقاش من الأساس. وقد تطلب الأمر عبقريًّا حقيقيًّا لتحطيم تلك الحواجز المفاهيمية الضخمة([٢٠]). وكان "أينشتين" هو ذلك العبقري.

أنتجت النسبية الخاصة كذلك أشهر معادلة في الفيزياء كلها؛ "الطاقة تساوي الكتلة مضروبةً في مربع سرعة الضوء ط= ك س^{٢}" ، وهي معادلة تعبِّر عن التكافؤ بين المادة والطاقة. وقد تم التحقق من صحة هذا المبدأ تجريبيًّا، وهو الذي يقف، ضمن مبادئ أخرى، وراء الانفجارات الذَرِّية والكيميائية([٢١]).

ب. النظرية النسبية العامة:

النظرية النسبية العامة هي النظرية الهندسية للجاذبية التي بدء التفكير فيها بعد عامين من نشر النسبية الخاصة ونشرها "أينشتين" سنة ١٩١٥م، وهي الوصف الحالي للجاذبية في الفيزياء الحديثة. تعمل النظرية النسبية العامة على تعميم النظرية النسبية الخاصة وتنقيح قانون الجذب العام لنيوتن، حيث تقدِّم وصفًا موحَّدًا للجاذبية بوصفها خاصية هندسية للمكان والزمن، أو الزمكان.

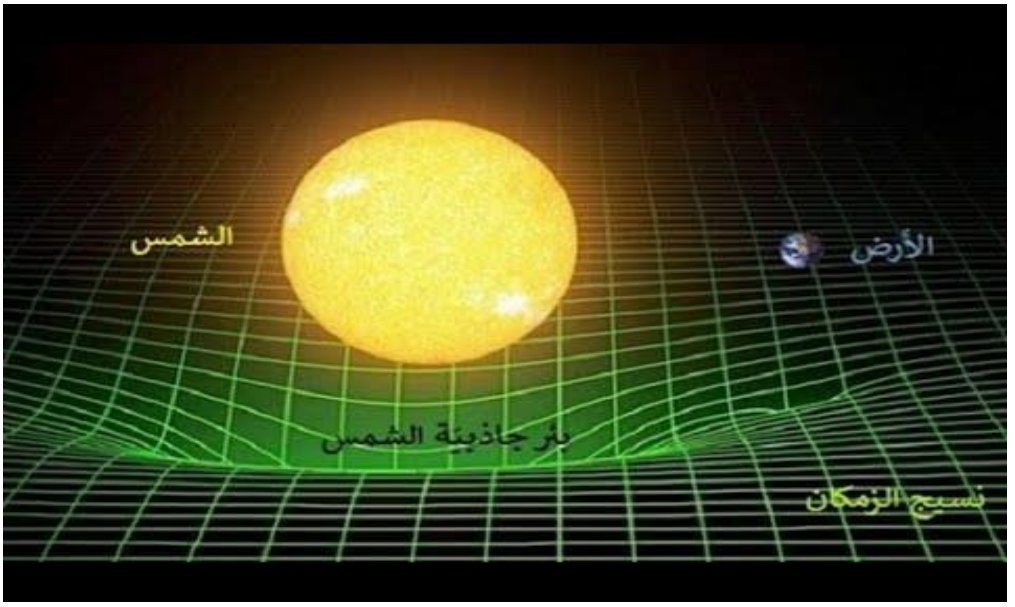
فضلًا عن أنَّ النظرية النسبية العامة تشكل حجر الزاوية في المعرفة التي يمتلكها العلماء حاضرًا بشأن الجاذبية، إذ تنص على أنَّ الأجسام ذات الكتلة الضخمة، والصغيرة على حد سواء، تشوه النسيج الكوني الرباعي الأبعاد من حولها الذي يسمى "الزمكان". يملك المكان ثلاثة أبعاد هي الطول والعرض والارتفاع. وأضاف "أينشتين" الزمن إلى تلك الأبعاد في نظريته عن النسبية، كأنْ نقول "سنة ضوئية" في وصف زمن محدد يقطع خلاله الضوء مسافة معينة. بالتالي، نظر "أينشتين" إلى الكون بوصفه مركب رباعي الأبعاد من الزمان والمكان، واختصره بكلمة زمكان([٢٢]).

إنَّ فهم التفاصيل الفنية لنظرية النسبية العامة مهمة شاقة بحقٍّ، فحتى على المستوى المفاهيمي من العسير استيعاب هذه النظرية. ونسبية الزمن المجسدة في النسبية

الخاصة حاضرة في النسبية العامة، لكن هناك تأثيرات إضافية للإبطاء الزمني وتقلص الأطوال بسبب تأثيرات الجاذبية. ولا تقتصر المشكلات على الزمن وحده؛ ففي النسبية الخاصة يطيع المكان على الأقل مفاهيمنا التقليدية، لكن في النسبية العامة حتى هذا يتغير؛ إذ يصير المكان منحنيًا([٢٣]).

ورغم أنَّ الزمان والمكان في رأي "نيوتن" هما كينونتان منفصلتان تمامًا توجدان دون علاقة بأي شيء آخر([٢٤]). فإنَّ "أينشتين" قام بتقديم نظرية بديلة للجاذبية عن نظرية "نيوتن"، وكانت جزءًا مهمًا من نظريته "النظرية النسبية العامة" وقد قدمت لنا تفسيرًا مخالفًا تمامًا لقانون "نيوتن" للجاذبية. "أينشتين" لم يؤمن –كما آمن "نيوتن"- بأنَّ "الجاذبية" هي قوة، بل قال بأنها تحصل نتيجة اضطراب أو تشوه (Distortion) في شكل ما أسماه (Space-Time) أو "الزمكان"، وهو مايعرف بـ"البعد الرابع"([٢٥]).

فضلًا عن أنَّ مبادئ الفيزياء الأساسية تقول بأنه إذا لم يكن هناك قوى خارجية فاعلة أو عاملة فإنَّ الجسم سوف يتحرك على مسار مستقيم قدر المستطاع. إن لم تكن هناك قوى خارجية فاعلة، فإن أي جسمين يتحركان على طريقين متوازيين سيبقون على هذا الشكل ولن يلتقوا أبدًا، لكن في الحقيقة - فيما يرى "أينشتين" - الجسمين يلتقيان؛ حيث إنَّ الجزيئات التي تبدأ بالحركة على مسارات أو طرق متوازية، تنتهي أحيانًا بالاصطدام مع بعضها البع، ورغم أنَّ نظرية "نيوتن" تقول بأنَّ هذا الاصطدام يمكن أنْ يحدث عن طريق "الجاذبية"، وهي القوة التي تجذب تلك الأجسام إلى بعضها البعض أو إلى جسم ثالث أخر منفرد، فإن "أينشتين" يقول: "إنَّ هذا يحصل أيضًا نتيجة للجاذبية"، وفي نظريته، يقول أيضًا: "إنَّ الجاذبية هي ليست قوة، بل هي منحنى في "الزمكان". وطبقًا لـه فإنَّ الأجسام تسافر أو تتحرك على مسار مستقيم قدر المستطاع، ولكن نتيجة لتشوه في "الزمكان"، يصبح المسار المستقيم مسارًا كرويًا، وهكذا فإنَّ المسارين المستقيمين على طول ذلك المجال الكروي ينتهيان في نقطة وحيدة([٢٦]).



شكل رقم (١) يوضح نسيج الزمكان عند "أينشتين"

ج. العلاقة بين الزمن والمكان:

اكتشف "أينشتين" نظريته العامة للنسبية، والتي دمجت الزمن والمكان في كمية فيزيائية واحدة هي الزمكان **Spacetime** وتخيله على شكل نسيج –كما هو في شكل رقم (١)-، ولم تكتفي بذلك، بل جاء بفكرة أنَّ نسيج الزمكان هذا يتحدب أو يتقوس تحت تأثير الكتلة والطاقة. واستند على فكرة تحدب نسيج الزمكان ليضع مفهومًا جديدًا للجاذبية ويوضح كيف تتحرك المادة. من ثم يمكننا القول إنَّ الزمكان هو نتيجة من نتائج النظرية النسبية العامة.

مِنْ ثَمَّ، فإنَّ الخطوة الأولى نحو الوصف الرياضياتي للفضاء رباعي الأبعاد هي تحديد التناظر بين الأجسام الهندسية والفيزيائية، وحيث إنَّ الاسم الذي سوف يعطى للفضاء رباعي الأبعاد ليس ذا أهمية، فدعنا نستخدم التعبير الحالي "الزمكان أو زمكان منكوفسكي" الذي أسماه **"هيرمان مينكوفسكي(*)" (١٨٦٤-١٩٠٩) Hermann Minkowisk"** الكون. سوف نشير إلى نقط الزمكان بنقط الكون أو الأحداث، وبما أنَّ الحدث يتحدد بأربعة أبعاد؛ ثلاثة منها تحدد موقعه في الفضاء بينما يخبرنا الرابع بلحظة وقوع الحدث، فمن المهم أنْ ندرك أنَّ مفهوم الحدث هو العنصر الأساسي للزمكان، وأنَّ معناه هنا يختلف عن معناه المعتاد. يُعرَّف حجر

البناء للزمكان – الحدث – على أنه جسم ثلاثي الأبعاد، نقطة مجال، أو نقطة فضاء عند لحظة معينة من الزمن. يصبح هذا التعريف واضحًا إذا ما أخذنا بعين الاعتبار حقيقة أنَّ البعد الرابع من الزمكان – بعد الزمن – يُعطى تمامًا مثل الأبعاد الثلاثة المكانية خلافًا لذلك، إذا لم يُحدد الزمكان دفعة واحدة، فلن تكون هناك أية وسيلة لكي يصبح رباعي الأبعاد. مع وضع ذلك في الاعتبار لن يكون من الصعب جدًا إدراك أنَّ التاريخ الكامل لكل جسم فيزيائي يُحدَد تمامًا في الزمكان بجسم رباعي الأبعاد. إذا كان الجسم الفيزيائي جسيمًا صغيرًا أشبه بنقطة، يكون ذلك الجسم رباعي الأبعاد مجرد خط في الزمكان يسمى الخط الكوني، وبما أنَّ الخط الكوني لجسيم يتكون من أحداث، فإن كل حدث هو الجسيم عند لحظة زمنية معينة من تاريخه([٢٧]).

من الملاحظ أنَّ قضية الزمكان وهندسته ذات جوانب أنطولوجية تبحث في كشف طبيعة الوجود اللامادي عمومًا في المسائل المترتبة على مفاهيم وتصورات تتعلق بالمادة والطاقة والزمان والمكان والكم والكيف والعلة والقانون وغيرها([٢٨]). من ثم يشكل الزمان والمكان بعدين مهمين في الفلسفة والعلم، لكونهما نسقين وجوديين تتكامل التجربة الإنسانية فيهما وبهما، وهما في نظرية الزمكان يتداخلان في علاقات جوهرية، يصعب الفصل بين تأثيرها من وجهة نظر "أينشتين".

نتيجة لما تقدم من وصفٍ للزمان والمكان، وطبيعة العلاقة بينهما من وجهة نظر "أينشتين"، يمكننا استنتاج مفهوم اصطلاحي للزمكان، وهو **"نقطة مجال رباعية الأبعاد في النسيج الذي يتكون من كل الأجرام السماوية والفلكية"**، حيث إنَّ الماضي والحاضر والمستقبل هم انعكاس للزمكان.

٤- خصائص الزمن والمكان في الفيزياء:

بناء على جميع ما تقدم يمكن إيجاز خصائص الزمان والمكان في الفيزياء الكلاسيكية والفيزياء الحديثة فيما يلي([٢٩]):

- ✓ ما كان يزعج العديد من الفيزيائيين هو أنَّ الجاذبية ليس لها سبب ظاهر في نظام نيوتن، وقد أظهرت نظرية النسبية العامة أنَّ الجاذبية هي في الواقع نتيجة طبيعية لهندسة الكون، بدلًا من اعتبارها قوة كما تخيل نيوتن.

- ✓ الافتراض الأساسي في نظرية "أينشتين" هو أنَّ الكون يتألف من زمكان (مكان-زمان) رباعي الأبعاد يتشكل من ثلاثة أبعاد مكانية – طول وعرض وارتفاع – وبُعد زمني واحد يمتد من الماضي مرورًا بالحاضر وصولًا إلى المستقبل. أمَّا المكان والزمان في رأي "نيوتن" فهما –كما ذكرنا سابقًا- كينونتان منفصلتان تمامًا توجدان دون علاقة بأي شيء آخر.
- ✓ يتشكل المكان من عدد لا محدود من النقاط، ويتشكل الزمكان من "أحداث" Events. والحدث هو نوع معين من الوقائع عند نقطة محددة في مكان ثلاثي الأبعاد وفي لحظة محددة من الزمن. ولا يكفي أنْ نحدد مكان حدوث حدث ما فقط، فزمان الحدث له نفس أهمية مكانه.
- ✓ تنص معادلات المجال لأينشتين Einstein's field equations على أنَّ المادة والطاقة تسببان انحناءً أو تقوسًا في هندسة الزمكان، وهذا الانحناء هو ما يظهر نفسه كجاذبية. وفي غياب الكتلة والطاقة يكون الزمكان مسطحًا Flat ولا وجود للجاذبية فيه. وعندما ننظر إليه على مقياس صغير نسبيًا – محليًا أو موضعيًا Local - فإنه يتصرف وكأنه مسطح، وهذا هو نفس التأثير الذي يحكم تصورنا لسطح الأرض الذي نسير عليه، وعندما ننظر إلى الأرض من الفضاء يبدو سطحها منحنيًا بصورة واضحة.
- ✓ كما يمكن تصوير المكان على خريطة ما، يمكن أيضًا تصوير الزمكان على مخطط بياني يحدد الموقع الآني للمراقب، ويشار إلى هذه الآنية بمصطلح "هنا الآن here-now" حيث تعني "هنا" موقع المراقب في المكان و"الآن" هي لحظة الحاضر التي يعبر عندها الماضي إلى المستقبل.
- ✓ أظهرت التجارب منذ زمن "نيوتن" أنه لا يمكن التمييز بين كتلة الجاذبية Gravitational Mass وكتلة القصور الذاتي Inertial Mass مهما كانت دقة التجارب، ولكن "أينشتين" أدرك في النظرية النسبية مبدأ التكافؤ Equivalence Principle، الذي يقضي بأنَّ أطر الإسناد الجاذبية، أو النظم الإحداثية، مكافئة لأطر الإسناد المتسارعة Accelerated Frames Of Reference، وهذا يعني أنَّ السقوط الحر في إطار جاذبي مكافئ للوجود معلق في الفضاء السحيق بعيدًا عن أية كتلة. واستخدم "أينشتين"

تجارب فكرية افتراضية تجري بواسطة الخيال لإظهار بعض جوانب القضايا المتعلقة بالنسبية.

وبالمعنى الذي سيتبلور لاحقًا، يمكننا القول: إنَّ هناك بعض الانتقادات التي وجَّهت إلى نظرية الزمكان عند "أينشتين" في القرن الحادي والعشرين. من ثم يمكننا تقسيم أهم هذه الانتقادات التي جاءت نتيجة لتقدم العلم وتطور أدواته إلى محورين مهمين؛ **أولهما:** انتقادات وجهت إلى النظرية من حيث تماسكها المنطقي والرياضي، **وثانيهما:** انتقادات وجهت إلى النظرية من حيث فرضياتها وآليات تعميمها؛ حيث إنَّ غالبية التعميمات التي أطلقها "أينشتين" – كما يرى منتقديه- من الصعب اختبارها.

ثانيًا: نقد نظرية الزمكان عند أينشتين من حيث تماسكها المنطقي والرياضي:

قبل الخوض في عرض بعض الانتقادات التي وجهت إلى نظرية الزمكان، يجب الإشارة إلى أنَّ الدراسة تتفق مع "باجلز**Bagels**" في القول: إنَّ "أينشتين" من أهم الشخصيات الانتقالية في تاريخ الفيزياء، مثله في ذلك مثل "نيوتن" الذي سبقه بقرنين؛ فإذا كان "نيوتن" قد أكمل الانتقال الذي بدأه "جاليليو" من فيزياء القرون الوسطى إلى الفيزياء التقليدية، فإنَّ "أينشتين" رائد الانتقال من الفيزياء النيوتونية إلى نظرية الكم والإشعاع، وهي فيزياء جديدة لا نيوتونية([٣٠]).

ومع تنامي أفكار النظرية النسبية، رأى "أينشتين" أنَّ نظريته على قدر من البساطة والتماسك والقوة بحيث لن يستطيع أي فيزيائي أنْ يقاوم جمالها، حيث قال: "يصعب على أي أحد أنْ يحسن فهمها ألا يأسره سحرها، فهي نظرية لا تقارن في جمالها بأي نظرية أخرى"([٣١]). ولقد كان مبدأ المتغير المشارك العام قويًّا جدًّا حتى إنَّ المعادلة النهائية التي خرج بها، وهي المعادلة التي تصف بنية الكون نفسها، لا يبلغ طولها حين كتابتها إلا بوصة واحدة. وإلى اليوم لا يزال الفيزيائيون يتعجبون من قدرة معادلة بهذا القصر على وصف خلق الكون وتطوره. وقد شبه الفيزيائي فيكتور فايسكوف (١٩٠٨-٢٠٠٢م) Victor Weisskopf أولئك الفيزيائيين المتعجبين بالفلاح الذي رأى جرارًا زراعيًّا لأول مرة فأخذ يتفحصه من جميع النواحي ثم سأل مندهشًا: «ولكن أين حصانه؟»([٣٢]).

في الواقع كان من خصائص عمل "أينشتين" أنه كان يستنبط من مبادئه الأساسية كل النتائج المنطقية المترتبة عليها، وقد أظهر أنه من خلال فروضه التي بدت بسيطة ومقبولة يمكن استنباط نتائج ضخمة تبدو مبتكرة وأحيانًا غير معقولة يمكن تعميمها. وهكذا كانت النتائج توصله إلى أخرى، وقد تبدو متناقضة وغامضة وغير متسقة منطقيًا، وهذا ما سنتعرف عليه لاحقًا.

١- الزمكان ومشكلة الاستقراء:

حينما تفشل جميع الحجج المعارضة لواقعية الزمكان في دحض نظرية الزمكان عند "أينشتين"، يكون الملاذ الأخير هو الشك في موثوقية المعرفة العلمية فيما يتعلق بالنظرية وتماسكها المنطقي، وتأتي هذه الحجة في شكلين، **الأول** هو: الاعتراض الفلسفي القديم ضد موثوقية جميع أنواع المعرفة؛ حيث تعتمد معرفتنا غالبًا على الاستدلال الاستقرائي، ولكن بما أنَّ هذا النوع من الاستدلال لا يكون موثوقًا مثل الاستدلال الاستنباطي؛ فإنه لا يمكننا أنْ نكون على يقين بما نعلمه. تعرف هذه المشكلة الفلسفية بمشكلة "تبرير الاستقراء **لهيوم Hume**". **الشكل الثاني** للحجة المعارضة لواقعية الزمكان مشتق من الرؤية المنتشرة على نطاق واسع لصحة النظريات العلمية المعتمدة على حجج **كارل بوبر Karl Popper** بأنَّ أي نظرية يمكن فقط دحضها؛ ولا يمكن إثباتها([٣٣])؛ أي أنَّ "أينشتين" يستند في دفاعه عن الزمكان بعدم وجود دليل تجريبي واحد يثبت عدم صحة نظرية الزمكان. ويمكن القول: إنَّ هذه الحجة تستند إلى أنَّ "أينشتين" هنا وقع في شرك مغالطة منطقية يطلق عليها "مغالطة الاستدلال بالجهل" أو الاحتكام إلى الجهل؛ حيث إنه ألقى بعبء البحث عن دليل على صحة النظرية على الآخرين، في الوقت التي كان يجب عليه أنْ يقدم دليلًا واقعيًا على صدق دعواه.

كما أعلن "أينشتين" في سياق تصوره للزمكان أنَّ الكون كون مكاني زمني ذو أربعة أبعاد، ويسمى هذا الوجود الرباعي الأبعاد "المتصل" Continuum، وفكرة هذا المتصل من صياغة العالم الرياضي الألماني "هيرمان مينكوفسكي" أدخلها ليقدم صياغة واضحة للنظرية الخاصة للنسبية، ففتحت هذه الفكرة الطريق "لأينشتين" لصياغة نظرية جديدة للمكان والزمن، هو أنَّ فصْل المكان عن الزمن متكلف غير طبيعي، وليس إلا تجريدًا من الواقع، وإنَّما الواقع الحي يفترض دمج

المكان والزمن ليؤلفا كيانًا واحدًا، هو المتصل. ويمكن توضيح فكرة المتصل أولًا بتوضيح فكرة البُعد Dimension؛ فشريط السكة الحديد مثلًا هو متصل ذو بعد واحد لأن له طولًا فقط يمكنك أنْ تحدد موضعك عليه في أي وقت بتحديد نقطة هندسية عليه. وسطح البحر متصل ذو بعدين لأن ربان السفينة يستطيع تحديد موضعه فوق سطح البحر بتقابل خط طول بخط عرض. وقائد الطائرة يقودها في متصل ثلاثي الأبعاد لأنه يحدد موضعه بخطوط الطول والعرض والارتفاع فوق سطح البحر. والآن، حين نريد وصف شيء طبيعي متحرك فلا يكفي تحديد موضعه في المكان بل يجب أيضًا تحديد طريقة تغيير موضعه في الزمن؛ فالزمن يضاف إلى الأبعاد الثلاثة المكانية([٣٤]).

٢- الشكلية الرياضية والافتراضية للزمكان:

وفي سياق مشابه يقول "كوسجروف Cosgrove" أستاذ الفلسفة بكلية بروفيندس بالولايات المتحدة الأمريكية أنَّ النسبية العامة تعتمد فقط على **الشكلية الرياضية لمينكوفسكي،** دون الالتزام بالواقع المادي للزمكان([٣٥]). على الرغم من أنَّ "أينشتين" استفاد بالفعل من شكلية "مينكوفسكي" ذات الأبعاد الأربعة في النظرية النسبية العامة، إلا أنه لم يكن بحاجة إلى ذلك، كما أنَّ مفهوم الزمكان عند مينكوفسكي نفسه لا يلعب دورًا جوهريًا في النظرية([٣٦]). لقد كان "أينشتين" مخطئًا عندما أشار إلى أنه لم يكن من الممكن صياغة النظرية بدونها.

كما يشير بعض الباحثين إلى أنَّ من أهم الأسباب التي أدت إلى توجيه بعض الانتقادات إلى النظرية النسبية العامة و نظرية الزمكان تمثلت في الآتي:

أولًا: جدتها المميزة.

ثانيًا: طرحها مفاهيمًا وأفكارًا مغايرة للمفاهيم والأفكار التي بقيت مسيطرة على العقول لمدة قرون، وزعزعت بعض ما كان يعد بديهيات في السابق.

ثالثًا: أنَّ أكثر المسائل التي عالجتها لا تمس الواقع المألوف والحالات المألوفة مباشرة، بقدر ما تمس واقعًا خاصًا وظروفًا بعيدة عن تناول الإنسان العادي ومجال إحساسه، يضاف إلى ذلك كله الصعوبات الناشئة عن تناول النظرية تناولًا أدبيًا ومغلوطًا أحيانًا([٣٧])، والسبب الثالث يعد من أهم الأسباب التي استند إليها منتقدوه.

فأينشتين مثلًا يريد من العلماء أنْ يقبلوا بعض الأفكار الغريبة مثل قوله: إنَّ الفضاء على شكل قوس، وأنَّ أقصر بعد بين نقطتين ليس الخط المستقيم، وأنَّ العالم متناه، ولكن لا حدود له، وأنَّ الخطوط المتوازية تتلاقى، وأنَّ أشعة الضوء تتقوس أثناء مسارها، وأنَّ الزمن نسبي ولا يمكن قياسه بالدقة نفسها في كل الأمكنة، وأنَّ مقاييس الطول لجسم ما يتحرك تختلف باختلاف سرعته، وأنَّ الجسم عندما يتحرك وتزداد سرعته، فإنَّ طوله يقل وحجمه يتقلص، بينما كتلته تزيد، وأنَّ هناك باستمرار بعدًا رابعًا يضاف إلى الأبعاد الثلاثة، وهذا البعد الرابع هو "الزمان"، وأنَّ الكون على شكل أسطوانة لا دائرة([٣٨]).

أمَّا قوله مثلًا أنَّ الخط المستقيم ليس أقرب بعد بين نقطتين حسبما علمنا "إقليدس" طوال القرون الماضية، فإنه يرى أنَّ هندسة إقليدس مستوية، أي هندسة على السطح المستوي نشأت في عصر لم يعرف كروية الأرض؛ فإنها تثبت عكس ذلك، فالمسافة بين باريس ونيويورك ليست بالطبع خطًا مستقيمًا على سطح الكرة الأرضية، وإنما على شكل قوس، وذلك لأن أقرب بعد بين أي نقطتين على سطح كرة القوس لا الخط المستقيم، لأنه لا تصلح المسطرة لقياس أبعاد على سطح الكرة([٣٩]).

وهناك رؤية أخرى ترى أنَّ إحدى طرق تجنب التحديات التي تطرحها النسبية العامة تتمثل في التشكيك ضمنيًا في صحتها، وعادة ما يتم ذلك بالإشارة إلى أنَّ النسبية الخاصة لا تحكي قصة الكون كاملة، ولهذا ينبغي عدم أخذ حجج واقعية الزمكان المعتمدة عليها بجدية. ثم يشار إلى أنَّ هناك نظريات أكثر حداثة، مثل: ميكانيكا الكم، والجاذبية الكمومية، ونظرية الأوتار، إلى آخره، يكون السؤال فيها عن طبيعة الزمكان ذا إجابة مختلفة. مثل هذه الادعاءات تصل إلى التشكيك في أصل صحة النسبية الخاصة؛ حيث إنَّ الحجج المؤيدة لواقعية الزمكان عبارة عن نتائج للنسبية الخاصة. لذلك فإنَّ القول: بأنَّ النسبية الخاصة لا تكشف عن الحقيقة الكاملة فيما يخص الجزء الذي تصفه من الكون، وهو ما يعني في هذا السياق الحقيقة الكاملة حول طبيعة الزمكان، يصل إلى حد التشكيك في النظرية نفسها([٤٠]).

نستنتج مما سبق أنَّ الزمكان شيء افتراضي، وبالتأكيد غير مادي، ولا نعرف ما هي طبيعته، وقد لا يكون موجودًا اصلًا، وهو يشبه المجال الكهربائي الذي افترضه **"مايكل فاراداي (١٧٩١ - ١٨٦٧م) Michael Faraday** لتفسير

القوة بين شحنتين رغم عدم تلامسهما؛ أي عن بعد، ورغم أننا لا نعرف ما هو المجال؛ فإنه يستخدم في كثير من الحالات لفهم وتوضيح بعض الأمور، أما المادة فيمكن أن تتفاعل مع شيء لا مادي، وهذا واضح من تأثير النجوم -وهي مادة - على مسار الضوء وحرفه عن مساره، رغم أنَّ الضوء غير مادي.

ورغم أهمية نظرية النسبية ودقة ما توصلت إليه من تعميمات؛ فإنَّ انتقادات النظرية ظهرت في السنوات الأولى بعد نشرها مباشرة في بدايات القرن العشرين، وقامت بعض هذه الانتقادات إما على أسس علمية، أو علمية زائفة، أو أسس فلسفية، أو أيديولوجية. ومع أنَّ بعض هذه الانتقادات قد نالت دعمًا كبيرًا من علماء مرموقين؛ فإنَّ النظرية النسبية لأينشتين مقبولة الآن في المجتمع العلمي([٤١])، حيث أثبت القرن الحادي والعشرين صحة غالبية تعميمات "أينشتين" مع بعض التعديلات الطفيفة على نظرياته.

ثالثًا: نقد نظرية الزمكان من حيث فرضياتها وآليات تعميمها:

تميزت النظرية النسبية بتعدد فرضياتها وكثرة تعميماتها غير المسبوقة في تاريخ الفيزياء، وكان لهذه التعميمات وتلك الفرضيات أثر كبير في استنباط أسس نظرية الجاذبية ونظرية الزمكان عند "أينشتين". من ثم استندت النظرية النسبية على عدة فرضيّات تُشكّل أساس النظريّة، وأهم هذه الفرضيات هي([٤٢]):

١- **ثبات سرعة الضوء:** أثبتت النظريّة النسبيّة أنَّ الضّوء ذو سرعة ثابتة مهما كان مصدره ومكانه، وهو ليس بحاجة لوسطٍ ناقل للانتقال من مكان لآخر كما هو في موجات الصّوت.

٢- **الزّمن هو البعد الرّابع:** يُعد "أينشتين" أول من وضع الزمن بوصفه بعدًا رابعًا بعد الطّول والعرض والارتفاع للمادّة، وأدخل البعد الرّابع في جميع حساباته.

٣- **نفي وجود الأثير:** الأثير هو الشيء الموجود في الكون ولا حدود له، وكان يعتقد كل العلماء بوجودها، ولكن "أينشتين" نفى وجودها، وقال بأنّه لا يوجد إلا المكان النسبيّ والسرعة النسبيّة.

٤- **مبدأ القصور الذاتي:** هو نتيجة المقاومة الأولية بين الأجسام المتحركة ضد الفراغ الساكن. يقوم الجسم المتحرك بسحب الفراغ المقاوم أثناء التسارع،

حتى النقطة التي ينتقل فيها الفراغ مع الجسم المتحرك وبنفس السرعة. عندما يتباطأ الجسم، يستمر الفراغ في التدفق ويدفع الجسم في نفس اتجاه التدفق الأصلي حتى يتوقف تمامًا.

من ثم، تمركزت الانتقادات الموجهة إلى نظرية الزمكان من حيث فرضياتها وآليات تعميمها حول هذه الفرضيات، وتلك التعميمات التي نتجت عنها، وكانت الانتقادات متمثلة في الآتي:

أولًا: نقد فرضية ثبات سرعة الضوء:

يؤكد مبدأ ثبات سرعة الضوء أنّ الضوء ينتشر في الفراغ بسرعة ثابتة دائمًا (بسرعة مستقلة عن حالة الراصد أو مصدر الضوء من الحركة)؛ ومعنى هذا أنَّه مهما تغيرت سرعة المرجع فإنَّ الضوء يبقى محافظًا على سرعته([٤٣]). ويؤكد "أينشتين" هنا أنَّ الحدث لا يتعلق بمكان حدوثه، بل يتعلق بالمركبة الزمكانية التي يرصده منها الراصد([٤٤]).

ومن أجل التثبت من فرضية ثبات سرعة الضوء عند "أينشنين" أجرى علماء من الهيئة الأوروبية للبحوث النووية (سيرنCERN) في بدايات القرن الحادي والعشرين تجربة سعوا من خلالها الى دحض النظرية النسبية. يحدث ذلك بعد أكثر من قرن شكلت فيه هذه النظرية أحد الأعمدة الأساسية للفيزياء الحديثة([٤٥]).

تقول النظرية النسبية بأنَّ لا شيء يمكن أنْ يسير بسرعة تفوق سرعة الضوء لأنَّ جزيئاته لا وزن لها، وفريق علماء (سيرن) يقول: "إن جزيئات النيوترينو الدقيقة يمكن أنْ تتحدى هذه السرعة"؛ حيث أطلق الفريق، المكون من ١٦٠ باحثًا، شعاعًا من تلك الجزيئات، أنتجت في مختبرات سيرن، لتقطع مسافة ٤٥٠ ميلا (٧٢٥ كيلومترا). وفي التجربة الأولى وصلت جزيئات النيوترينو كما يقول الفريق قبل شعاع الضوء بنحو ٥٨ نانو ثانية أي ٥٨ جزء من المليار من الثانية.

لكن التجربة أثارت شكوكًا من قبل كثير من علماء الفيزياء تتعلق بظروف التجربة وطريقة إجرائها والأجهزة التي استخدمت والفرق في التوقيت الزمني بين نقطتي الانطلاق والوصول؛ ولغرض تفادي الخطأ أعاد العلماء التجربة وقالوا هذه المرة: إنَّ الجزيئات سبقت الضوء بمقدار ٦٢ نانو ثانية؛ لكن ذلك لم يغير موقف

المتشككين، بينما اعتبر الفريق القائم بالتجربة النتيجة مؤشرًا إيجابيًا على استنتاجاته(٤٦).

مع ذلك، فإنَّ العلماء من الجانبين يعتقدون أنَّ من المبكر القول: إنَّ "إنجازًا" ثوريًا قد تحقق في علم الفيزياء. وتبقى سرعة الضوء وهي ١٨٦ الف ميل (حوالى ٣٠٠ ألف كيلومتر) في الثانية حتى الآن تشكل الحد الأقصى للسرعة في الكون، وعلى أساسها بُنيت النظرية النسبية وبالتالي الفيزياء الحديثة(٤٧).

بينما يرى **"جون رافيلسكي(*) (١٩٥٠- .....) Johann Rafelski"** أنَّ الضوء يعيش على سطح المخروط الضوئي ويقسم الزمكان إلى مجالين لهما طبيعة فيزيائية مختلفة: داخل المخروط الضوئي لدينا "المستقبل" الذي يمكننا التأثير عليه من خلال أفعالنا؛ و"الماضي" الذي يمكن أنْ يؤثر على حالتنا الحالية، ويوجد خارج المخروط الضوئي مجال الزمكان اللاسببي الذي لا يمكننا التواصل معه بسرعة أقل من سرعة الضوء(٤٨).

وفي إطار نقد الزمكان، يشير بعض الباحثين إلى أنَّ مبدأ الزمكان عند "أينشتين" يرتكز على فرضيتين لا تزالان متعارضتين في الميكانيكا الكلاسيكية حيث قامت عليهما النظرية النسبية، هما(٤٩):

أولًا: ينتقل الضوء بسرعة لا نهاية لها في الفراغ.

ثانيًا: تستمر القوانين الفيزيائية كما هي (ثابتة) في أي نظام قصوري أصلي، ولا يوجد نظام بالقصور الذاتي متفوقًا على الآخرين.

ثانيًا: نقد فرضية البُعد الرابع (الزمن):

طرح "أينشتين" فكرته الجريئة في إضافة بُعد الزمن إلى الأبعاد الثلاثة المعروفة لإنتاج نسيج واحد زمكاني أشبه بشبكة الصيادين، وعلى هذا النسيج كانت الكواكب والنجوم والشمس وكل منها يحدث تقعرًا حسب ثقله؛ فعلى سبيل المثال: التقعر الذي تحدثه الشمس في هذا النسيج أكبر من التقعر الذي تحدثه الأرض، مما يؤدي إلى دوران الأرض حول الشمس في أطراف التقعر الذي أحدثته الشمس على نسيج الكون. كانت هذه الرؤية بمثابة ثورة على مفهوم "نيوتن" للجاذبية، لكن "أينشتين" كان يحلم أيضًا بتوحيد قوة الجاذبية مع القوة الكهرومغناطيسية، وكان معجبًا جدًا بما حققه "ماكسويل" من توحيد للقوتين: الكهربائية والمغناطيسية، وكان حلم

"أينشتين" أنْ يتمكن من توحيد فكرته الجديدة في شكل معادلة رياضية الهدف منها التقرب أكثر من فهم الكون، لكن العمر لم يسعفه في ذلك.

كما تجدر الإشارة إلى أنَّ واحدة من المشكلات التي تواجه الزمن في نظرية "أينشتين" النسبية العامة هي أنَّ الزمن كما يبدو لا يجري، بل هو موجود في الوقت نفسه سواء كان ماضيًا أو حاضرًا أو مستقبلًا، وبالتالي لا يوجد أيضًا شيء يمكن أنْ نُسميه الحاضر، لكن ذلك في مجمله يخلق كونًا حتميًا كل شيء فيه مُحدَّد بدقة، يحاول فيزيائي سويسري يُدعى **"نيكولاس جيزين(١٩٥٢م- .....) Nicolas Gisin"** أنَّ يناقض هذه الفكرة بالقول: إنَّ الكون غير حتمي، وتسلسل الزمن فيه يشبه الأرقام التي تتولَّد بعد الأرقام العشرية في بعض الحالات، وبذلك يكون مُضي الزمن ظاهرة إبداعية تولد بسببها أرقام جديدة كلما مرّ الوقت. هذا التقرير يُقدِّم تلك النظرية الجديدة بأسلوب بسيط قدر الإمكان، لكنه لا شك معقّد بعض الشيء ويحتاج إلى بعض التركيز.

في النظرية النسبية دُمج الزمن مع الأبعاد الثلاثة للمكان؛ فشكَّل سلسلة متصلة هي نسيج الزمكان بأبعاد المكان الثلاثة التقليدية، وأُضيف إليها الزمن باعتباره بُعدًا رابعًا، ويُطلق "أينشتين" على هذه الفكرة "الكتلة الكونية block universe"، التي تُشير إلى أنَّ تاريخ الكون كله كتلة واحدة، وهي كتلة حقيقية، بمعنى أنَّ الماضي والحاضر والمستقبل متشابهون وموجودون في الوقت نفسه، وأنَّ الظروف الأولية للكون هي التي تُحدِّد ما سيأتي لاحقًا، وبالتالي لا مجال للمفاجآت، فكل شيء ثابت لا يتحرك، بمعنى أنَّ المرور من لحظة زمنية إلى لحظة أخرى ليس إلا وهما، فالزمن لا يمر بحسب "أينشتين"، ولتأكيد هذه الفكرة، كتب "أينشتين" عام ١٩٥٥، قبل وفاته بأسابيع، يقول: "أمثالنا ممن يؤمنون بالفيزياء يعرفون أنَّ التمييز بين الماضي والحاضر والمستقبل ليس إلا وهمًا مستمرًا وعنيدًا(°˙°)".

وفي عام ٢٠١٩م، نشر الفيزيائي السويسري "نيكولاس جيزين" أربع أوراق بحثية تحاول حل هذا الارتباك، المتعلِّق بالزمن في الفيزياء، وكما يرى "جيزين"، فإنَّ مشكلة الزمن كانت طوال الوقت معضلة رياضية في الأساس، ويُفيد بأن الزمن عامة، وبالأخص "الحاضر"، يمكن التعبير عنه بسهولة بلغة رياضية عمرها قرن من الزمان تُسمى "الرياضيات الحدسية" التي ترفض وجود عدد لا نهائي من الأرقام. عندما نستخدم هذا النوع من الرياضيات لوصف تطور الأنظمة الفيزيائية،

فإنها توضِّح أنَّ "الوقت يمر حقًا، وتتولد إثر ذلك معلومات جديدة"، وتتحوَّل الحتمية الصارمة التي تنطوي عليها معادلات "أينشتين" إلى حالة صعبة التنبؤ كما هو الحال مع ميكانيكا الكم، بحيث يظهر أنه في حين أنَّ الأرقام محدودة ودقيقة، فإنَّ الطبيعة نفسها تكون غير دقيقة ولا يمكن التنبؤ بها([٥١]).

ما زال الفيزيائيون يحاولون استيعاب نظرية "جيزين"، فنادرًا ما يحاول شخص ما إعادة صياغة قوانين الفيزياء بلغة رياضية جديدة، لكن العديد ممَّن وافقوه يعتقدون أنَّ من المحتمل أنْ يتمكَّنوا من سد الفجوة المفاهيمية بين الحتمية التي تُقِرُّ بها النسبية العامة والعشوائية المتأصلة في النطاقات الكمية. ردًا على مقال جيزين، كتبت "**نيكول يونجر هالبيرن Nicole Yunger Halpern**"، عالمة في مجال المعلومات الكمية بجامعة هارفارد: "اكتشفت أنَّ الأمر مثير للاهتمام لدرجة تجعلني أمنح الرياضيات الحدسية فرصة لتأمُّلها([٥٢])".

أمَّا "**مارينا كورتيزMarina Cortez**"، عالمة الكونيات من المرصد الملكي بالمملكة المتحدة، فإنَّها وصفت النهج الذي تبنَّاه "جيزين" بأنه "مثير جدًا للاهتمام، رغم أنه صادم واستفزازي من حيث تداعياته أو النتائج المترتبة عليه، لكنه في النهاية يعالج مشكلة الدقة المتناهية التي تتصف بها الطبيعة". في هذا الصدد، يقول "جيزين": "إنَّ من المهم صياغة قوانين فيزيائية تجعل من المستقبل آفاقا مفتوحة، وتُثبت أنَّ حاضرنا حقيقي للغاية، لأنَّ هذا هو ما نعايشه ونختبره الآن"، ويستكمل قائلا: "بصفتي عالم فيزياء، فيمكن الوثوق فيما أقوله، كلنا نعلم أنَّ الوقت يمضي، وأنَّ الزمن في تغيُّر مستمر"([٥٣]).

وفيما يخص نقد الزمكان رباعي الأبعاد عند "أينشتين"، يشير تحقيق أجراه "مينكوفسكي" إلى أنَّ مثل هذه الهندسة الزمكانية رباعية الأبعاد لا يمكن أنْ تكون متسقة مع نظرية الجاذبية الكمومية الموحدة الجديدة. لقد حاول في البداية فرض نظريته الجديدة على الزمكان رباعي الأبعاد، ولكن يبدو أنَّ هذا يؤدي إلى عدد قليل من التناقضات في بعض الاشتقاقات التي أصبح على دراية كاملة بها في وقت لاحق([٥٤]).

مع ذلك، يقترح "مينكوفسكي" أنْ تكون هناك حاجة إلى نظرية سداسية الأبعاد ذات ثلاثة أبعاد زمنية، وثلاثة أبعاد مكانية، أمَّا اقتراح نظرية سداسية الأبعاد بثلاثة أبعاد مكانية، وثلاثة أبعاد زمنية فليس بجديد. تمت كتابة معظم هذه الأبحاث في

الثمانينيات والتسعينيات، وهي الآن منسية تقريبًا من قبل معظم الفيزيائيين، خاصة وأنَّ الأبعاد الستة لا يبدو أنها تحل الكثير ولم تحظى أبدًا باهتمام أوسع، ومع ذلك، فإنَّه مع اختراع التصادم الزمكاني، هناك دلائل قوية على أنَّ هناك حاجة إلى ثلاثة أبعاد مكانية وثلاثة أبعاد زمنية؛ لذلك، يقترح "مينكوفسكي" مقياسًا مكانيًا-زمانيًا يكون "موازيًا" لمقياس "شوارزشيلد" في إطار النظرية النسبية العامة، في حين أنَّ مقياسنا الجديد متوافق مع الزمكان التصادمي، ومع ذلك، فإننا سوف ندعي أنَّ كلا من نظرية النسبية العامة وحل "شوارزشيلد" الخاص بها من المحتمل أنْ يكونا غير مكتملين بطريقة ما. هذه النقطة هي أحد أسباب عدم القدرة على توحيد النسبية العامة مع ميكانيكا الكم، ويبدو أن كلا من ميكانيكا الكم والجاذبية القياسية غير مكتملتين لأنه من غير الممكن توحيدهما على الأرجح، ومع هذا، يبدو أنَّ بعض التغييرات في الجاذبية النيوتونية مقترنة ببعض التغييرات في ميكانيكا الكم التي تنبع جميعها من الاشتقاق من المبادئ الأولى حول الأفكار حول أصل المادة والطاقة في نظريتنا الجديدة؛ تؤدي إلى التوحيد بين ميكانيكا الكم وجاذبية الكم(°°).

ثالثًا: نقد نفي "أينشتين" لوجود الأثير:

كانت هناك فكرة تسيطر على المجتمع العلمي، هي وجود ما يسمى بالأثير؛ أي الوسط الحامل للموجات الكهرومغناطيسية، تلك الفكرة دفعت العالِمين **"ميكلسون Michelson" و"مورلي Morley"** لاختبار وجود الأثير عمليًّا عن طريق اختبار تأثر سرعة الضوء بسرعة الأثير المفترض وجوده، إلا أنَّ نتائج التجربة(*) جاءت سلبية، وقد وضعت تلك النتائج العلماء في حيرة من إيجاد التفسير المناسب لها.

فيما بعد نفى "أينشتين" فكرة وجود الأثير، وتنبأ بأنَّ سرعة الضوء هي السرعة القصوى، وهي غير متغيرة في هذا الكون، ليبني بذلك النظرية "النسبية الخاصة". ذلك الفرض المتعلق باعتبار سرعة الضوء سرعةً قصوى وضع "أينشتين" في تحدٍّ أمام نظرية «نيوتن للجاذبية»، والتي تنتقل الجاذبية فيها انتقالًا آنيًّا، فيما يتعارض مع فرضية "أينشتين" بخصوص سرعة الضوء التي تعتبر أقصى سرعة في الكون.

دفع ذلك "أينشتين" إلى وضع افتراض يقول بأنَّ الجاذبية أيضًا تنتشر بسرعة

قصوى تساوي سرعة الضوء، لكن أصبح الثمن لهذا الافتراض هو القبول بانحناء الزمان والمكان نتيجة انتشار قوى الجاذبية في الفراغ، وقد أصبح هذا المنطلق الأساسي لصياغة نظرية النسبية العامة([٥٦]).

كما اعتبر "أينشتين" أنَّ الزمان والمكان ليسا شيئًا مسطحًا كما يُعتقد، وإنما هما نسيج واحد ينحني بفعل توزيع الكتلة والطاقة بداخله، والأمر أشبه بغشاء مرن من المطاط منبسط في جميع الاتجاهات، لكن بمجرد وضع كرة معدنية ثقيلة الوزن عليه يتقوس تحت تأثير ثقل هذه الكرة، ويكون التقوس أكبر ما يمكن بجوار الكرة، ويقل تدريجيًّا كلما بعدنا عنها، وهو مؤقت؛ إذ يزول بمجرد رفع الكرة.

ويبقى سؤال مهم، هو ماذا لو تحركت كرة أخرى أصغر في الحجم والثقل في اتجاه الكرة الكبيرة بحيث تدخل في نطاق التقوس؟

بطبيعة الحال ستسقط فيه، ولكن الأمر يختلف لو أنَّ الكرة الصغيرة تحركت بسرعة كافية تمنعها عن السقوط في التقوس؛ إذ سوف تدور في محيط هذا التقوس دون السقوط فيه. ويطلق على نطاق التقوس مجال الكرة الكبيرة، وهو ما يحدث حال تحرك كواكب مجموعتنا الشمسية في مجال نجم الشمس بسرعة تمنع انجذابها الكامل للشمس لكنها تظل تدور حولها في مدار محدد؛ فالشمس ذات الثقل الكبير تؤدي لتقوس الفضاء (نسيج الزمكان)؛ وهو ما يجعل الكواكب الأصغر في الكتلة التي تتحرك بالقرب منها تنجذب إليها([٥٧]).

وبناء على ما سبق، فإنَّ الأشعة الضوئية تسير في خطوط مستقيمة إذا كان الفضاء خاليًا من المادة، بينما يتعرض مسارها للانحناء والتقوس في حال صادفت جسمًا ذا كتلة كبيرة كالشمس مثلًا. تلك النتائج كانت هي الحد الفاصل بين فهم "نيوتن" للزمان والمكان وفهم "أينشتين" لهما.

خلال عقد العشرينات من القرن العشرين، تمكنت مجموعة من العلماء، على رأسهم "نيلز بورNiels Bohr "، من اختطاف الأضواء من "أينشتين". كان هؤلاء العلماء، على العكس من "أينشتين" مهتمين بالأجزاء الصغيرة من الكون مثل: الذرة والإلكترونات والبروتونات. ولعجز نظرية الجاذبية التي طرحها "أينشتين" بتفسير التجاذب بين الكواكب العملاقة عن تفسير هذا العالم الصغير غير المرئي في الذرة الواحدة، وضعت نظرية خاصة بذلك أطلق عليها ميكانيكا الكم.

مجمل القول: إنَّ ميكانيكا الكم كانت تؤمن بالاحتمالات وبأنه لا يوجد يقين لا يقبل الشك بنتائج أي تجربة أو نظرية وهذا ما كان يرفضه "أينشتن" في نظرية النسبية العامّة، حيث كان يؤمن بأنَّ هناك تنظيمًا لكل شيء في الكون، ولكن التجارب المتلاحقة أثبتت خطأ "أينشتين" في هذه النقطة.

وأثناء استكشافه لمبدأ النسبية العالمي، أو إقراره باستحالة اكتشاف حالة الحركة المنتظمة، أكد "أينشتين" أنه لا توجد ظاهرة في الميكانيكا أو الديناميكا الكهربائية تستلزم مفهوم السكون المطلق، بمعنى آخر، جادل "أينشتين" بأنَّ فكرة الحركة الحقيقية، التي تتطلب شبكة مرجعية مطلقة للمكان والزمان، لا معنى لها من الناحية المادية. وأعرب عن اقتناعه بأنَّه لا يوجد سبب تجريبي للنظر في إطار مرجعي مميز لتحديد الحركة الحقيقية وحالة السكون؛ لذلك، يجب أنْ تعتمد النظرية على التأثيرات الفيزيائية التي تعتمد فقط على سرعة الحركة النسبية بين الإطارات. ثم رأى أنَّ الحقيقة الفيزيائية التجريبية لاستقلال سرعة الضوء عن سرعة المصدر يجب أنْ تكون متوافقة مع مبدأ النسبية، من خلال افتراض استقلال وثبات السرعة النسبية للضوء عند الحركة([٥٨])، وهذا يترتب عليه نفي وجود الأثير.

إنَّ نظرية "أينشتين" توضح أنَّ قوة الجاذبية تنجم عن الطريقة التي تعتمدها الكتلة في ثني نسيج الزمكان وليس للأثير تدخل فيها، وهو ما يعني أنه كلما ازداد حجم الكتلة في منطقة ما من الفضاء، ازدادت مساحة الزمكان وتباطأت حركة عقارب الساعات القريبة منها، وفي حال تزايد تركيز الكتلة في مكان واحد، سيصبح الزمكان مشوها لدرجة كبيرة حتى أنَّ الضوء لا يستطيع الهرب من جاذبيته، وهو ما سيقود إلى تشكيل ثقب أسود.

رابعًا: نقد القصور الذاتي:

إنَّ الفكرة العميقة المتمثلة في إرجاع أصل الخاصية الفيزيائية "للقصور الذاتي" (للحركة)، ومن ثم سبب قوى القصور الذاتي إلى بعض التفاعلات مع بقية المادة في الكون، تُعرف الآن باسم **"مبدأ ماخ[(*)] Mach's Principle"**، وقد أعلن "أينشتين" أنها عامل محفز في نشأة نظريته النسبية العامة([٥٩]).

كما أنَّ هناك تعميم مهم "لأينشتين" خاص بمبدأ النسبية مؤداه: تكون القوانين الفيزيائية هي نفسها في جميع أنظمة القصور حتى لو كانت هذه الأنظمة في حركة

مطردة بالنسبة لبعضها البعض. ومبدأ النسبية يقرر أنَّ جميع أنظمة أو أطر القصور الذاتي متساوية أو متعادلة، وهذا يعني أنه لا يوجد إطار مرجح أو نظام قصور مطلق له خاصية مميزة تميزه عن غيره من الأطر؛ فالخاصية الفريدة المميزة سوف تؤدي إلى قوانين فيزيائية مميزة في يده. وهذا الفرض يبدو معقولًا لأنَّ الإنسان يتوقع أنْ تكون القوانين الأساسية للطبيعة واحدة. ووفقًا لهذه القاعدة، لو أنَّ هناك معلومات عن ظاهرة فيزيائية في نظام قصور بعينه بلغت شخصًا في نظام قصور آخر؛ فيجب أنْ نستنتج أنَّ القوانين الفيزيائية واحدة في كلا النظامين([٦٠]). معنى هذا: أنَّ الحركة المطلقة لا توجد لها آثار ملحوظة على أي ظاهرة فيزيائية، أي أنها لا توجد فيزيائيًا([٦١]).

ونتيجة لما سبق، أعاد "أينشتين" صياغة مفاهيم المكان والزمن انطلاقًا من مسلمتين:

١- ستكون نفس قوانين الديناميكا الكهربائية والبصريات صالحة لجميع الأطر المرجعية التي تصلح لها معادلات الميكانيكا؛ (مبدأ النسبية).

٢- ينتشر الضوء دائمًا في الفضاء الفارغ بسرعة محددة C وهي مستقلة عن حالة حركة الجسم الباعث.

حيث تشير هاتين المسلمتين إلى صلاحية قوانين "ماكسويل" في جميع أطر القصور الذاتي.

بهذه الطريقة، يدرج "أينشتين" قوانين "ماكسويل" في مجموعة القوانين الأساسية التي تلبي مبدأ النسبية ويزيل أي إمكانية لاكتشاف حالة الحركة (المطلقة) لإطار بالقصور الذاتي عن طريق التجارب الكهرومغناطيسية، يقول: "إن ظواهر الديناميكا الكهربائية وكذلك الميكانيكا لا تمتلك أي خصائص تتوافق مع فكرة السكون المطلق"([٦٢]).

ووفقًا للنظرية النسبية الخاصة، تُعطى بعض أنظمة الإحداثيات الأفضلية لوصف استمرارية الزمان والمكان رباعية الأبعاد، وفي هذا يقول "أينشتين": "لقد أطلقنا على هذه "أنظمة الإحداثيات الجليلية (نسبة إلى جاليليو)"([٦٣]).

كما يشير "**ستيفن واينبرج (١٩٣٣-٢٠٢١م) Steven Weinberg**" في دراسته المنشورة في بدايات القرن الحادي والعشرين إلى أنه عند التفكير في أخطاء "أينشتين"، يتذكر المرء على الفور ما أسماه "أينشتين" - في محادثة[٦٤] مع **جورج**

جامو (١٩٠٤-١٩٦٨م) George Gamow - أكبر خطأ ارتكبه في حياته: ***إدخال الثابت الكوني***. بعد أنْ أكمل "أينشتين" صياغة نظريته عن المكان والزمان والجاذبية (النظرية النسبية العامة) تحول في عام ١٩١٧م إلى النظر في بنية الزمكان للكون بأكمله، ثم واجه مشكلة. كان "أينشتين" يفترض أنه عندما يتم حساب متوسط عدد كبير من النجوم بشكل مناسب، يكون الكون منتظمًا وثابتًا بشكل أساسي، لكن معادلات النسبية العامة لا يبدو أنها تسمح بحل مستقل عن الزمن لكون ذي توزيع موحد للمادة؛ لذا قام "أينشتين" بتعديل معادلاته، وذلك بإضافة مصطلح جديد يتضمن كمية أطلق عليها اسم الثابت الكوني، ثم تم اكتشاف أنَّ الكون ليس ساكنًا، بل يتمدد. شعر "أينشتين" بالأسف لأنه شوه نظريته الأصلية دون داع، وربما أزعجه أيضًا أنه أخطأ في التنبؤ بتمدد الكون([٦٥])، إلا أنَّ "واينبرج" يلتمس العذر لأينشتين فيقول: "في عام ١٩١٧، كان من المنطقي لأينشتين أنَّ يفترض أنَّ الكون ثابت"([٦٦]).

لقد ارتكب" أينشتين" ما يعتبر من وجهة نظر الفيزياء النظرية اليوم خطأً أعمق في كراهيته للثابت الكوني؛ ففي تطوير النسبية العامة، لم يعتمد فقط على مبدأ فيزيائي بسيط - مبدأ تكافؤ الجاذبية والقصور الذاتي الذي طوره من عام ١٩٠٧م إلى عام ١٩١١م - ولكن أيضًا اعتمد على نوع من **نصل أوكام(*) Occam's razor** ، وهو أنَّ معادلات النظرية يجب أنْ تكون ثابتة، أي لا تكون متسقة مع هذا المبدأ فحسب؛ بل تكون أيضًا بسيطة قدر الإمكان. في حد ذاته، فإنَّ مبدأ التكافؤ من شأنه أنْ يسمح بمعادلات ميدانية ذات تعقيد غير محدود تقريبًا. كان بإمكان "أينشتين" تضمين مصطلحات في المعادلات التي تتضمن أربعة مشتقات للزمكان، أو ستة مشتقات للزمكان، أو أي عدد زوجي من مشتقات الزمكان، لكنه اقتصر على المعادلات التفاضلية من الدرجة الثانية([٦٧]).

كما يرى "**أونيكريشنان (١٩٦٢-....) C. S. Unnikrishnan**" في دراسته المنشورة عام ٢٠٢٢م أنَّ نظرية "أينشتين" في النهاية لم تتمكن من دمج مبدأ "ماخ"؛ لأنها نظرية تعتمد على النظرية النسبية الخاصة، وثبات الفضاء الفارغ أثناء الحركة؛ حيث لا يمكن دمج مبدأ "ماخ" إلا من خلال فهم أساس الجاذبية الفيزيائية للمبدأ، وهذا يستلزم الاعتراف بالكون المليء بالمادة باعتباره الإطار المهيمن والمتميز في الجاذبية لتحديد الحركة. من ثم، يأخذ الإطار الكوني

بالضرورة دور الإطار المطلق في النظرية التي تدمج مبدأ ماخ باستمرار، ومن الناحية الملاحظة، هناك تيار مادة متباين الخواص في إطار مرجعي متحرك، يتناسب مع السرعة، مما يجعل الفضاء المادي في الإطار متباين الخواص؛ إلا أنَّ هذا يتعارض مع تحويلات "لورنتز" التي ترفض أي إطار مفضل من هذا القبيل، ومن الواضح أنَّ الانتشار الحقيقي للضوء في مثل هذا الإطار المطلق الحقيقي لا يمكن أنْ يكون بسرعة نسبية ثابتة، وهي نفس السرعة بالنسبة لجميع المراقبين؛ حيث نرى بوضوح لماذا لا يمكن لبصيرة "ماتشيان" أنْ تتعايش مع فضاء "مينكوفسكي" الفارغ وتحولات "لورنتز"، أو مع نظرية النسبية العامة المبنية على نظرية النسبية الخاصة([٦٨]).

فضلًا عن أنَّ دراسة جديدة **لروبرت فردمان (١٩٥٦م - .....) Robert Ferdman** نُشرت عام ٢٠٢١م في المجلة الفيزيائية "فيزيكال ريفيو إكس Physical Review X"، أوردت أنَّ الباحثين راقبوا حركة إثنين من النجوم الضخمة من النوع المسمّى "نجوم نابضة Pulsar"، في إشارة إلى أنها نوع من النجوم النيوترونية التي تُصدر حزمًا من الإشعاع الكهرومغناطيسي من أقطابها، وقد استعان أولئك العلماء بسبعة تلسكوبات راديوية [تعمل عبر إطلاق موجات راديو في الفضاء وتراقب التغيرات التي تتعرض لها تلك الموجات في رحلتها الكونية] موزّعة في أرجاء الكرة الأرضية([٦٩]).

يفوق النجمان النابضان شمسنا وزنًا ولكن عرضهما لا يتجاوز ١٥ ميلاً (حوالى ٢٤ كيلومترًا)، بينما يدور النجم الأول حول نفسه ٤٤ مرّة في الثانية، يستغرق الآخر ٢.٨ ثانية للانتهاء من دورانه، ويدور الجرمان السماويان حول بعضهما بعضًا كل ١٤٧ دقيقة، بسرعة مذهلة تبلغ مليون كيلومتر في الساعة، ما جعلهما جديرين بالمراقبة، في حين أنَّ "أينشتين" أو غيره من فيزيائيي عصره ما كانوا ليتخيلوا وجود هذا النظام النجمي النابض المزدوج، الذي يعود اكتشافه إلى ٢٠٠٣، إلا أنه يشكل "المختبر الأكثر دقة" في متناول العلماء للتحقق من مدى صحة نظريات العالم الشهير، بحسب الدكتور فردمان([٧٠]).

وفي سياق تلك التجربة، نجح العلماء في إجراء اختبارات على كيفية نقل الطاقة بواسطة موجات الجاذبية على مستوى يفوق من التكنولوجيا المتوافرة لديهم حاليًا بألف مرّة [بمعنى أنَّ ذلك المستوى ظهر في طريقة انتقال الطاقة عبر موجات

الجاذبية في النجمين النابضين اللذين وُضعا قيد المراقبة]. ويضاف إلى ذلك أنهم وجدوا أنَّ نظرية "أينشتين" ما زالت قائمة، وكذلك رصد الباحثون أيضًا تأثيرات لم يسبق أنْ خضعت للدراسة. ووفق كلمات البروفيسور "ديك مانشستر" من "وكالة العلوم الوطنية الأسترالية" ("سيسروCISRO")، "إضافة إلى موجات الجاذبية وانتشار الضوء، أتاحت لنا دقة ذلك العمل، أنْ نقيس تأثير"تمدد الوقت" الذي يجعل الساعات تعمل بشكل أبطأ في مجالات الجاذبية"، حيث وفق نظرية "أينشتين"، يتأثر الزمان بالجاذبية. ولذا، يجري تعديل الوقت على الموجات التي تدخل الأرض آتية من فضاء مجاور، على غرار البث التلفزيوني عبر الأقمار الاصطناعية([٧١]).

وعلى سبيل الخلاصة، رأى العلماء الذين نهضوا بتلك التجربة، إنه على الرغم من أنَّ مستوى الدقة الذي اعتمدوه في عمليات القياس لم يسبق له مثيل، فإنَّ إجراء تجارب مستقبلية باستخدام تلسكوبات أكبر حجمًا، سيوصل إلى تفحص الكون بمستوى أعلى من الدقة. بالتالي، يمكن لتلك التجارب المستقبلية أنْ تجد، ذات يوم، انحرافًا عن نظرية أينشتين"([٧٢])، وهو ما يسعون إلى إثباته.

خامسًا: تجارب حديثة تدعم فرضيات أينشتين:

١- تجربة ليجو:

في سياق آخر، اندهش العالم مع اكتشاف أول ليزر في العام ١٩٦٠م والذي وضع أساسه النظري "أينشتين" في عام ١٩١٧م وبعد مرور ٤٣ عام توصل العلماء إلى أول شعاع ليزر، وها نحن اليوم نندهش مرة أخرى بعد مرور ما يزيد عن ١٠٠ عام لفرضية وضعها "أينشتين" وتحققت عمليًا بتجربة عملية اجتاحت نتائجها أرجاء الكرة الأرضية، أطلق عليها "تجربة ليجو LIGO.

افترض "أينشيتن" في نظريته النسبية العامة بأنَّ أي جسم يمتلك كتلة يحدث تغيرًا في شكل الزمكان وعند تسارع هذه الأجسام، فإنها تحدث اهتزازات في الزمكان تسمى بأمواج الجاذبية Gravitiational Waves. ومن هنا فإنَّ "أينشتين" يفسر الجاذبية بشكل مختلف تمامًا عن ما توصل له "نيوتن" وأنَّ الجاذبية أصلها الكتلة، إلا أنَّ "أينشيتن" أخذ منحى آخر وقال في نظريته أنَّ كتلة الجسم تحدث تغير في نسيج الزمكان وتغير نسيج الزمكان يتسبب في حركة هذه الكتل.

٢- التثبت من أمواج الجاذبية:

في سياق دعم نظرية الزمكان عند "أينشتين"، وخاصة أمواج الجاذبية، في الحادي عشر من فبراير من العام ٢٠١٦م تمكن العلماء أخيرًا من التحقق من صحة هذه النظرية التي كانت على المحك، وكانت التجربة غاية في الأهمية والدقة لانها كانت ستؤدي إلى نتائج مبهرة سواء أثبتت صحة النظرية النسبية أو عدمها إلا أنَّ التجربة جاءت لتؤكد وجود أمواج الجاذبية وأنَّ النظرية النسبية العامة صحيحة. هذا أعطى النظرية النسبية وصاحبها بعدًا جديدًا، هو أنه بعد مرور ١٠٠ عام من فرضيته يتمكن العلماء من اثبات صحتها([٧٣]).

تتنبأ النسبية العامة "لأينشتين" بأنَّ مدارات جسم ما حول جسم آخر (في الفضاء) ليست مدارات مغلقة، كما هو الحال في الجاذبية النيوتونية، ولكنها تتقدم إلى الأمام في مستوى الحرك، وكان هذا التأثير الشهير الذي تنبأ به "أينشتين" والذي ظهر لأول مرة في مدار كوكب عطارد حول الشمس أول دليل لصالح النسبية العامة، وبعد مائة عام اكتشف التأثير نفسه في حركة نجم يدور حول المصدر الراديوي الصغير في مركز درب التبانة.

في شمال تشيلي، بإستخدام بيانات الرصد من التلسكوب الكبير جدًا في المرصد الجنوبي الأوروبي (ESO)، تمكن الباحثون بمرور الوقت من القياس التدريجي لإحصائيات بعيدة أطلق عليها الباحثون إسم S2، وهو نجم ضمن النجوم التي تحوم حول الثقب الأسود العظيم في مركز مجرتنا، حيث دامت "مطاردته" ٢٧ عامًا وأدت إلى ٣٣٠ قياسًا لموضع النجم. وحسب الباحثين، فإنَّ هذه النتائج والأبحاث لا تسلّط الضوء على الثقب الأسود الغامض الموجود في مركز درب التبانة فحسب، بل تعزّز أيضًا صحّة نظرية النسبية "لأينشتين"، حيث إنَّ رصد وتتبع الأنماط المدارية للنجوم ليس بأي شكل من الأشكال ممارسة جديدة في علم الفلك؛ إلا أنَّ ما يجعل هذا النجم S2 مميزًا كونه يتبع مسارًا مداريًا يستغرق حوالي ١٦ عامًا لإكماله، الأمر الذي أجبر الباحثين على مراقبة تقدمه وقياسه على مدى عقود أسفرت بعد ذلك عن سلوك مميز للنجم الذي يقترب خلال إتباعه لمساره المداري من الثقب الأسود فيغير من أنماطه السلوكية([٧٤]).

عالج "أينشتين" النقص في نظريات "نيوتن" من خلال نظريته في النسبية العامة التي وصفت بشكل مثالي مدار عطارد المرصود، وجميع الأجرام الأرضية

والسماوية الأخرى؛ فبعد أنْ غمرت النظرة النيوتونية العالم في أوائل القرن العشرين، ذهبت النسبية العامة في سلسلة من التنبؤات الفورية الدائمة التي لم تفشل أبدًا، حيث تنبأت النسبية بانحناء الضوء، وتم تأكيد هذا التوقع. وكذلك تنبأت بوجود ثقوب سوداء، وهي منطقة غريبة للغاية من الزمكان. ربما في البداية لم يكن من الواضح ما إذا كان هذا التنبؤ مجرد قطعة أثرية رياضية للنظرية أو ما إذا كانت الرياضيات قد وصفت شيئًا حقيقيًا بالفعل، لكننا نعلم اليوم أنَّ الثقوب السوداء حقيقية. تنبأت النظرية كذلك بوجود موجات الجاذبية أو الموجات الثقالية التي لم نتمكن من تأكيدها تجريبيًا إلا في عام ٢٠١٦(٧٥)، لكن بعض الأشياء لا يمكن لأي إطار نظري أنْ يفسرها، لا فيزياء "نيوتن"، ولا النسبية الخاصة والعامة، ولا الديناميكا الكهربية أو الكهرومغناطيسية أو الديناميكا الحرارية. لم تكن جميع نظريات الفيزياء في أوائل القرن العشرين قادرة على الوصف الصحيح للأشياء على نطاق مجهري.

رابعًا: تحديات تواجه نظرية الزمكان في القرن الحادي والعشرين:

تُعد نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين واحدة من أعظم الإنجازات العلمية في القرن العشرين. هذه النظرية غيرت فهمنا للجاذبية والزمكان، حيث وصفت الجاذبية ليس كقوة تقليدية، بل كنتيجة لانحناء الزمكان بسبب وجود الكتلة والطاقة. ومع ذلك، وعلى الرغم من نجاحها الكبير في تفسير العديد من الظواهر الكونية، فإن النظرية واجهت انتقادات وتحديات في القرن الواحد والعشرين. هذه الانتقادات تنبع من محاولات التوفيق بين النسبية العامة وميكانيكا الكم، بالإضافة إلى الملاحظات الكونية التي قد لا تتوافق تمامًا مع توقعات النظرية.

١- التناقض مع ميكانيكا الكم:

أحد أكبر التحديات التي تواجه نظرية الزمكان لأينشتاين هو عدم توافقها مع ميكانيكا الكم، التي تصف السلوك على المستوى الذري ودون الذري. في حين أن النسبية العامة تعتمد على مفهوم الزمكان المتصل والمنحني، فإن ميكانيكا الكم تعتمد على مبادئ عدم اليقين والاحتمالية. هذا التناقض أدى إلى ظهور نظريات

مثل "نظرية الأوتار" و"الجاذبية الكمية الحلقية" في محاولة لتوحيد القوى الأساسية الأربع في الطبيعة([٧٦]) .

٢- مشكلة الطاقة المظلمة والمادة المظلمة:

في أواخر التسعينيات، اكتشف العلماء أن توسع الكون يتسارع، وهو ما يُعزى إلى وجود "الطاقة المظلمة"، وهي شكل غير معروف من الطاقة يُعتقد أنه يشكل حوالي ٦٨% من الكون. بالإضافة إلى ذلك، هناك "المادة المظلمة"، التي تشكل حوالي ٢٧% من الكون ولا يمكن رصدها مباشرة. هذه الاكتشافات أثارت تساؤلات حول مدى كفاية نظرية النسبية العامة في تفسير هذه الظواهر. بعض العلماء اقترحوا تعديلات على النظرية، مثل "نظرية الجاذبية المعدلة(MOND) "، لتفسير هذه الظواهر دون الحاجة إلى افتراض وجود المادة المظلمة([٧٧]).

٣- التحديات من الملاحظات الفلكية:

في السنوات الأخيرة، أظهرت بعض الملاحظات الفلكية، مثل سلوك النجوم في المجرات البعيدة، انحرافات عن توقعات النسبية العامة. على سبيل المثال، سرعة دوران النجوم في الأطراف الخارجية للمجرات لا تتوافق مع الحسابات المستندة إلى كتلة المادة المرئية. هذا أدى إلى اقتراحات بأن النسبية العامة قد تحتاج إلى تعديلات عند تطبيقها على المقاييس الكونية الكبيرة([٧٨]).

٤- مشكلة التفردات:

النسبية العامة تتنبأ بوجود "تفردات" في الزمكان، مثل تلك الموجودة في مركز الثقوب السوداء أو عند الانفجار العظيم. هذه التفردات هي نقاط ذات كثافة لانهائية وحجم صفري، حيث تنهار قوانين الفيزياء. هذا يشير إلى أن النظرية غير مكتملة، حيث لا يمكنها وصف هذه الحالات القصوى. العلماء يعملون على تطوير نظريات جديدة، مثل "الجاذبية الكمية"، لفهم ما يحدث في هذه التفردات([٧٩]).

من ثم، تواجه نظرية الزمكان لأينشتاين تحديات كبيرة في القرن الواحد والعشرين، خاصة في محاولات التوفيق بينها وبين ميكانيكا الكم، وتفسير الظواهر الكونية الغامضة مثل الطاقة المظلمة والمادة المظلمة. على الرغم من أن النظرية لا تزال

قوية في تفسير العديد من الظواهر، إلا أن هذه الانتقادات تشير إلى أن فهمنا للزمكان قد يحتاج إلى تحديث أو تعديل. الأبحاث الجارية في مجال الجاذبية الكمية والنظريات الموحدة قد تقودنا إلى فهم أعمق للكون، وقد تكشف عن طبقات جديدة من الحقيقة تتجاوز ما قدمه أينشتاين.

تعقيب:

إنَّ دراستنا للانتقادات التي وجهت إلى نظرية الزمكان عند "أينشتين" أكدت لنا ما هو معروف عن "أينشتين" بأنه أكثر العلماء عبقرية عبر التاريخ وأكثرهم جرأة وثورية؛ حيث يعلمنا -حتى من خلال الانتقادات التي وجهت إليه - درسًا مهمًا، هو ألا نخشى أحدًا في طرح فرضياتنا أو تعميماتنا وألا نتردد مخافة الوقوع في الخطأ؛ فألمع العقول البشرية يخطئون، ومنهم "أينشتين" نفسه.

وفي سياق تقيسمنا للانتقادات التى وجِّهت إلى النظرية النسبية العامة واستنتاجاتها وخاصة نظرية الزمكان، قسَّمت الدراسة الانتقادات إلى محورين في غاية الأهمية والشمول؛ فجاء محور النقد الأول ليناقش الانتقادات التي وجَّهت إلى النظرية من حيث تماسكها المنطقي والرياضي، وهو المحور الذي لم تكن فيه انتقادات العلماء على قدر كبير من القوة والوضوح، حيث استخدم "أينشتين" عبقرية في عرض تصوراته بما لا يدع مجالًا للنقد لدى منافسيه؛ حيث تميزت معادلاته بالدقة المتناهية بشهادة كثير من علماء عصره، حتى منتقدوه أقروا بدقة معادلاته وتفوقها على نظيراتها من حيث الصياغة والإيجاز. أمَّا المحور الثاني الذي تمثل في الانتقادات التي وجهت إلى نظرية الزمكان من حيث فرضياتها وآليات تعميمها؛ فكان له نصيب الأسد في القرن الحادي والعشرين؛ وذلك كان نتيجة لتقدم العلم وتطور أدواته؛ الأمر الذي ترتب عليه إجراء عديد من التجارب التي أثبتت صحة غالبية تعميمات "أينشتين"، ومنها ما أثبت عدم دقة بعضها، أو عدم قدرتها على تقديم تفسير دقيق لطبيعة الوجود اللا مادي للكون.

إنَّ غالبية نظريات "أينشتين" كانت نظريات استشرافية واستباقية للمستقبل؛ حيث إنَّ تجارب العلم المعاصر أثبتت صحة بعضها بعد أكثر من ١٠٠ عام على طرحها، وهناك بعض النظريات لا تزال في طور الاختبار ولم يتثبت العلماء من صدقها أو حتى كذبها بعد. الأمر الذي تترتب عليه قابلية رؤى ونظريات "أينشتين"

للتطور والتقدم وفقًا لمستجدات العصر، وتطور أدوات الذكاء الاصطناعي التي نستطيع من خلالها التحقق من الفرضيات التي لم نكن نستطيع التحقق منها من قبل؛ بسبب ضعف إمكانات الأجهزة والمراصد الكونية.

في الأخير، يمكننا القول إنَّ هناك بعضًا من محاور نظرية الزمكان عند "أينشتين" يمكن للعلماء تطويرها في القرن الحادي والعشرين والإضافة إليها، وخاصة تصوره لسرعة الضوء ودوره في بحث تجربة السفر عبر الزمن، وبئر الجاذبية وحقيقة الثقوب السوداء، وغيرها من الرؤى والاستنتاجات المهمة.

الخاتمة:

تأسيسًا على ما سبق، فقد توصلت الدراسة إلى مجموعة من النتائج، جاءت مرتبة وفقا لأسئلة الدراسة على النحو الآتي:

أولًا: أنَّ أهمّية النظريّة النسبيّة تكمن في ربطها بين الزّمان والمكان، بحيث تتعامل معهما كشيء واحد يُسمى "الزّمكان" بعد أنْ كان يتم التّعامل معهما كشيئين مُختلفَين، وربطت الوقت بسرعة الجسم وحركته، كما أصبحت هناك مفاهيم لتقلُّص الزّمن وتمدّده في الكون.

ثانيًا: اقترحت الدراسة تعريفًا إجرائيًا للزمكان تمثل في: "الزمكان هو نقطة مجال رباعية الأبعاد في النسيج الذي يتكون من كل الأجرام السماوية والفلكية، حيث إنَّ الماضي والحاضر والمستقبل هم انعكاس للزمكان ذاته".

ثالثًا: أهم الانتقادات التي وجِّهت إلى نظرية الزمكان عند "أينشتين" فيما يخص تماسكها المنطقي والرياضي أنه أثناء عرض نظريته على المجتمع العلمي تبين أنَّ غالبية تنبؤاته من الصعب اختبارها بشكل تجريبي، كذلك من الصعب التحقق من صدقها؛ فغالبية تعميماته هي مجرد فرضيات رياضية صورية نظرية وليست بالتالي فيزيائية واقعية يمكن التحقق منها في حينها، وهذه الرؤية هي الأكثر إقناعًا من وجهة نظر الدراسة.

رابعًا: تمثلت انتقادات نظرية الزمكان عند "أينشتين" فيما يخص فرضياتها وآليات تعميمها في الآتي: نقد ثبات سرعة الضوء، ونقد القول بأن الزمن هو البعد الرابع، ونقد فرضية نفي وجود الأثير، ونقد فرضية القصور الذاتي، وكان من أهم أسباب هذه الانتقادات في القرن الحادي والعشرين هو تقدم العلم الحديث

وتطور أدواته، الأمر الذي كان له بالغ الأثر في اختبار نظريات "أينشتين" والتحقق منها.

خامسًا: إنَّ جوهر النظرية النسبية العامة يمكن الكشف عنه في العبارة التالية "إنَّ كلاً من المادة والطاقة تُخبر نسيج الزمكان كيف ينحني، كما أنَّ انحناء نسيج الزمكان يخبر المادة كيف تتحرك".

سادسًا: تواجه نظرية الزمكان تحديات كبيرة في القرن الواحد والعشرين، خاصة في محاولات التوفيق بينها وبين ميكانيكا الكم، وتفسير الظواهر الكونية الغامضة مثل الطاقة المظلمة والمادة المظلمة.

وعلى الرغم من أن النظرية لا تزال قوية في تفسير العديد من الظواهر، إلا أن الانتقادات التي وجهت إلى النظرية تشير إلى أن فهمنا للزمكان قد يحتاج إلى تحديث أو تعديل من تقدم العلم.

حواشي البحث

[١]- يمنى طريف الخولي: ***الزمان في الفلسفة والعلم***، المملكة المتحدة: مؤسسة هنداوي، ٢٠١٤، ص ١٣.

(*) إسحاق نيوتن (Isaac Newton) عالم رياضيات وفيزياء وبصريات وفيلسوف شهير، يعد من أشهر علماء العالم حيث ولد في عام ١٦٤٢ وتوفي عام ١٧٢٦م في المملكة المتحدة، وبسبب الكثير من الأكتشافات التي أكتشفت عن طريقه، أصبح نيوتن رمزًا علميًا وملهم لكثير من العلماء والناس. انظر:

-Zvi Biener: ***Isaac Newton (1642-1727),*** Routledge Encyclopedia of Philosophy, January 10, 2016, p. 1, 2.

- جيل كريستيانسن: إسحاق نيوتن والثورة العلمية، تعريب: مروان البواب، الرياض: مكتبة العبيكان، ط١، ٢٠٠٥، ص ١١ : ١٥.

(*) ألبرت أينشتين (١٨٧٩-١٩٥٥) عالم فيزياء نظرية ألماني الأصل سويسري الجنسية، وُلد في مدينة أولم، لكن سرعان ما انتقلت أسرته إلى ميونخ؛ حيث قضى سنوات دراسته هناك. اشتهر بنظريته النسبية ومعادلته الشهيرة E=mc^2 (التي تربط بين الكتلة والطاقة) ط= ك س[٢]، وهو يُعد واحدًا من أعظم العقول العلمية في التاريخ. عمل أيضًا على العديد من الموضوعات الأخرى في الفيزياء والرياضيات، وحصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٢١م لإسهاماته في فهم الظاهرة الكهروضوئية (التأثير الفوتوكهربائي). انظر: بيتر كولز: ***علم الكونيات: مقدمة قصيرة جدًا***، ترجمة: محمد فتحي خضر، المملكة المتحدة: مؤسسة هنداوي، ٢٠١٤م، ص ٢١.

[٢]- ربى محمد: ***مفهوم الزمن حسب النظرية النسبية***، موقع موضوع، ١٨ سبتمبر ٢٠١٦، متاح على: https://mawdoo3.com/ ، تم الدخول بتاريخ: ٢٠ سبتمبر ٢٠٢٣م.

[٣]- ألبرت أينشتين: ***النسبية: النظرية الخاصة والعامة***، ترجمة: رمسيس شحاته، مراجعة: محمد مرسي أحمد، تقديم: عطية عاشور، القاهرة: المجلس الأعلى للثقافة، سلسلة ميراث الترجمة، العدد ٨٢٨، ٢٠٠٥، ص ١٤.

[٤]- المرجع نفسه.

[٥]- ربى محمد: ***مفهوم الزمن حسب النظرية النسبية***، مرجع سابق.

[6]- C. S. Unnikrishnan: ***New Relativity in the Gravitational Universe: The Theory of Cosmic Relativity and its Experimental Evidence, Fundamental Theories of Physics***, Volume 209, Springer Nature, 2022, P. ٤٢.

[٧]- ألبرت أينشتين: ***النسبية: النظرية الخاصة والعامة***، مرجع سابق، ص ١٥.

[٨]-بيتر كولز، مرجع سابق، ص ٢٠.

[٩]- المرجع نفسه، ص ٢٠.

[10]- See: I. Newton**: *Principia Mathematica The Mathematical Principles of Natural Philosophy***. (Daniel Adee, New York, 1846).

[11]- E. Mach: ***The Science of Mechanics***, 4th edn. (The Open Court Publishing Co., London, 1919), pp. 222–245 and appendix XX.

(*) ماكسويل: عالم فيزياء بريطاني ولد عام ١٨٣١م في أدنبرة بأسكتلندة، وقد تخرج من كامبردج وقضى معظم حياته كأستاذ جامعي، لقد صاغ أربعة معادلات عبرت عن القوانين الاساسية للمغناطيسية والكهرباء، وأستطاع من خلالها أنْ يوضح بدقة العلاقة المتبادلة بين المجالات الكهربائية والمغناطيسية وبهذا العمل نقل تلك الظواهر الطبيعية المعقدة إلى نظرية مفهومة، وقد طبقت معادلاته طيلة القرن الماضي في العلوم النظرية والتطبيقية.

[١٢]- ميشيو كاكو: ***كون أينشتاين: كيف غيرت رؤى ألبرت أينشتاين من إدراكنا للزمان والمكان***، ترجمة: شهاب ياسين، المملكة المتحدة: مؤسسة هنداوي، ٢٠٢٠م، ص٢١.

[١٣]- ميشيو كاكو، المرجع نفسه، ص٢٤.

[14]-A. P. French: ***Special Relativity, The MIT Introductory Physics Series***, van Nastrand Reinhold co. LTD., England. 1982. P. 74.

[١٥]- بيتر كولز: مرجع سابق، ص ٢١، ٢٢.

[١٦]- المرجع نفسه، ص ٢٢.

[١٧]-صباح إبراهيم: ***الزمان والمكان في النظرية النسبية لأنشتاين***، الحوار المتمدن-العدد: ٣٩١٨ - ٢٠١٢ / ١١ / ٢١، متاح على: https://www.ahewar.org/debat/show.art.asp?aid=333354 ، تم الدخول بتاريخ: ٢٠ سبتمبر ٢٠٢٣م.

[١٨]-ألبرت أينشتين، مرجع سابق، مقدمة الترجمة العربية، ص ٩.

[١٩]- جلال عبدالفتاح: ***الكون ذلك المجهول***، القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٩٨، ص ٣٦.

[٢٠]- بيتر كولز، مرجع سابق، ص ٢١.

[٢١]- المرجع نفسه، ص ٢٣.

[٢٢]- آدم سميث: ***تجربة في عمق الفضاء تحدت أعظم نظرية لآينشتاين***، إندبندنت بالعربية The Independent ، ١٦ ديسمبر، ٢٠٢١م، متاح على:

https://www.independentarabia.com/node/286391، تم الدخول بتاريخ: ٢٠ سبتمبر، ٢٠٢٣م.

[٢٣]- بيتر كولز، مرجع سابق ص ٢٦، ٢٧.

[٢٤]- فيسيلين بتكوف: ***النسبية وطبيعة الزمكان***، ترجمة: محمد أحمد فؤاد باشا، القاهرة: المركز القومي للترجمة، العدد ٢٤٥٠، ط١، ٢٠١٤م، (المقدمة) ص ١٣.

[٢٥]- سهى يازجي: ***ما الفرق بين جاذبية نيوتن وجاذبية أينشتاين؟***، موقع أنا أصدق العلم، متاح على: https://www.ibelieveinsci.com/، ٩ سبتمبر ٢٠١٥، تم الدخول بتاريخ: ٩ سبتمبر ٢٠٢٣م.

[٢٦]- سهى يازجي، المرجع نفسه..

(*)هيرمان مينكوفسكي: عالم رياضيات وفيزياء ألماني روسي المولد من أصل يهودي، ولد في ٢٢ يونيو ١٨٦٤م وتوفي في ١٨ يناير ١٩٠٩م. عمل أستاذًا للرياضيات في كونيجسبيرج وزيورخ وغوتينغن، طور هندسة الأعداد واستخدم أساليب هندسية لحل المشاكل في نظرية الأعداد والفيزياء الرياضية ونظرية النسبية، وهو يعتبر من مؤسسي علم الهندسة المحدبة.

[٢٧]- فيسيلين بتكوف، مرجع سابق، ص ١٠٦، ١٠٧.

[٢٨]- المرجع نفسه، (المقدمة) ص ١٤.

[٢٩]- المرجع نفسه، (المقدمة) ص ١٢-١٤.

[٣٠]- هينز باجلز: ***رموز الكون؛ الفيزياء الكمية كلغة للطبيعة***، ترجمة: محمد عبدالله البيومي،مراجعة: سيد رمضان هدارة، القاهرة: الدار الدولية للنشر والتوزيع، ط٢، ١٩٨٩، ص ١٨.

[٣١]- ميشيو كاكو، مرجع سابق، ص80.

[٣٢]- المرجع نفسه.

[٣٣]- فيسيلين بتكوف، مرجع سابق، ص ٤٥٥.

[٣٤]- محمود فهمي زيدان: ***من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية***، الإسكندرية: دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، ط١، ٢٠٠٤، ص ٥٨، ٥٩.

[35]-J. K. Cosgrove: ***Relativity without Spacetime***, Switzerland AG: Palgrave Macmillan, 2018, p. 125.

36- Ibid, p. 130.

[٣٧]- معن النقري: ***الفيزياء النسبية والفلسفة***، بيروت: دار الحقائق، ط١، ١٩٨٢، ص ٧.

[٣٨]- عادل عوض: **فلسفة العلم في فيزياء أينشتين: بحث في منطق التفكير العلمي**، الإسكندرية: دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، ط١، ٢٠٠٥، ص ٨٠، ٨١.

[٣٩]- صلاح عدس: ***ملامح الفكر الأوروبي المعاصر***، كتاب الهلال، عدد(٢٠٤)، سلسلة شهرية، دار الهلال، أبريل ١٩٧٦، ص ٣٩.

[٤٠]- فيسيلين بتكوف، مرجع سابق، ص ٤٥٠، ٤٥١..

[41]- Peter Pruzan: ***Research Methodology: The Aims, Practices and Ethics of Science***, Springer International Publishing Switzerland ,2016, P. 81.

[٤٢]-ربى محمد، مرجع سابق

[43]-Albert Einstein: ***Evolution of physics***, Cambridge university press, London, 2015, p. 185.

[44]-Albert Einstein: ***On the electrodynamics of moving bodies***, June 30, 1905.

[45]-See: ***General relativity at 100: Testing Einstein's masterpiece with ever increasing precision***.

13 January 2017, Available at: https://cerncourier.com/a/general-relativity-at-100/, Available on: 10 Oct, 2023.

[46]-See: Saswato R. Das: ***Was Einstein Wrong?,*** The New York Times, Sept. 29, 2011, https://www.nytimes.com/2011/09/30/opinion/30iht-eddas30.html, Available on: 10 Oct, 2023.

[47] -Ibid.

(*) جون رافيلسكي، عالم فيزياء نظرية، وعالم سابق في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية (CERN)، وأستاذ في جامعتي فرانكفورت وكيب تاون، يعمل منذ أكثر من ٣٠ عامًا في جامعة أريزونا (توكسون، الولايات المتحدة الأمريكية). لسنوات عديدة. وهو يعمل في العديد من تخصصات الفيزياء دون الذرية لتعزيز فهم طبيعة الفراغ الكمي، ويدرس سلوك المادة في ظل ظروف درجات الحرارة القصوى وتأثيرات أقوى القوى. انظر:

- Johann Rafelski: ***Modern Special Relativity***, Springer Nature Switzerland AG, 2022, p. xi
- Prof. Dr. ***JOHANN RAFELSKI*** , http://www.physics.arizona.edu/~rafelski/, 3Octo, 2023.

[48]-Johann Rafelski: Op. Cit. , p. 187.

[49]-JP. C. Mbagwu, Z. L. Abubakar, J. O. Ozuomba: ***A Review Article on Einstein Special Theory of Relativity,*** International Journal of Theoretical and Mathematical Physics, 2020, 10(3), P. 65. (65-71).

[50]-Natalie Wolchover: What Einstein May Have Gotten Wrong, The Atlantic, https://www.theatlantic.com/science/archive/2020/04/passage-of-time-relativity-physics/609841/, APRIL 12, 2020.

[51]- Ibid.

[52] -Ibid.

[53]- Ibid.

[54]-Espen Gaarder Haug: ***Three Dimensional Space-Time Gravitational Metric, 3 Space + 3 Time Dimensions***, Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology, 2021, 7, P. 1231. (Pp. 1230-1254)

[55]- Ibid.

(*) تجربة ميكلسون ومورلي هي واحدة من أهم التجارب في حقل الفيزياء قام بها ألبرت مايكلسون وإدوارد مورلي، وتعتبر من أولى الأدلة القوية المعارضة لنظرية الأثير.

[٥٦]- جواد بشارة: ***هل الكون المرئي مخلوق أم جزء من كينونة مطلقة ولانهائية؟***، مجلة مدارات ثقافية، متاح على: https://www.madaratthakafia.com/2021/12/kawenmari.html متاح في: ١٠ أكتوبر ٢٠٢٣م.

[٥٧]- المرجع نفسه.

[58]-C. S. Unnikrishnan: ***New Relativity in the Gravitational Universe: The Theory of Cosmic Relativity and its Experimental Evidence, Fundamental Theories of Physics***, Volume 209, Springer Nature, 2022, P.٤٢.

(*) مبدأ ماخ Mach's Principle أو حدسية ماخ: هو الاسم الذي أطلقه "أينشتين" على الفرضية المنسوبة إلى عالم الفيزياء والفيلسوف إرنست ماخ. ويعتبر من المبادئ المهمة في الفيزياء النظرية والمتعلقة بنظريات الثقالة. انظر:

- Carl H. Brans: What exactly is "Mach's Principle?", Ann. Phys. (Berlin) 524, No. 1, A15–A16 (2012). P. A15.
https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15213889?journalRedirectCheck=true

[59]-Albert Einstein: ***Fundamental Ideas and Problems of the Theory of Relativity***, Nobel Lectures, Physics 1901–1921 (Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1967)

[60]- J. D. Wilson: Physics: ***Concepts and Applications***, 2nd ed., USA: D. C. Heath and company, 1981, P. 41.

[61]-T. Rice: ***Relativity: An Exposition without Mathematics***, London, u.k: Ernest Benn, 1928, p. 55.

[62]-Rafael Ferraro: ***Einstein's Space-Time: An Introduction to Special and General Relativity***, Springer Science + Business Media, LLC, 2007, p. 47.

[63] -Albert Einstein: ***Relativity The Special And General Theory***, created by José Menéndez. Elegant Ebook, DIGITAL REPRINT, First published: 1920, p. 108.

[64]- G. Gamow: ***My World Line—An Informal Autobiography***, Viking Press, New York (1970), p. 44.

[65]-Steven Weinberg: ***Einstein's Mistakes: Science sets itself apart from other paths to truth by recognizing that even its greate practitioners sometimes err***, Physics Today 58 (11), 31–35 (2005); p. 31.

[66] -Ibid.

(*) نصل أوكام عبارة عن "مبدأ منهجى يفضل فيه "وليم الأوكامى" البساطة فى تكوين وبناء النظريات، حيث ينحاز إلى مبدأ البساطة فى تكوين عدد من المبادئ المفترضة مسبقًا إلى الخصائص المستمدة من البيانات، ورغم وجود هذه الآراء بالفعل عند "أرسطو"، إلا أنها ارتبطت "بالأوكامى" لأنه سهل الوصول إلى النتائج الفلسفية، رغم أنه لم يقل به فى كتاباته. انظر:

- Robert Audi: ***The Cambridge Dictionary Of Philosophy***, Second Edition, Cambridge University Press, 1999, P 629 .

[67] -Ibid, P. 32.

[68] -C. S. Unnikrishnan, *OP. Cit*, P. 38.

[٦٩]- آدم سميث، مرجع سابق.

[70]- M. Kramer et al: ***Strong-Field Gravity Tests with the Double Pulsar***, PHYS. REV. X 11, 041050 (2021), P. 3. Published by the American Physical Society, Available at: https://journals.aps.org/prx/pdf/10.1103/PhysRevX.11.041050, Available in: 20 Sept, 2023.

[71] -Ibid, P. 37.

[72]- Ibid.

[٧٣]-حازم فلاح سكيك: ***كيف تم قياس امواج الجاذبية بواسطة مرصد الليجو LIGO***، شبكة الفيزياء التعليمية، ١٣ فبراير، ٢٠١٦، متاح على: https://www.hazemsakeek.net/، تم الدخول بتاريخ: ٣٠ سبتمبر ٢٠٢٣م.

[٧٤]-لا تزال نظرية أينشتين للنسبيّة تثبت صحتها مع كل إختبار، عالم الفضاء والفلك، متاح على: https://www.m-ofknowledge.com/2020/04/Star-dancing-around-a-Black-Hole-proves-the-theory-of-Einstein.com.html، تم الدخول بتاريخ: ٢أكنوبر ٢٠٢٣م.

[٧٥]- جواد بشارة: ***هل الكون المرئي مخلوق أم جزء من كينونة مطلقة ولانهائية؟***، *مرجع سابق.*

[76] - Bojowald, M. (2007). "Loop Quantum Cosmology". Living Reviews in Relativity, 10(1), 4.

[77] -Clifton, T., Ferreira, P. G., Padilla, A., & Skordis, C. (2012). "Modified Gravity and Cosmology". Physics Reports, 513(1-3), 1-189.

[78]- Rovelli, C. (2004). "Quantum Gravity". Cambridge University Press.

[79]- Sanders, R. H. (2010). "The Dark Matter Problem: A Historical Perspective". Cambridge University Press