زمان "آينشتاين" النسبي

مروة نبيل محمود عز الدين *

إشراف

أ.د/ سهام محمود النويهى **

المستخلص :

لمفهوم "الزمان النسبي" أهميته الفلسفية والعلمية في فكرنا المعاصر. وقد تكمن أهمية بحثنا في محاولة تفنيد هذه الأهمية، وكشـــف العلاقة بين هذا المفهوم العلمي والمفهوم الفلســـفي القديم للزمان. وعلينا بداية أن نوضح أن "الزمان النسبي" زمان (فيزيائي)، ليس زمانا ذاتيا، وليس مجرد زمان صوري رياضي. وأن نوضح أن ما استشعره الإنسان البدائي من سريان الأحداث وتعاقبها؛ وما بدأت الحضارات القديمة في قياسه ومراقبة تكراره، وما أدخلته الفلسفة من ثم كمفهوم يعبر عن هذه المشاهدات؛ كان هو "الزمان الفيزيائي" الذي يرتبط بالكون؛ ومهمتنا في هذا البحث أن نســتوضــح هذا الارتباط، وكيف أحدثت فيزياء "آينشــتاين" تغييرا جذريا لشتى مفاهيم "الطبيعة"؛ لا سيما الزمان والمكان، وأن نرصد اختلاف مفهوم "الزمان النسبي" عن مفهوم "الزمان المطلق" الذي مثل "نيوتن" ذروة اكتماله، وأن نوضـــح لماذا مثلت نظرية "الزمكان" ثورة في الفيزياء غيرت في الفلسفة والعلم؛ وما هي مُلابساتها؛ ولماذا جاءت "النسبية" منقسمة إلى نظريتين؛ وما هي العلاقة بين هاتين النظريتين، وما هي نتائج كل نظرية منهما، وماذا يحدث جراء جمعهما. وما هي الخلفية الفلســفية الواضحة التي يجب أن نسندها إلى "آينشتاين" دون غيرها. واستكشافنا هذا سيكون من خلال محاولة لعرض

* باحثة ماجستير – قسم فلسفة – كلية البنات – جامعة عين شمس .

** أستاذ متفرغ المنطق وفلسفة العلم – كلية البنات – جامعة عين شمس

علاقة مفهوم "الزمان النسبي" بالبنية العقلانية للوجود، ومقدمات ثورة "النسبية"؛ قبل أن نفند عناصر النظريتين (الخاصة والعامة)؛ كل على حدة.

الكلمات الدالة: زمان– الزمان النسبي– آينشتاين

المقدمة:

تكمن أهمية البحث في توضيح علاقة المفهوم النسبي للزمان عند "آينشتاين"؛ بالمفهومين الفلسفي والعلمي للزمان قبل "آينشتاين"، وبعده. وتكمن الإشكالية الأساسية للبحث في توضيح كيفية ارتباط واختلاف مفهوم "الزمان النسبي" بالمفهوم المطلق للزمان؛ منذ "أرسطو" وحتى "نيوتن"؛ ذلك لنستوضح طريقة اشتراك كل من الفلسفة والعلم في توصيف وتطوير مفهوم "الزمان" بشكل عام. ويهدف البحث إلى شرح "نظرية النسبية"، والتعليق الفلسفي عليها. وإيجاد صياغة مبسطة ومختصرة لزمان آينشتاين النسبي بعيدا عن المعادلات والصياغات الرياضية؛ وذلك بهدف توضيح أهمية هذا المفهوم الذي قدمته الفيزياء إلى الفلسفة كمفهوم متماسك ومثبت تجريبيا؛ جعل من الصعب على الفلاسفة من بعده أن يقروا بمطلقية أي من الزمان والمكان؛ مما غيَّر شتى نظريات "المعرفة" عند الفلاسفة ابتداء من الربع الأول من القرن العشرين؛ وحتى لحظتنا الراهنة. كما يهدف البحث إلى توضيح الخلفية الفكرية الفلسفية لآينشتاين نفسه؛ علنا نستوضح من هذه الخلفية خصوصية وثورية ما قدمه "آينشتاين" للفيزياء من مفاهيم؛ بعيدا عن بعض الأراء التي تحصر دور "نظرية النسبية" في المجال الكمي التجريبي؛ دون النظر إلى الأبعاد الميتافيزيقية لهذه النظرية، وإلى رأي "آينشتاين" نفسه في إمكانية قيام ميتافيزيقا من الأساس.

وقد وجدنا أن المنهج "التاريخي النقدي" قد يساعد في تحقيق أهداف البحث؛ فجاء البحث في تسلسل تاريخي منتظم يبدأ من نظريتي "أفلاطون" و"أرسطو" في الزمان الفيزيائي والتعليق عليهما بغرض إظهار علاقة الزمان الفيزيائي بالتأسيس الفلسفي العقلاني للوجود؛ أو بمرحلة ما قبل خلق الكون والزمان. ثم سنوضح رؤية نيوتن للطبيعة؛ خصوصا مفهومي الزمان والمكان المطلقين؛ ثم سنعرض مرحلة تداعيات "فيزياء نيوتن"؛ تلك الفترة التي سقطت فيها "نظرية الأثير"؛ وتم اكتشاف حقيقتي: "ثبات سرعة الضوء"،

و"تقلص الأطوال في حالات التحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء"؛ وذلك تمهيدا لعرض تفاصيل نظرية "النسبية الخاصة" التي تحددت فيها مفاهيم "الزمان النسبي"، و"المكان النسبي"، و"نسبية التزامن"؛ ثم عرض لتفاصيل "النسبية العامة" التي جاءت بعد "النسبية الخاصة" بخمسة أعوام تقريبا؛ وتحدد فيها كيف يمثل متصل "الزمكان" البنية الأساسية للكون الفيزيائي؛ ليتوقف هنا المجال الزمني أو العرض التاريخي لبحثنا؛ نستتبعه بتعليق نقدي نناقش فيه أهم الأفكار الفلسفية التي يمكن أن نستخلصها من فكر "آينشتاين"، ومن مفهومه للزمان النسبي؛ نتبعه بتعقيب مختصر ومناقشة "لنظرية النسبية"؛ نستتبعه بصياغة مختصرة لمفهوم "الزمان النسبي". ونختتم البحث بأهم النتائج التي يمكن استخلاصها من هذا العرض التاريخي.

والبحث في ثمان محاور؛ بعض منها يتضمن عدة عناصر؛ وهذه المحاور كالتالي:

أولا "الزمان الطبيعي والبنية العقلانية للوجود". ثانيا "الفيزياء قبل آينشتاين"؛ وهذا المحور يتضمن عدة عناصر أهمها: الصورة الكهرومغنطيسية للكون، ونظرية الأثير، وتجربة "مورلي- ميكلسون"، وفرض "فيتزجيرالد" و"تحويلات لورنتز". ثالثا "النسبية الخاصة" وهي تتضمن عناصر كالتسابق مع شعاع الضوء، ونسبية الحركة، ومبدأ النسبية، ونتائج النسبية الخاصة. رابعا "النسبية العامة" وتتضمن : رباعية الأبعاد أو الزمكان الرياضي، وعلاقة التسارع بالجاذبية، والمجال الجاذبي، وانحناء الزمكان. والمحور الخامس نتناول فيه علاقة "قانون القصور الذاتي" بحركة الجاذبية. سادسا "الخصائص العامة للزمكان"، سابعا "آينشتاين والأفكار الفلسفية". ثامنا: المناقشة والتعقيب. وأخيرا "أهم نتائج البحث.

1- "الزمان الطبيعي" والبنية العقلانية للوجود:

باستيضاح الجذور التاريخية لمفهوم "الزمان" قبل "آينشتاين"، وأيضا باستيضاح جذور مفاهيم أخرى مثل "المكان"، و"الحركة" و"المادة" و"الجاذبية" وغيرهما من المفاهيم التي تشترك في صياغة مفهوم "الزمان"؛ يمكننا التمييز بين ثلاث مراحل مر بها الفكر الفلسفي؛ تمتد هذه المراحل من الفترة "قبل سقراط"، وما بعده، حتى "أفلوطين"، وقد سادت في هذه المرحلة فكرة الزمان والمكان الفيزيائيين المطلقين، وفكرة "العود الأبدي"

للزمان؛ سواء كان هذا الزمان "عدالة"، أو ما تبقى من عملية "الصيرورة" عندما كانت تخلق الكون كما عند "هيراقليطس"، أو كان هذا "الزمان" مخلوقا أوجده "الصانع" ليحرك العالم المصنوع على غرار نموذج "الأبدية"؛ تلك الخالية من التغير والحركة. أو زمان "أرسطو" الأزلي كأزلية "المحرك الأول"، والموصوف بأنه "المقدار الذي ينتقل به الكائن من حالة "السكون" إلى "التقدم"؛ أي أن "الزمان" عنده كان "مقدار الحركة بين المتقدم والمتأخر". ومضى "أرسطو" مُهتما بنواحي "الزمان" التجريبية، دون أن ينكر ما للزمان من وجود عقلاني. أما "أفلوطين" فقد أكد على وجود علاقة وثيقة بين "الزمان" و"النفس الكلية"؛ تلك النفس الرابضة في "الأبدية"، قريبة من "الجوهر العقلاني"، فأرادت أن تتحرك؛ فتحرك "الزمان" معها؛ ذلك "الزمان" الذي كان رابضا أيضا في "الواقع الأعلى". ثم اندمجت نظريات "الزمان" مع الفكر الديني في العصر الوسيط؛ حيث اكتسب "الزمان"- بطبيعة الحال- طابع التناهي بدلا من الدورية. ثم مرحلة "العصر الحديث"؛ حيث تأثر مفهوم "الزمان" بظهور المنهج العلمي، و"فلسفة الطبيعة" التي يعزى لنيوتن تأسيسها؛ فاجتمع الجانبان (العقلاني والتجريبي) في نظريات "الزمان" لتلك المرحلة. وقد ذهب أغلب الفلاسفة في شتى المراحل إلى القول بزمان "فيزيائي" خارجي، ليس ذاتيا، ولا دور "للنفس" أو "العقل" فيه؛ إلا إدراكه، لكنهم اختلفوا حول كون هذا الزمان "حقيقيا" أم لا، أي أنهم اختلفوا حول مدى تجذُّر هذا "الزمان الطبيعي" في البنية العقلانية للوجود؛ تلك "البنية" التي حددها "أفلاطون" في محاورة "طيماوس"؛ وأسس وفقا لها مفهومين مختلفين للزمان؛ تبعا لمستويين متمايزين للوجود. ومن بعد "أفلاطون" انطلقت "إشكالية الزمان" وتنامت عبر طريقين: طريق "الأبدية" Eternal الخاص بعالم الوعي المطلق، ذلك العالم الذي يمثل نسيج الميتافيزيقا، ومجال الألوهية، وخلود النفس، وهو زمان لا يقبل (التكميم)؛ لأنه كيفي؛ ذاتي، يرتبط بالحركة الداخلية للنفس. وطريق آخر هو طريق الزمان (الطبيعي) الخاص بالعالم المحسوس، عالم الأجساد المتشيء الظاهر. المخلوق خصيصا ليحرك العالم؛[1] وهو زمان يدخل في نسيج الطبيعة كدفعة سيالة؛ ويتجانس مع هذا النسيج، فيكون هو الوسط الذي تحدث فيه الحوادث، ويرتبط بحركة العالم الطبيعى. كما ظهر "المكان" عند جُل هؤلاء الفلاسفة "فيزيائي"

[1]- (Cornford, 1984, P.27)

أيضـــا. ثم تبلور مفهومي "الزمان المطلق" و"المكان المطلق" مع "نيوتن"[2]، ومثل ظهور فيزياء "نيوتن" نقطة انعقاد الفلســـفة بالعلم في مفهوم "الزمان"؛ فمفهوم نيوتن لا يختلف جوهريا عن مفهوم "أرســـطو"[3] بل جاء "نيوتن" بالتطور الطبيعي للمفهوم الأرسطي للزمان. وناقشه تحت نفس المفاهيم التي ناقشها "أرسطو"، بل أنه احتفظ ببنية العلم الأرسطية كهيكل عام لكل ما قدمه من بحث في الطبيعة والفلسفة؛ كذلك "آينشـتاين"؛ فهو تأسس على هذا الموروث العلمي والفلسفي الذي يجذر "الزمان" في البنية العقلانية الحقيقية للوجود؛ ليكتشف لنا في النهاية زمانا فيزيائيا؛ لكنه ليس مطلقا؛ بل نســـبيا متعلقا بالتجربة الفردية؛ والفردية هنا لا تعني سيكولوجية هذا الزمان؛ بل تعني تعددا واختلافا في "الأبعاد" والرؤى؛ وهذا سنستوضحه في سياق دراستنا؛ لكن المهم في هذا المحل: أن "الزمان النسـبي" الفيزيائي الذي جاء به "آينشـتاين"؛ يعده الأخير حقيقيا؛ ذلك بناء على فهم "آينشـتاين" لحقيقة الوجود كحقيقة مادية "بُعدية" صـرفة؛ يصـير فيها "الزمان" بُعدا رابعا فيزيائيا حقيقيا. أما ما وراء الوجود؛ وما يتضـمنه من "عقلانية" و"ميتافيزيقا" فهي مفاهيم لم يكن "آينشـتاين" ليخوض فيها في نظريته الفيزيائية.

---

[2]- اعتقد نيوتن أن المكان والزمان ليســا مجرد تابعين للوعي، بل أنهما موجودان بذاتهما. وأتى بالفرضــية العلمية التي ترى أن القياسات المطلقة للمكان والزمان ممكنة على الأقل من حيث المبدأ. وافترض أن كل الأشياء يمكن أن توضع في المكان المطلق الذي اقترحه. وأن كل الأحداث حيثما تقع يمكن أن يحدد لها موضـــع بطريقة موضـــوعية. ومن ثم فإن "الفضـــاء" و"الزمان" يلعبان دورا مزدوجا؛ فهما أولا: يؤديان دور الحامل، أو الهيكل لما يحدث في الفيزياء، والذي يسـتند إليه وصـف الحوادث عن طريق إحداثات المكان والزمان. والدور الثاني يتلخص في أنهما "مجموعة تصورية" يمكن تناولها من خلال القوانين الرياضية المعتمدة على هندســة إقليدس؛ لذلك نجد أن كل مجموعات الإسـناد الممكن تصـورها؛ يكون قانون "القصـور" الذاتي صـحيح بالنسبة لها.. راجع: (النويهي، 1992. ص 43)

[3]- يعتبر أرسطو أن الزمان مقدار للحركة وقياسها. فالزمان يتكون من ثلاثة عناصر: الماضي والحاضر والمستقبل. وهو يكون في أحداها. وبما أن الماضـي قد أنقضـى والحاضـر يتقضـى حيث ليس ثابتاً على درجة مستقرة، وأن المسـتقبل لا يكون بعد في وجوده؛ لذا فالزمان لا ســـبيل إلى معرفته إلا بالحس الظاهر وما يســـتلزم من الحركة. وبما أن للحركة أنواعاً ودرجات منها الســـريع والبطيء، وإن الزمان غير ذلك حيث يكون زماناً واحداً بين جميع الموجودات لا تغير فيه قط، فهو على نســـق واحد. وبذلك يكون مرتبطاً بالحركة دونما أن يكون هو الحركة ذاتها، إنه مقياســـها في الما قبل والما بعد ليس إلا. أما "الحركة" فهي سرمدية ومستمرة بلا إنقطاع. ويركز أرسطو على أن مفهوم الزمان يكمن في "الآن" وهو أقرب ما يكون بها محدوداً. فكل آن يوجد قبله آن وبعده آن كذلك. وبما أنه لا يوجد هنالك من آن يكون هو البداية إلى الآنات الزمانية، وأيضـــاً لا يوجد هنالك من آن يحمل صـــفة النهاية الزمانية. إذن فأن الزمان أزلي حيث لا بداية له ولا نهاية، وكذا الأمر مع الحركة حيث ليســـت لها من بداية معينة ولا نهاية تقف عندها وهي بذلك أزلية أبدية لكونها مرتبطة بالزمان. وعلى هذا الأساس يرى أرسطو أن الوجود أزلي قديم وليس محـدثـاً كمـا عنـد أفلاطون راجع عمـاد الـدين الجبوري: الزمن قراءة تحليليـة. مقـال منشـــور على موقع: https://bawaba.khayma.com

2- الفيزياء قبل آينشتاين:

نعرض هنا للوضع في الدوائر الفيزيائية في فترة بداية تداعيات "ميكانيكا نيوتن"؛ حيث تشكك العلماء في أغلب عناصر هذه الميكانيكا. وعرضنا هذا سيكون من خلال التذكير بنظرية "مكسويل" في "الضوء" و"المجال الكهرومغنطيسي"، وأيضا تجربة "مورلي- مايكلسون"، وجهود العلماء في توفيق نتائج هذه التجربة مع "ميكانيكا نيوتن"؛ وكيف باءت تلك الجهود بالفشل؛ وانتهت بسقوط "نظرية الأثير". كما سنذكر دور كل من "فيتزاجيرالد"، و"لورنتز" في إلهام "ألْبِرْت آينْشتاين" Albert Einstein[4] (1879- 1955) بوضع "النسبية الخاصة" فيما يتعلق ب"زيادة الكتلة" و"تقلص الأطوال" Length contraction

أ- الصورة الكهرومغنطيسية للكون:

يمكننا القول أن بعد ظهور هذه الصورة الجديدة للكون؛ صار المعيار الحاسم هو الحقيقة العلمية لا الحقيقة الفلسفية. ففي أواخر القرن التاسع عشر تغير شكل الحياة؛ وظهرت اختراعات جديدة كالتلغراف والمصباح الكهربي؛. وجاءت دراسة الكهرباء بمفهوم جديد في العلم. ثم وضع "مكسويل"[5] (1831- 1879) نظريته في الضوء؛ والتي تفسر (القوى) الكهربية والمغنطيسية الغامضة. ولم ترتكز هذه النظرية على

4- عالم فيزياء ألماني المولد، سويسري وأمريكي الجنسية. من أبوين يهوديين. حاز في عام 1921 على جائزة نوبل في الفيزياء؛ عن ورقة بحثية عن "التأثير الكهروضوئي" ضمن ثلاثمائة ورقة علمية أخرى له. عاش آينشتاين في سويسرا بين عامي (1895- 1914) باستثناء عام واحد في "براغ"، وحصل على دبلومه الأكاديمي من "المدرسة التقنية الفدرالية السويسرية" في زيورخ في عام 1900. ثم حصل على درجة الدكتوراه من جامعة زيورخ. وقام بتدريس "الفيزياء النظرية "في زيورخ بين عامي (1914 - 1912) قبل أن يغادر إلى برلين، حيث انتخب في أكاديمية العلوم البروسية. وفي عام 1933، استقر في الولايات المتحدة الأمريكية، وأصبح مواطناً أمريكياً حتى وفاته.

5- "جيمس كلارك مكسويل" James Clerk Maxwell عالم فيزياء اسكتلندي. أسهم بالمعادلات الهامة التي تفسر ظهور الموجات الكهرومغناطيسية. وقد اعتبر كثير من علماء الفيزياء أن ماكسويل هو أكثر علماء القرن التاسع عشر تأثيراً على علم الفيزياء، ويضاهي الكثير منهم هذا التأثير بتأثير "نيوتن" و"آينشتاين"... انظر (مثز، 1999، وويفر:من ص 156- 162)

مفهوم "القوى"[6] الذي وضعه "نيوتن"؛ بل ارتكزت على مفهوم "المجالات"[7] فللقوى- بحسب "نيوتن"- تأثير فوري في الفضاء؛ ولهذا فإن حدث خلل في جزء من أجزاء الكون يلاحظ على الفور في جميع أجزائه. لكن "مكسويل" لاحظ أن تأثير القوى الكهربية، والمغنطيسية لا ينتقل فوريا، بل يستغرق وقتا وسرعة محددة؛ فشرع في حساب سرعة هذه التأثيرات المغنطيسية، واستخدم هذه الفكرة لحل لغز الضوء.[8] واعتقد العلماء في البداية أن "قوانين المجال" وصفا لميكانيكيا خاصة، تخضع لقوانين الحركة عند "نيوتن". وعلى هذا اسْتُهل القرن العشرين بالمفهوم المنطقي التجريبي للعلم.[9] وقيل أن "نيوتن" و"مكسويل" قد أجابا عن جميع الأسئلة الكبرى.[10] ولكن باءت كل محاولات التوفيق بين "ميكانيكا نيوتن" ونظرية "مكسويل" بالفشل.

ب- "نظريات الأثير" Aether Theories:

6- يقول "نيوتن": ''لقد أخطأنا حين تجنبنا التساؤلات حول وجود "القوة" وطبيعتها؛ بل أننا لم نفترض للقوة أي وجود، واكتفينا بتسميتها بالاسم العام لقوة "الجاذبية المركزية"، وذلك لأنها قوة موجهة دائما نحو (مركز). راجع: (Isac Newton 2016, P. 5)

7- يمكن تصور هذه المجالات عن طريق نثر برادة الحديد على قطعة من الورق، ثم وضع مغناطيسا تحت الورقة. وحينها سنجد برادة الحديد تتوزع في نمط يشبه شبكة عنكبوت ذات خيوط تمتد من القطب الشمالي للمغناطيس إلى قطبه الجنوبي. وهذا يعني أن هناك مجالا مغناطيسيا يحيط بأي مغناطيس. وهو عبارة عن مجموعة غير مرئية من خطوط القوة تتخلل الفضاء برمته. والكهرباء أيضا تصنع مجالات. ففي المعارض العلمية، يضحك الأطفال حين تنتصب شعورهم عندما يلمسون مصدرا للكهرباء الساكنة. والسبب وراء انتصاب شعورهم أنها تنتظم على شكل خطوط المجالات الكهربائية غير المرئية المنبعثة من ذلك المصدر. راجع: (كاكو، 2017، ص 20)

8- كان ماكسويل يعلم من خلال الأبحاث السابقة لفاراداي (1791- 1867) Faraday وآخرين، أن المجال المغناطيسي المتحرك قادر على خلق مجال كهربي، والعكس صحيح. وتلك المولدات والمحركات التي تمد عالمنا بالكهرباء، هي نتاج مباشر لهذه العلاقة التبادلية. وتجلت عبقرية ماكسويل في أنه جمع بين التأثيرين. فإذا كان المجال المغناطيسي المتغير قادرا على خلق مجال كهربائي، والعكس صحيح؛ فربما كانا معا قادرين على تكوين حركة دورية. تتكون هذه الحركة من مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية يغذي أحدهما الآخر، ويتحول أحدهما إلى الآخر. وسرعان ما أدرك ماكسويل أن هذا النمط الدوري سوف يخلق سلسلة من المجالات الكهربية والمغناطيسية، تتذبذب جميعها في انسجام وتناغم. ويتحول كل منهما إلى الآخر في موجة سرمدية. ثم حسب سرعة هذه الموجة. واكتشف أن هذه السرعة هي سرعة الضوء. بل أكد أن هذه الموجة هي ذاتها الضوء. وبناء على ذلك تبدى أن الضوء يتكون من موجات مستعرضة من ذات الوسيط. وهذا يسبب الظاهرة الكهربية والمغناطيسية. جمعت أبحاث ماكسويل في ثمان معادلات جزئية، تعرف باسم "معادلات ماكسويل". ثم اكتسبت هذه القوانين التفاضلية لماكسويل عن "المجال الكهرومغناطيسي" شهرة واسعة.

9- المرجع سابق. ص 173

10- اكتشافات مثل التي حققتها ماري كوري (18667- 1934) بعزلها الراديوم ونشاطه الإشعاعي؛ كانت تهز المجتمع العلمي. وتعجل بسقوط الفيزياء الكلاسيكية. لقد اكتشفت كوري أن أوقيات قليلة من تلك المادة النادرة المشعة تكفي لإضاءة غرفة مظلمة. وأظهرت أيضا أن هناك إمكانية لانبعاث كميات غير محدودة من الطاقة من مصدر مجهول داخل الذرة. وهذا يتعارض مع قانون بقاء الطاقة (القانون الأول في "الديناميكا الحرارية")، الذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم...

"نظرية الأثير" قديمة قدم الفكر الفلسفي نفسه. لكن بعد أن أثبت "مكسويل" أن "الضوء" ينتشر كموجة؛ تحدد معنى "الأثير" كوسيط يملأ الفضاء ويحمل الأمواج. ومن المنطقي أن نسأل: هل هذا الأثير في ثبات أم أنه يتحرك؟ وما هو معدل الانتشار الموجي للضوء؟ فلاحظ العلماء أنهم لو افترضوا ثبات "الأثير"؛ فسيتعارض هذا مع النتائج التجريبية، فإذا افْتُرض {أن "الأثير" ثابت، وأن "الضوء" ينتشر فيه}؛ فإن الفرضية التي يمكن استنباطها من هذا هي أن {"سرعة الضوء" بالنسبة للأثير لها قيمة موحدة هي (C)}، أي ستكون سرعة الضوء سرعة (مطلقة). إلى هذا الحد كان العلماء بالقرب من الحقيقية لكنهم لم يلاحظوها؛ فهناك شيء ثابت بالفعل؛ لكنه ليس "الأثير"؛ بل هو "سرعة الضوء" نفسها. لكنهم استمروا في محاولة إنقاذ "نظرية الأثير"؛ فتمسكوا بما لديهم من المبرهنات النظرية، والأدلة التجريبية التي تؤكد أن الأرض تدور في مدار بيضاوي حول الشمس، وبالتالي يجب أن تختلف سرعتها في (أوقات) مختلفة، في بعض (نقاط) من هذا المدار البيضاوي؛ وهذا سيعني أن سرعة الضوء "نسبية" عندما تتعلق بسرعة دوران الأرض، وبما يمر عليها من أوقات.[11] وحتى ذلك الوقت لم يفطن العلماء إلى أن "سرعة الضوء" مطلقة حقا، وأن هذه السرعة هي الأساس، والمعنى الوحيد الذي سيظل مطلقا في كل ما سيأتي به "آينشتاين" من مفاهيم نسبوية. وأن هذا "الأثير" الذي يفترضون ثباته؛ ليس له وجود على الإطلاق.

ج- تجربة "مورلي- ميكلسون":

إن احتمال نسبية سرعة الضوء فيما يتعلق بالأرض، دفع "مكسويل" إلى ابتكار تجربة، نفذها لأول مرة، وبدقة كاملة كل من "ميكلسون" و"مورلي" عام 1887. [12] تجربة "مورلي- ميكلسون" Michelson &

[11]- (Fraassen, 2013, P. 159)

[12]- في هذا العام أجريت سلسلة من التجارب التي أظهرت قصورا خطيرا في نظرية نيوتن. كانت على يد ألبرت مايكلسون وإدوارد مورلي بهدف محاولة وضع أفضل مقياس ممكن لتحديد خصائص الأثير غير المرئي. ومن خلال هذه التجارب توصل هذان العالمان إلى أن الأرض تسبح في بحر الأثير، محدثة "رياحا أثيرية"، ومن ثم فإن سرعة الضوء يفترض أن تتغير، وفقا للاتجاه الذي تتخذه الأرض. وهذه نتائج مربكة لا تتسق مع كون سرعة الضوء ثابتة، ومع الفرض بوجود أثير. بعد ذلك جاءت تجربة أخرى لنفس العالمين (مورلي- ميكلسون) لكنها كانت في هذه المرة حاسمة، مبدأها بسيط وهو: إذا غادر شخصان مكانهما وانطلق أحدهما في اتجاه الآخر- فلابد أن يلتقيا بأسرع مما لو ظل أحدهما في مكانه بانتظار الآخر. وقد نجحا من خلال تجربتهما أن يقسما شعاع الضوء إلى شعاعين منفصلين، يذهب كل منهما في اتجاه مختلف مكونا مع الآخر زاوية قائمة. وفي

Morley هي أول محاولة للتوفيق بين "ميكانيكا نيوتن" التي تتضـــمن ثبات "الأثير" و"مجالات مكســـويل"، والفرض القائل بنسـبية "سـرعة الضـوء" عندما يتعلق بالأرض. وقد اندهش "ميكلسـون" و"مورلي" كثيرا عندما وجدا أن سرعة الضوء كانت واحدة؛ بالنسبة لكل شعاع منفصل أطلقاه من الجهاز الذي تم تصميمه؛ بصرف النظر عن الاتجاه الذي انطلق، وعاد منه الشـعاع. كان هذا اكتشـافا غريبا، لأنه يعني أنه لا يوجد ما يسـمى بـالريـاح الأثيريـة على الإطلاق، وأن ســـرعـة الضـــوء لا تتغير أبـدا، حتى لو دور الجهـاز في جميع الاتجاهات.[13] وأوقعت هذه النتيجة الفيزيائيين في الحيرة؛ فإما أن يفترضـوا أن الأرض ثابتة بالنسـبة للأثير؛ وهو خيار يتعارض مع ثوابت "علم الفلك"؛ أو أن تسقط "نظرية الأثير"، ومعها كل قوانين "نيوتن".

د- "فرض فيتزجيرالد"، و"تحويلات لورنتز":

في ســـياق بذل المزيد من الجهود لإنقاذ "نظرية الأثير"؛ اســـتنتج كل من الفيزيائي الأيرلندي "جورج فيتزجيرالد" (1851- 1901) G. Fitzgerald، والفيزيائي الهولندي "هندريك لورنتز" (1853- 1928) H. Lorantz أن الأرض، أثناء حركتها- خلال الأثير- تنضـــغط فيزيائيا تحت تأثير الرياح الأثيرية. وهو ما يعني أن الأمتار في تجربة "مورلي-ميكلسـون" كانت تنكمش، من ثم تبدو سـرعة الضـوء موحدة على الرغم من تباينها. [14] فسلم "فيتزجيرالد" بأن جميع الأجسام يلحقها في اتجاه حركة الأرض تقلص (مقداره واحد على مائة مليون). فالكرة الكاملة تصبح مجسما بيضاويا مسطحا، وهي تتشوه إذا جعلناها تدور. ولما كانت أجهزة القياس تلحقها التشـــويهات ذاتها؛ فإننا لن نتفطن إلى أي تغير إلا إذا تمكنا من تحديد (الزمن) الذي يقطعه الضـوء في قطع طول الشـيء الذي نقيسـه.[15] وهذا هو "فرض فيتزجرالد". وعلى الرغم من أهمية هذا المبدأ؛

مقابل الشـعاعين وضـعت مرآتان تعكسـان الشـعاعين مرة أخرى إلى المصـدر. ثم يختلطان ويتداخلان. وهذا الجهاز بأكمله كان موضـوعا بعناية على سـطح من الزئبق السـائل، مما يسـمح له بالالتفاف بحرية، وكان من الرقة بحيث اسـتطاع بسـهولة التقاط حركة العربات التي تجرها الخيول وتمر بالقرب منه. وطبقا لنظرية الأثير، فإن من المفترض أن ينتقل الشـــعاعان بســـرعتين مختلفتين. على ســبيل المثال، أحدهما ســوف يتحرك في اتجاه حركة الأرض في الأثير، وســيتحرك الآخر بانحراف قدره 90 درجة على اتجاه الرياح الأثيرية، ولهذا كان من المتوقع أن تكون عودتهما إلى المصدر متزامنة.

[13]- (كاكو، 2017، ص 44)

[14]- المرجع السابق، ص 45

[15]- (بوانكاريه، 2002، ص 319)

إلا أنه قد تأسس على اعتبار خاطيء بوجود "الأثير". وبالمثل؛ ومن ناحية أخرى، وفي إطار معالجته لنظرية "الأثير" أراد "لورنتز" أن يرى ماذا يتأتى لمنطوق مختلف القوانين عندما ينتقل الجسم من عالم إلى آخر؛ فالمعلوم إنه لتحديد موقع أي جسم لابد له من ثلاثة إحداثيات: إحداثي الطول (ط)، والعرض (ض)، والارتفاع (ع). فنقول أن الطائرة مثلا تقع عند خط عرض كذا، بخط طول كذا، على ارتفاع كذا من الأرض. ولما كانت حركة الجسم لا تكون غالبا إلا في اتجاه طوله (ط)؛ فإن الإحداثيين الآخرين (ض) و(ع) لا يعنينا أمرهما. **فإذا انتقل الجسم من عالم الأرض إلى عالم الشمس مثلا؛ فلن يتغير منه إلا (ط) أو الطول. وهذا التغير يتوقف على سرعة الجسم في العالم الآخر**. واصطلح "لورنتز" على تسمية هذه السرعة ب"الزمن المحلي" Local Time. ولذلك استبدل الحرف (ط) رمز الطول بالحرف (ز) أو (T) كرمز للزمن. هذه هي "تحويلات لورنتز" The Lorentz Transformations.[16] التي نجد فيها (الطول) قد تحول إلى (معامل زمني). وإلى هذا الحد لم تكن توفرت بعد النتائج والقرائن التي تسقط فيزياء "نيوتن"؛ لكنها الفترة التي تشكلت فيها لبنات "نظرية النسبية"؛ فآينشتاين حاز من هذه الأبحاث على أهم حقيقتين يحتاجهما؛ وهما "ثبات سرعة الضوء" The Constant Velocity Of Ligh ، و"تقلص الأطوال".

3- "النسبية الخاصة" Special relativity:

يقول آينشتاين: ''في نظريتي؛ أقر بأن سرعة الضوء هي نفسها بالنسبة لمراقب داخل إطار مرجعي ما، ومراقب خارجي؛ أيا كان مصدر الضوء، وأيا كانت حركته. جرعة الضوء نفسها لا تتسبب في زيادة سرعة الضوء. ما سيرياه المراقبين هو "إشارة ضوئية" تنتقل بسرعة قياسية؛ هي نفسها في كل الاتجاهات''[17].. تقوم "النسبية الخاصة" على مسلمتين وهما: "مبدأ النسبية" الذي يحتفظ- ضمنيا- "للأطر المرجعية" frames of reference[18] بالانسجام مع قوانين "نيوتن" كما سيتضح لاحقا. وعلى أن "الضوء ينتقل خلال

16- (مرحبا، 1981، ص 70، 71)

17- (Einstein. 1938, P. 187

18- لوصف موقع وحركة جسم ما، تحتاج الميكانيكا التقليدية إلى مفهوم "الأطر المرجعية" ، أو "أطر الإسناد" frames of reference. مثل هذا الإطار يمكن أن يكون نظاما من ثلاث محاور متعامدة وساعة لقياس الزمان. في الميكانيكا التقليدية نفترض وجود إطار إسناد مطلق حيث تتحقق قوانين نيوتن. يمكن أن تتحقق أيضا لكل النظم في حالة الحركة المنتظمة بالنسبة

الفراغ بسـرعة ثابتة في "الأطر المرجعية" جميعا. كما يتضـح أيضـا فيها أنه بالمزج بين المسـلمتين تمكن "آينشـتاين" من اسـتبعاد فكرة "الأثير"، وما ارتبط بها من مفاهيم، مثل "المكان المطلق"، و"الزمان المطلق". كما يتحدد في نظرية "النسبية الخاصة" مفهوم "الزمان النسبي"؛ هذا المفهوم الذي يتأسس على "حقيقة ثبات سرعة الضوء"؛ فلو كان الكون ساكنا، وكانت "سرعة الضوء" لحظية instantaneous ، وليست (موجة)؛ لكان الزمان مطلقا. ولكن الكون دائب الحركة، والنجوم والسدم والمجرات لا تعرف السكون، وحركاتها لا يمكن وصفها إلا بنسبة بعضها إلى بعض؛ إذ ليس في الفضاء اتجاه أولى من اتجاه. ولا حد أولى من حد. ولا حواف له، ولا هو مجرد وعاء أو حاوية. "الضوء" هو الوسيلة الوحيدة لنقل ظواهر الطبيعة من مكان إلى آخر. ولما كانت "سرعة الضوء" محدودة هي (3000,000 كم ف. ث.)، وليست لحظية، فإن الزمان يكون (نسبيا)؛ ذلك لأن الضوء الذي ينقل الحادثات من مكان إلى آخر يستغرق وقتا؛ فيصر لكل عالم زمانه (المحلي) الخاص. وسنحاول تفنيد عناصر "النسية الخاصة"؛ والتي تتضمن "نسبية الزمان"، و"نسبية الحركة"، و"مبدأ النسبية".

أ- لا أحد يلحق بشعاع الضوء:

لقد افترض "آينشتاين" أولا أنه من المستحيل اللحاق بهذا الشعاع؛ فتخيل شعاع ضوء، وتخيل أيضا أن هناك سيارة أخرى تريد أن تلحق بهذا الشعاع؛ سوف يلاحظ المراقب الخارجي أن السيارة تنطلق خلف شعاع الضوء مباشرة، وتكاد تساويه في السرعة؛ لكن الواقع أننا لو سألنا قائد السيارة، أو المراقب داخل "إطار الإسناد" بعدها لقال: إن شعاع الضوء فاقه في السرعة، وإنه كلما زاد من سرعته؛ زادت سرعة شعاع الضوء بنفس المقدار بالضبط. هذا هو اللغز الذي أوقع "آينشتاين" في الحيرة؛ "فكيف يمكن أن يرى شخصان نفس الحدث بصورتين مختلفتين؟ من هنا أدرك أن نظرية نيوتن (التي بها يمكن جمع السرعات وطرحها)، ونظرية "مكسويل" (التي بها تكون سرعة الضوء ثابتة لا تتغير)؛ متعارضتان أشد ما يكون التعارض. وفجأة ظهر

للإطار المطلق. يضاف إلى ذلك أنه يتم افتراض زمان مطلق في كل إطارات القصور الذاتي، إذ يتم قياس الزمان بنفس الساعة الكونية... راجع: (شيشبان، 2018، ص 70، 71)

أمامه حل المسألة كلها؛ لقد كان الحل يتمثل في أن "الزمان" يجري بمعدلات مختلفة؛ في أماكن مختلفة من الكون؛ وفقا للسرعة التي نتحرك بها الأجسام. وأننا كلما تحركنا بسرعة قلت سرعة سريان "الزمان". معنى ذلك أن الأحداث التي تتزامن في "إطار مرجعي" ما؛ قد لا تتزامن بالضرورة في "إطار مرجعي" آخر كما ذهب "نيوتن"من قبل. وكان المنطق الداخلي لفكرة "آينشتاين" عن نسبية الزمان يتلخص في أن المفاهيم والقوانين التي تحكم "الزمان" و"المكان"؛ لا تكون حقيقية؛ إلا بقدر ارتباطها بخبراتنا.

ب- نسبية الحركة:

يقول آينشتاين: ''**لقد أثبتت أفكارنا عن "السرعة" وتغيرها، و"القوة"، فائدتها العظيمة في ملاحظة "تقلص الأطوال"، و"الزمان المحلي"، لكن هذا في حالة (الحركة الخطية)؛ ولكننا لا نرى كيفية تطبيق هذه الأفكار على الحركة في مسار منحن. وقد يكون من اللازم إيجاد طريقة تفكير أخرى جديدة**''[19]

لقد كان على آينشتاين أن يتعمق مفهوم "الحركة" وتاريخه، فوجد أن الفيزياء الكلاسيكية قائمة على فكرة "الحركة المطلقة"؛ ذلك استنادا على "نظرية الأثير"، ولكن بعد سقوط "نظرية الأثير"؛ أصبح من الضروري إعادة صياغة المشكلة؛ فافترض "آينشتاين" في "النسبية الخاصة" عدم وجود حالات فيزيائية مميزة للحركة أصلا. فنحن على متن طائرة تتحرك بثبات؛ لا نجد ما ينبئ بأنها تتحرك؛ فالحياة داخل الطائرة كما لو أننا على الأرض؛ وهنا نقول أن الطائرة تمثل "إطارا مرجعيا قصوريا"؛ وبهذا نعني أن قانون نيوتن للقصور الذاتي[20] ينطبق على أي جسم معزول؛ لكن لو نظرنا من الطائرة؛ نحو الأرض؛ سنتأكد أن الطائرة تتحرك؛ بل أن الواقع يؤكد أن الأرض نفسها ليست ساكنة.

ج- مبدأ النسبية:

19- (أينشتين- إنفلد، 2006، ص 27)

20- قانون "القصور الذاتي" أو "العطالة" هو خاصية مقاومة الجسم المادي لتغيير حالته من السكون إلى الحركة، بسرعة منتظمة، وفي خط مستقيم؛ ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته. أي أن كل جسم مادي قاصر عن تغيير حالته من السكون أو الحركة، ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته. وسنناقش تفاصيل هذا القانون وعلاقت بنظرية النسبية في هذا البحث، ص13.

يلعب هذا المبدأ دوراً أساسياً في دراسة "الميكانيكا الكلاسيكية" classical mechanics، وكذلك في "النسبية الخاصة". ويعتبر "جاليليو" (1564- 1742) Galileo أول من فكر في ذلك المبدأ ؛ وكانت مشاهدة "جاليليو" أن شخصا موجودا في بطن مركب؛ لا يستطيع معرفة إذا كان المركب متحركا أم في حالة توقف... وفي السطور التالية محاولة لتوضيح مبدأ النسبية في نظرية "آينشتاين" إذ يقول: "**إذا كانت الكتلة تتحرك بانتظام في خط مستقيم بالنسبة إلى "إطار مرجعي" (م^1)؛ فإنها تكون أيضا متحركة بحركة منتظمة؛ وفي خط مستقيم بالنسبة إلى "إطار مرجعي" آخر هو (م^2)؛ هذا مادام (م^2) يتحرك بحركة انتقال منتظمة خالية من الدوران بالنسبة إلى المجموعة (م^1)**"[21] هذا هو نص المبدأ الذي وصفه آينشتاين؛ مستهدفا وضع مبادىء، يمكن أن يستنبط منها التفاعل بين حركة الأجسام المادية، وانتشار الضوء دون أن يدخل في ذلك "نظرية الأثير"؛ وأن تحتوي هذه القوانين الجديدة على حقيقة "ثبات سرعة الضوء". لكن علينا أن نتذكر أن العلماء كانوا يعتبرون الكون وعاء، فيه عنصران متميزان: "المادة" و"الطاقة"، العنصر الأول ساكن ملموس، وله كتلة. والعنصر الآخر عنصر فعال ناشط غير مرئي، ولا كتلة له. فجاء "آينشتاين" من ثم وأعلن أن الكتلة والطاقة متعادلتان. وما الكتلة إلا طاقة مركزة. وأشهر نتائج هذه الفكرة هو قانون "تكافؤ الكتلة والطاقة"؛ ذلك القانون الذي جمعه "آينشتاين" في معادلته الشهيرة ($E= mc^2$). وبسبب تكافؤ الطاقة والكتلة سالف الذكر، فإن الطاقة التي تكون لأحد الأشياء بسبب حركته سوف تضيف إلى كتلته؛ وستجعل من الأصعب زيادة سرعته. أي أنه بحسب "النسبية الخاصة" يكون أي شيء (طبيعي) مقيدا للأبد بأن يتحرك بسرعة أقل من سرعة الضوء. والضوء وحده، أو الموجات الأخرى، التي ليس لها كتلة ذاتية هي التي تستطيع أن تتحرك بسرعة الضوء.[22]

د- نتائج "النسبية الخاصة":

[21]- (أينشتين، 2006، ص 17، 18)
[22]- (هوكنج، 2001، ص 29، 30)

بعد هذا الجهد الذي بذله "آينشـــتاين" اختفى مفهوم "الزمان المطلق"، وبعد نظريته لم يعد لمعنى الزمان حقيقة موضوعية واحدة ثابتة عند الجميع؛ بل صار **الزمان- وفقا "للنسبية الخاصة"- تسلسلا للحوادث استنادا إلى مرجع. وتسلسل الحوادث هذا ليس واحدا عند كل المراقبين، بل ويختلف باختلاف حركة المراقب أوالمشاهد.** ويترتب على ذلك أنه إذا انبعثت نبضة ضوء عند زمن معين، وعند نقطة معينة في المكان، فإنها مع مرور الزمان سوف تنتشر للخارج في كرة من الضوء حجمها وموقعها مستقلان عن سرعة المصدر. وبعد جزء من المليون من الثانية؛ يكون الضوء قد انتشر ليكون كرة نصف قطرها يتزايد باستمرار. ولو تصور المرء نموذجا ثلاثي الأبعاد، فإن الضوء الذي ينتشر للخارج من حدث ما؛ يشكل مخروطا ثلاثي الأبعاد في "الزمكان" Space-time.[23] وهذا الوصف يرسم لنا- بالكلمات- شكل "مخروط الضوء" light cone مأخوذا، ومؤسسا على شبكة "الزمكان".

كذلك كان من نتائج "النسبية الخاصة" أن أصبح تعبير "الطول المطلق" أو (الحقيقي) تعبيرا لا معنى له؛ بل صار "الطول النسبي" هو التعبير الذي يفيد في صياغة القوانين الفيزيائية. ومع ذلك لا يمكن تفسير هذه الصياغة على أنها تعني استحالة تعيين "الطول الحقيقي" proper length وقياسه بشيء مادي، أو أن البحث عن "الطول الحقيقي" قد يكون من شأن مجال الميتافزيقا؛ فالطول المُعرَّف في "نظرية النسبية" كنظرية فيزيائية هو طول حقيقي. يمكننا مثلا أن نسمي الطول بالنسبة لمجرتنا "بالطول الحقيقي"، أو"الطول المطلق" لجسم مادي. ويمكننا أيضا أن نسمي عندئذ الطول بالنسبة لأي "إطار مرجعي" آخر بالطول الظاهري، أو "الطول النسبي".[24]

وفيما يخص قياس الزمان؛ فليس علينا أن نتساءل إن كان من الصحيح أن الزمان الفلكي متجانس بحق، وإنما ينبغي أن نقول أن الزمان الفلكي يُعرِّف الزمان المتجانس. فليس ثمة زمان متجانس فعلي، وإنما نصف نحن تدفقا معينا للزمان بأنه متجانس، لكي يكون لدينا معيار نرد إليه أنواع التدفق الزمني الأخرى.[25]

---

[23]- المرجع السابق: ص 30
[24]- (فرانك، بدون تاريخ، ص 184)
[25]- (رايشنباخ، 2004، ص 141)

كذلك تبين نظرية "النسبية الخاصة" أن البنية الزمكانية ترتبط بالبنية "السببية" Causality. وتنتج البنية "السببية" عن وجود سرعة حدية قصوى، هي سرعة الضوء. ففي "النسبية الخاصة" لا ينتقل أي فعل انتقالا لحظيا، ولا بأية سرعة كبيرة اعتباطية. لكن لا يمكن أن يمارس كل شيء على كل شيء تأثيرا بصورة مطلقة، إنما تنحصر إمكانية التأثير داخل "مخروط الضوء"؛ وتتجه من منطقة المخروط التي تشير إلى "الماضي"؛ إلى منطقة المخروط التي تشير إلى "المستقبل؛ لذلك توجد رابطة أساسية بين البنية الزمكانية لأجزاء الكون وبنيتها السببية. ولنتذكر أن "النسبية الخاصة" لا تعالج من "السببية" إلا التتابع الزمني، لا فحواها الجوهري في التسبُّب.[26]

وفقا "للنسبية الخاصة"؛ فالزمان ينساب على الأشياء السريعة الحركة؛ بسرعة أبطأ مما لو كان منسابا على الأشياء "الثابتة". إذن فتمدد الزمان time dilation حقيقة، وهذا (التمدد) يؤثر على كل شيء؛ فليست الساعات الآلية هي التي تتأثر وحدها؛ وإنما العمليات الذرية وكل الظواهر الفيزيائية تتأثر أيضا. كما أن زمان الجسم الحيوي يتأثرعلى نحو مماثل. وكلما اقترب جسم متحرك من سرعة الضوء، كلما صار تمدد الزمان أشد وضوحا. حتى إذا أمكن السفر بسرعة الزمان تماما. فإن الزمان يتوقف.[27]

أما "التزامن" الذي تحدثت عنه "النسبية الخاصة" فإنه يعبر عن "الزمان" كمفهوم استدلالي؛ إذ تبين لآينشتاين ذاتية هذه الطريقة، وليس موضوعيتها؛ فليس هناك ارتباط لحظي بين الأحداث الخارجية والمشاهدة. ولا يكون "التزامن" ممكنا؛ وتفقد فكرة الزمان الأرضي كل معناها إذا انتقلنا إلى جو الشمس، فكلمة "الآن" لا معنى لها إلا على الأرض، وفي بقعة محدودة تحيط بنا. وكل كوكب له (آن) محدود.

4- "النسبية العامة" General relativity:

[26]- (نوكس، 1999، ص 49، 50)
[27]- (نيكلسون، 1999 ص 193)

عرضنا فيما سبق كيف كانت "النسبية الخاصة" نفيا جدليا لميكانيكا نيوتن؛ فحلت محلها، وحافظت على هذه الميكانيكا كحالة خاصة للأجسام التي تتحرك بسرعة بطيئة بالمقارنة مع سرعة الضوء. ووسعت مجال عمل "تحويلات لورنتز". وفي "النسبية الخاصة" عرضنا باختصار للمباديء العامة في نسبية المكان، والزمان، والكتلة، والتزامن. وقد تحققت صحة جميع ما ورد في "النسبية الخاصة" بالاستنتاجات والأرصاد. أما في "النسبية العامة" سنوضح كيف تم اعتماد البنية الهندسية للزمكان. وكيف تضمنت هذه النظرية موضوع "الجاذبية"؛ فهي نظرية تستوعب الكون من أقصاه إلى أقصاه. وتفسر ديناميكيته، وتماسكه. كما سنناقش في "النسبية العامة" وصف الصياغة التي قدمها "منكوفسكي" للزمكان عام 1908، والتي حازت اهتمام العلماء؛ بما فيهم آينشتاين نفسه. وسنقدم عرضا مختصر لنظرية آينشتاين في "الجاذبية"، و"المجال الجاذبي"، وعلاقة "الجاذبية" ب"التسارع"؛ وانحناء الزمكان كنتيجة لهذه العلاقة. وعن علاقة قانون "القصور الذاتي لنيوتن" بحركة الجاذبية ومجالاتها.

أ- رباعية الأبعاد (الزمكان رياضياتيا):

يقول آينشتاين:''نحن نعيش في سلسلة متصلة رباعية الأبعاد من "الزمكان". أما المكان بمفرده؛ فهو يعبر عن سلسلة متصلة ثلاثية الأبعاد؛ بهذا نعني أنه من الممكن وصف موضع نقطة ما؛ بواسطة ثلاثة "إحداثيات" (Y)، (X)، (Z). وفي الحيز الذي ترسمه هذه النقاط الثلاث؛ يوجد عدد لا محدود من النقاط الأخرى؛ لذلك فإننا دوما سنتحدث عن سلاسل مكانية، وزمكانية متصلة؛ وبهذا المعنى سيكون العالم بأسره سلسلة متصلة أيضا؛ أي أن مؤلف من أحداث فردية؛ تتحدد بالطول، والعرض، والارتفاع، والعامل الزمني (T)''[28]

لقد حاول العالم الرياضي هيرمان منكوفسكي (1864- 1909) Hermann Minkowski إعادة صياغة قول "آينشتاين" بأن الزمان والمكان يمكن أن يتحول كل منهما إلى الآخر بزيادة السرعة. فصاغ هذا الكلام بلغة رياضية لفتت انتباه "آينشتاين" نفسه؛ وخلص إلى أن الزمان والمكان يشكلان معا وحدة رباعية

[28]- (Einstein, 2006, p. 48, 49)

الأبعاد. ولتوضيح معنى هذا "البُعدية" فلنتأمل أي خريطة: سنجد بها إحداثيين: هما (الطول) و(العرض)، وهما إحداثيان يحددان أية نقطة علي الخريطة. وإذا أضفنا إحداثيا ثالثا؛ وهو (الارتفاع)؛ فسنستطيع تحديد مكان أي جسم في الفضاء. وهذا يعني أن العالم الذي نراه حولنا هو عالم ثلاثي الأبعاد.[29] وفي حالة الحركة المسرعة في الفضاء يمكننا إضافة (الزمان) كإحداثي، أو كبُعد رابع، فيعني ذلك أن العالم الذي لا نراه حولنا؛ أو عالم الفضاء؛ هو عالم رباعي الأبعاد. كما استطاع "منكوفسكي"توضيح إمكانية توحيد مفهومين يبدوان مختلفين تماما باستغلال قوة "التناظر" Symmetry؛ أو بالأحرى "أطروحة التماثل" Symmetry thesis؛ (فالزمان والمكان) صارا يصوران كحالتين مختلفتين لكيان واحد. وبالمثل يمكن الربط بين (المادة والطاقة)، وبين (الكهرباء والمغنطيسية)، وكل إمكانات الربط هذه كانت عن طريق "البعد الرابع".

ب- متناقضة التوأم" Twin Paradox:

ولكن متى تختفي سمة "التماثل"؟ نجد الإجابة في مناقشة "متناقضة التوأم"، حيث كان الفيزيائي بول لانجفن (1872- 1946) Paul Langevin أول من أشار لهذه المتناقضة، إذ عرض لتجربة تكشف تناقضا في نظرية "النسبية" و"أطروحة التماثل"؛ فقد افترض أن هناك توأمين يعيشان على كوكب الأرض، سافر أحدهم بسرعة تقترب من سرعة الضوء، ثم عاد إلى الأرض بعد مرور خمسين سنة على الكوكب، لكن لأن الزمان يبطؤ في الصاروخ؛ فإن التوأم الراكب فيه لم يكبر سوى عشر سنين، لذا فحين يلتقيان سيكون أصغر من أخيه بأربعين سنة كاملة. الأخ الراكب في الصاروخ شعر بأنه في حالة سكون، وتصور أن الأرض هي التي انطلقت مبتعدة. ومعنى هذا أن ساعة أخية الذي بقي على الأرض هي التي ستبطؤ، وعندما يلتقيان يجب أن يكون الأخ الذي بقي على الأرض هو الأصغر، لا الأخ الذي سافر في الصاروخ.[30] لكن إذا كان يفترض بالحركات أن تكون نسبية، فالسؤال هنا: أي الأخوين هو الأصغر

[29]- (كاكو، 2017، ص 85)

[30]- هناك محاولة لتصوير "متناقضة التوأم" سنيمائيا عام 2014، ذلك من خلال الفيلم الأمريكي Interstellar، أو "بين النجوم". وفيه يسافر الأب لبضع سنوات في رحلة استكشافية في الفضاء البعيد، ليعود فيجد ابنته الطفلة، صارت جدة ترقد في سريرها وحولها مجموعة من الأحفاد. واستند هذا الفيلم في مادته العلمية على أحدث المشاهدات والأبحاث الفيزيائية في "الزمكان"

بالفعل؟ يجيب "آينشتاين" بأن الأخ الذي في الصاروخ هو من تزايدت سرعته؛ بالتالي فهو الأصغر. هذا بخلاف أن الصاروخ يجب عليه أن يبطئ سرعته، ثم يتوقف ثم يرجع في عكس الاتجاه الأول، وفي هذه الحالة تختفي سمة "التماثل" عن الموقف.[31] ويبدو أن فهم هذه المتناقضة يقودنا للاعتقاد بأن السفر خارج الغلاف الجوي للأرض، والابتعاد في الأعماق السحيقة للفضاء- بسرعة كبيرة، وتغير اتجاه الحركة؛ يعني سفرا في الزمان ،كما يعني سفرا في المكان. وأن سفرا من هذا النوع تنعدم فيه سمة "التماثل" بين الزمان والمكان التي تحدثنا عنها من قبل.

ج- **التسارع** Acceleration، **والجاذبية** Gravity:

في البداية حاول "آينشتاين" تحليل العلاقة بين حقيقة "ثبات سرعة الضوء"، والمفهوم النيوتوني "للجاذبية"؛ فإذا كانت سرعة الضوء هي أقصى سرعات الكون؛ فهذا يعني أن أي اضطراب يحدث في الشمس؛ سيصل إلى الأرض بعد ثماني دقائق. وهذا يتعارض مع نظرية الجاذبية التي وضعها "نيوتن"[32] والتي نصت على (لحظية) تأثيرات الجاذبية. على أن نتذكر أن "نيوتن" لم يشر إلى سرعة الضوء في معادلاته؛ وهو ما يجعلنا نستنتج أنه اعتبر سرعة الجاذبية الأرضية غير محدودة. ولكن هناك فكرة أتت لآينشتاين؛ ووضعته على أول الطريق للوصول إلى نظرية الجاذبية؛ وهي تتلخص في أن (بسقوط شخص ما سقوطا حرا؛ فإنه لن يشعر بوزن جسده، وسيبدو كأنه يسبح أو يطير)، وكل إنسان ارتاد الفضاء الخارجي يعرف أن "**التسارع**" **يلغي تأثير** "**الجاذبية**"؛ فهو حين يكون داخل الصاروخ المنطلق إلى الفضاء؛ يجد نفسه وكل ما في الصاروخ من أجسام؛ حتى أرضية الصاروخ تسقط مع جسمه، وهو ما يوحي إيحاءً خادعا بأن تأثير الجاذبية قد انعدم؛ ويسمى هذا ب"مبدأ التكافؤ" Equivalence Principle. الذي ينص على أن الكتل جميعها تسقط بنفس

و"الثقوب السوداء"، بل وكان مخرجه المنفذ هو الفيزيائي الشهير "كيب ثورن" والذي سيكون أحد أهم الفيزيائيين المذكورين في الفصل الخامس من هذه الدراسة.

[31]- (كاكو، 2017، ص 64)

[32]- قانون الجذب العام لنيوتن Newton's Law of Universal Gravitation هو قانون فيزيائي استنباطي ينص على أنه "توجد قوة تجاذب بين أي جسمين في الكون، تتناسب طرديًا مع حاصل ضرب كتلتيهما، وعكسيًا مع مربع المسافة بين مركزيهما. ويُسمى هذا القانون عادة بقانون التربيع العكسي؛ وذلك لأن القوة تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين مركزي الجسمين.

المعدل تحت تأثير الجاذبية. أي أن كتلة "القصور الذاتي"، تساوي كتلة الجاذبية.[33] ثم صار هذا المبدأ أساسا ارتكزت عليه نظرية "النسبية العامة" في "الجاذبية"؛ وهذا لا يعني أن تختفي "الجاذبية" في الفضاء الخارجي؛ فجاذبية الشمس قادرة على جذب الكواكب والحفاظ عليها في مدارتها؛ كل ما هنالك أن تأثيرها ينعدم بسبب سقوط الصاروخ تحت قدمي رائد الفضاء.[34]

د- المجال الجاذبي:

يذهب "آينشتاين" إلى أن أي جسم، لا سيما الأرض؛ يولد حوله مباشرة (مجالا)؛ والذي يحدد شدة واتجاه هذا المجال هو النقط البعيدة عن الجسم. وعلى العكس من المجالات المغنطيسية والكهربائية؛ نجد أن "مجالات الجاذبية" تنفرد بميزة خاصة؛ ذلك أن الأجسام التي تتحرك تحت تأثير "مجال الجاذبية"، تتحرك ب"عجلة" مستقلة لا تعتمد أبدا على الحالة الفيزيائية للجسم.[35] ومن هنا يمكننا ادراك سبب تماسك الكون حولنا، بصريا على الأقل. ودمج "آينشتاين" في نظريته مبدأ "التكافؤ". باعتباره مبدأ أساسيا، وفرغ من عمله لتخرج "النسبية العامة " في صورتها النهائية الشارحة لبنية الكون "الماكروسكوبي".

هـ- انحناء الزمكان:

بناء على حقيقة أن كل الأجسام في مقابل الجاذبية تتسارع في حالة السقوط الحر؛ تساءل آينشتاين كيف يكون ممكنا لسطح الأرض أن يتسارع لأعلى مبتعدا عن مركز الأرض؟ إن السبيل الوحيد كي يكون لهذا الكلام معنى هو اعتبار الزمكان منحنيا؛ كي يستوعب هذا التسارع والابتعاد، دون أن يمارس نوعا من الضغط على الأجسام. فاقترح آينشتاين أن الكتلة والطاقة يسببان تقوس "الزمكان"؛ ولقد اقتضاه الأمر ثمان سنوات كي يشتق المعادلات التي تحكم ذلك. فقد كان عليه أن يستوعب هندسة الفضاءات المنحنية عند

[33]- المرجع السابق، ص 74
[34]- (بينيت، 2017، ص 145)
[35]- (أينشتين، 2016، ص65، 66

"ريمان" (1826- 1866) Riemann ليخرج بما يعرف ب"معادلات آينشتاين للمجال" (EFE)، وهي عشر معادلات مستقلة، دمجها في معادلة واحدة؛ تمثل بدورها نظرية "النسبية العامة رياضيا". الجانب الأيسر من المعادلة يبين انحناء الزمكان عند موضع محدد، والجانب الأيمن من المعادلة يشير إلى كثافة (الكتلة/ الطاقة) عند نفس الموضع، وهي جميعها العوامل التي تسبب انحناء الزمكان.[36] ويكون انحناء الفضاء كبيرا في المواضع القريبة من الكتل الكبيرة حيث يكون مجال الجاذبية شديدا.[37] لذلك؛ ليس سبب وقوفنا على الأرض أن الجاذبية الأرضية تشدنا إلى الأسفل، بل يكون السبب في أن الأرض تحني الزمكان حول أجسادنا، مما يدفعنا نحوها. وهذا يعني أن **وجود المادة هو ما يحني المكان**، أي أن الزمكان ليس مسطحا؛ وإنما هو منحني بسبب توزيع الكتلة والطاقة فيه. فالأجسام مثل الأرض؛ تتبع أقرب شيء للمسار المستقيم في المكان المنحني، وهو ما يسمى بالجيوديسي Geodesic.[38]

5- "القصور الذاتي" و"حركة الجاذبية":

يقول آينشتاين: ''بعد اكتمال "النسبية"، وتطورها؛ يمكننا ملاحظة أن مبدأ "القصور الذاتي" الذي قال به "نيوتن"[39] يظل حقيقة ثابتة، ومبدأ طبيعي حقيقي؛ في ظل حقيقة وجود السلسلة الزمكانية رباعية الأبعاد،

36- (جوت، 2009، ص 118)
37- (فرانك: فلسفة العلم، بدون تاريخ، ص 196، 199، 200)
38- الجيوديسي هو أقصر أو أطول مسار بين نقطتين متجاورتين. ولما كان الجيوديسي هو أقصر طريق بين أي مطارين، فإنه هو الطريق الذي يخبر به ملاح الخط الجوي طياره حتى يطير فيه. وفي "النسبية" العامة، تتبع الأجسام دائما خطوطا مستقيمة في الزمكان. ولكنها مع ذلك تبدو لنا على أنها تتحرك على مسارات منحنية في فراغنا ذي الأبعاد الثلاثة. (ويكاد هذا يشبه مراقبة طائرة تطير فوق أرض ذات تلال، رغم أنها تتبع خطا مستقيما في المكان ذي الأبعاد الثلاثة، إلا أن ظلها يتبع مسارا منحنيا على الأرض ذات البعدين).. راجع: (هوكنج، 2001، ص 39)
39- يرى نيوتن أن القوة الجوهرية للمادة هي قوة "القصور الذاتي"؛ حيث يسعى كل جسد، بقدر ما يكمن فيه؛ إلى المثابرة في وضعه الحالي- سواء كان سكونا أو حركة منتظمة- وهذه المثابرة تمثل قوة تتناسب دوما مع الجسد الذي هي قوته. وهذا يعني أيضا أن الكتلة ذات القصور الذاتي تعد "مقاومة" و"دافعا" في الوقت نفسه؛ تكون "مقاومة" بقدر ما يحافظ الجسم على وضعه الراهن. وتكون "دافعا بقدر ما يتعلق الجسم بقوة أخرى؛ تسعى إلى تغير حالته. وبعبارة أخرى فإن "القصور الذاتي" عندما يكون حالة من "المقاومة" فإنه ينسب إلى الأجسام الساكنة. ويكون "دافعا عندما يكون قوة محفزة لمتحرك. أما كمية الحركة فهما المقياس، الذي نشأ عن سرعة وكمية المادة بشكل متناسب... راجع: (Newton, 2016, p. 23)

ووجود "مجالات الجاذبية". وهذا هو أبسط تعميم يمكن أن تقدمه النسبية. فمبدأ "القصور الذاتي"، و"الجاذبية" هما المسؤلان عن تكون الخطوط "الجيوديسية"، وهي بدورها تفترض "مبدأ التكافؤ"،،[40]

لم تضف نظرية الجاذبية الحديثة (النسبية العامة) إلى فهمنا للتآثر الجاذبي؛ لكنها قدمت شرحا بسيطا للتآثر الجاذبي للأجسام التي تسلك مسارات جيوديسية". وهكذا يبدو أن مبدأ "القصور الذاتي" و"الجاذبية" يبدوان مرتبطان بإحكام؛ فقوة الجاذبية هي قوة (قصورية)؛ وتنبع هذه القوة القصورية من إجهاد "رباعي الأبعاد" ناشيء في الأنابيب الكونية المشوهة لأجسام لا قصورية.[41]

وقد تم تقديم قانون "حركة الجاذبية" كافتراض أساسي؛ والذي أكد فيه "آينشتاين" أن "الجاذبية" تتحرك في خط "جيوديسي"؛ لكن "حركة الجاذبية مرهونة بمعادلات "المجال الجاذبي"؛ وذلك لا يكون في الكتلة المولدة للمجال؛ بل في المساحات الفارغة، بعيدا وخارج نقاط الكتلة المولدة. وبعبارة أخرى؛ فإن "قانون حركة الجاذبية" لا يكون؛ ولا يلاحظ؛ إلا في المجال الفارغ، شديد الاتساع.[42]

6- الخصائص العامة للزمكان:

مما أسلفنا نستطيع القول بأن مصطلح "الزمكان" سيشير دوما إلى كيان متشعب يمكن تمييزه، لكن من الصعب إخضاعه للقياس؛ ذلك لأن الزمكان أصلا لا يحتوي على أية قياسات، وليس له الطابع العالمي هذا ولا ذاك. إننا نتحدث هنا عن بنية غير موجودة في الوقت الحاضر، ولا يمكن تصورها إلا من خلال بعض المصطلحات.[43] وهو لا يُنعت بأنه متسق إلا في المناطق الصغيرة. أما في المدى الواسع؛ فهو بسبب انحنائه غير متسق. والذي يحدد انحناء "الزمكان" هي "المادة"؛ لكنه حسب "نظرية النسبية" يمثل وجودا ذاتيا مستقلا عن المادة والمجال. وليس للفضاء وجود مقابل الزمكان؛ فإذا افترض زوال المجال الجاذبي؛ فلا يبقى

[40]- (Einstein, 1922, p. 80, 81)

[41]- (بتكوف، 2018، ص 390)

[42]- (Einstein, 1922), p. 108

[43]- (Fraassen, 1984, P. 232)

فضاء كفضاء "منكوفسكي"، بل لا شيء أبدا؛ لأن أي فضاء دون مجال ليس له وجود. كما أن أي "حادثة" من حوادث العالم، تكون مضبوطة عندما تعرف احداثياتها الأربعة. فالزمكان ليس محض بناء رياضي؛ ذلك لأن العالم بأسره هو متصل زمكاني. وكل حقيقة توجد في الزمان وفي المكان معا. ولا يمكن فصل أحدهما عن الآخر، ولا ينحل "الزمكان" إلى "زمان" و"مكان" مطلقين أبدا.[44]

إن "الزمكان" مكان فوق الأبعاد، تكون فيه الحركة ممكنة في (الطول)، و(العرض)، و(العمق)، و(الزمان). والأجسام التي نراها ثلاثية الأبعاد في حياتنا العادية؛ ستبدو رباعية الأبعاد في الزمكان. وإذا استطعنا أن نرى بالأبعاد الرباعية؛ فإنه يمكننا أن ننظر خلال الزمان؛ كما لو أننا ننظر بكل سهولة إلى اليسار، أو إلى اليمين. وإذا نظرنا إلى شخص ما، فإننا نستطيع أن نرى كل حدث في حياته الشخصية. لكننا ندرك في حياتنا اليومية، ثلاثة أبعاد فقط، ونفترض أن هذا الإدراك يعكس الحقيقة.[45]

"الزمكان" يمثل "بنية" للعالم، فيها كل الحقيقة الفيزيائية (الماضي والحاضر والمستقبل)؛ موضوعة هناك دفعة واحدة وللأبد. وما نسميه لحظات؛ هي "شرائح" معينة خلال "الزمكان"، وعندما تختلف محتويات هذه الشرائح عن بعضها البعض، يحدث ما نسميه "التغير"، أو "الحركة" خلال المكان. لكن عمليات "السبب"، أو التعاقب، وتسلسل الأحداث؛ هي قرارات وعينا.[46] و"الزمكان" هو فاعل نفسه، هو نسيج مرن، بكل الكائنات التي يتضمنها: الشمس، الكواكب، فحتى نحن ننحني هذا الانحناء. وأي شيء يستغرق امتدادا من الزمان، يكون له أجزاء مختلفة موجودة في أزمنة مختلفة داخل هذا الامتداد. وهذه الأجزاء هي "الأجزاء الزمانية". وليس هناك (هنا) حقيقيا فكلمة "هنا" تشير فقط إلى أي مكان يقول عنه الشخص أنه موجود. تماما كما أنه ليس هناك "آن" موضوعي.[47] كما حلت "نظرية النسبية" مشكلة "واقعية المستقبل"؛ فأي حادثة مستقبلية نسبية إلى ملاحظ ما، ومنفصلة عنه مكانيا، تكون حاضرا وواقعا بالنسبة إلى ملاحظ آخر متزامن

44- (مرحبا، 1981 ص 95، 96، 97)
45- (بينيت، 2017، ص 88)
46- (دويتس، 2009، ص 380)
47- (سايدر، 2011، ص 475، 476)

مع الأول. وحيث أن مفهوم الواقع هو مفهوم متعدي؛ فإنها تكون واقعا أيضـــا للملاحظ الأول.[48] مما يعني أنه لا يمكننا اختبار "الزمان" وهو يتدفق أو يمر. كل ما نختبره هو الفروق بين "المدركات الحســية". وقد ألح "آينشـتاين" على أن خبرات الفرد تبدو منسـقة في سلسـلة من الحوادث. وتبدو لنا كل حادثة في هذه السلسلة كأنما هي منتظمة تبعا لمعيار "القبل" و"البعد"، ولذلك فلكل فرد "أنا- زمان"، أو زمان شـــخصـــي ذاتي. وهذا الزمان لا ســبيل إلى قياســه.[49] لكن علينا أن ننتبه إلى أن "النســبية" لا تعني أن المكان والزمان والحركة؛ أشـياء تعتمد على الذات، وتختلف من شـخص إلى آخر؛ ذلك لأنها نسـبية فيزيائية، لا سـيكولوجية. فالأفراد الذين يلاحظون شـــيئا ما، يختلفون في رصـــدهم إن كان كل منهم موجودا على كوكب مختلف. فالمســـافة المكانية، والفترة الزمنية، والحركة؛ أمور موضوعية. ولكنها نسبية؛ باختلاف المكان الذي يتم الرصد منه.[50]

7- آينشتاين والأفكار الفلسفية:

قد يكون ذكر بعض من آراء "آينشـــتاين" عن مفاهيم فلســـفية مثل: "الحرية"، و"العقلانية"، و"نظرية المعرفة"، و"الحدس"، و"اللغة"، و"الميتافيزيقا"، وغيرها من المفاهيم؛ عمل يكشـــف لنا عن الخلفية الفكرية لعبقرية فذة مثل عبقرية هذا الفزيائي... عندما سُـئل "آينشـتاين" عن معنى الحياة البشـرية، وعن الجدوى من حياة أي مخلوق؛ أجاب بأن هذا السـؤال وإجابته يعنيان أن يكون المرء مُتدينا بالضـرورة. وهو يرى أن المرء الذي يحترم حياتـه؛ هو الذي يحترم حياة ووجود الآخرين، ويعتبر هؤلاء زملاء لهم معنى؛ في حياة تعددت معانيها؛ من خلال ذلك فقط يتم تحديد القيمة الحقيقية للإنسـان؛ أي أنها تتحدد- وفي المقام الاول- بالمقدار والمعنى الذي بلغه التحرر من "الذات".[51] كما "تناول" آينشتاين العلاقة المتبادلة بين نظرية المعرفة والعلوم؛ فرأى أنهما يعتمدان على بعضـهما؛ فنظرية المعرفة بدون اتصال مع العلم تصبح مخططًا فارغًا، والعلم بدون

[48]- (النويهي، 1992، ص 112)
[49]- (Fraassen, 2013, P. 106)
[50]- (النويهي، 1992، ص 45)
[51]- (Einstein, 1960, P. 11)

"نظرية المعرفة" يصبح بدائيا ومشوشا. وللعالِم أن يقبل التحليل النظري المعرفي؛ لكن الظروف الخارجية التي تحددها له حقائق التجربة؛ لا تسمح له بأن يكون مقيدًا في بناء عالمه المفاهيمي بنظام معرفي معين؛ إنه سيبدو (واقعيا) بقدر ما يسعى لوصف عالم مستقل عن الإدراك؛ وسيبدو (مثاليا) بقدر ما ينظر إلى الاختراعات الحرة للروح الإنسانية، تلك التي لا يمكن اشتقاقها منطقياً مما يُعطى تجريبياً.[52]

كذلك هناك ما يؤكد أن الجانب الباطن من تفكيره كان حاسمًا؛ لكنه لا يطلق على هذا الجانب اسم "الحدس"، بل يسميه "اللعب الحر للعقل"، الذي يسود كل التفكير الإبداعي، هذا اللعب يسمح لنا بالوصول إلى الواقع الأساسي، ذلك الواقع الكامن تحت تفكيرنا السطحي البدائي. فكرة "الزمكان" نفسها؛ لم تكن سوى "اختراعات مجانية للعقل"، اتضح أنها مناسبة لوصف الظواهر. لكن علينا أن نلاحظ إصرار آينشتاين على أن هذا الحدس، أو اللعب؛ تجارب عقلية. وهو يدرك تمام الإدراك أننا لا نستطيع أن نعرف –كبشر– أي شيء سوى بعض الجوانب الصغيرة من "الحقيقة الكونية"، أي أننا لا نعرف سوى حقائق حول "الحقيقة". يؤكد "آينشتاين" أنه ليس من الجيد أن يتضامن المرء مع الوجه العقلاني المتطرف فيه. وعليه دوما أن يتذكر أن الطريقة العلمية لا يمكن أن تعلمنا شيئا آخرا بخلاف بعض من الحقائق المشروطة ببعضها البعض. وأن يعى أن "المعرفة" تنتمي إلى واقع أعلى من الإنسان؛ أغلبنا لا يستطيع إثبات، أو حتى تبرير تطلعنا إلى هذا الواقع الأعلى؛ وهذا كله إنما يؤكد إن إمكانياتنا محدودة أمام الحصول على المفهوم العقلاني البحت لوجودنا.[53]

إن ما يثير الدهشة هو اعتراف "آينشتاين" بالطبيعة البدائية لتفكيرنا، وبالأسرار الشاسعة التي لا تكمن في الكون فحسب، بل في الأعمال الأعمق لعقولنا. أدى هذا به إلى مناقشة القيود المفروضة على الفكر الإنساني، والمتأصلة في طبيعتنا ذاتها. لكنه رأى أن هذا النقاش لا ينبغي أن يطبق فقط على عمليات التفكير التي يمكن صياغتها بالكامل صياغة لغوية؛ بل نرى العديد من المكونات التي شعر "آينشتاين" أنها مهمة للتفكير بشكل عام؛ وللتفكير العلمي بشكل خاص، وتشمل : الدور الذي تلعبه التصورات والإدراك الحسي في

[52]- (Buchwald, 2015, p. 2)

[53]- (Einstein, 1950, p, 23)

تشـكيل تجربتنا، والأفكار الأسـاسـية غير اللغوية لدينا. ودور اللغة والرموز في السـماح لنا بصـياغة جهاز مفاهيمي رسـمي– إلى حد ما– لتحليل تجربتنا. والدور المحدد للرياضـيات في السـماح لنا بالقيام بهذا العمل العلمي.

يقول "آينشـتاين": ''خلال جزء من القرن الماضـي، والقرن الذي يسـبقه؛ كان هناك صـراعا لا يمكن حله بين "المعرفة والمعتقد؛ وارتأت بعض العقول أن الوقت قد حان لتحل المعرفة محل الإيمان. واعتبار أن أي اعتقاد لا يعتمد على المعرفة مجرد خرافة؛ وعلى هذا صـــارت الوظيفة الوحيدة للتعليم هي فتح الطريق أمام التفكير والمعرفة. ولكن؛ إنه لمن المحتمل أن يجد المرء وجهة النظر العقلانية النضـبطة التي ينشـدها– وإن كان ذلك من الصعب– لكنه غالبا ما سيجدها فيما بعد غير كافية، وغير مكتملة. وقد يكون من الصحيح أن يدعم قناعاته هذه بالخبرة والتجربة؛ ولكن سيكون الأفضل دوما أن يحاول تصفية عقلة من طبيعته.[54]

من الأهمية أن ندرك أن أفكار "آينشتاين" لم تكن متوافقة مع أي من الديانات القائمة في عصرنا، أو في أي وقت في الماضـي. لكن بسؤاله: هل تأتي الحقائق العلمية والدينية بوجهات نظر مختلفة؟ فأجاب بأنه من العسـير إيجاد معنى دقيق لمصـطلح "الحقيقة العلمية". وهكذا يختلف معنى كلمة "الحقيقة" حسـب ما إذا كنا نتعامل مع حقيقة من الخبرة، أو اقتراح رياضي، أو نظرية علمية. كذلك فإن "الحقيقة الدينية" لا تقدم شيئًا واضحًا على الإطلاق. وسؤاله: هل يمكن للاكتشاف العلمي أن يعزز المعتقد الديني، وينبذ الخرافات؛ أي هل يمكن للمشـــاعر الدينية أن تعطي قوة دافعة للاكتشـــاف العلمي؟ فأجاب بأنه من الممكن أن تقلل الأبحاث العلمية من الخرافات، وذلك من خلال تشـــجيع الناس على التفكير، وعرض الأشـــياء من حيث الســـبب والنتيجة.[55]

نرى بوضوح أن إيمان "آينشتاين" كان له بعد روحي؛ لم يكن فقط مجرد معتقدات حول كيفية نشأة الكون، ولكن حول ما شـعر به حيال ذلك، وذلك إلى جانب البعد المعرفي؛ فهو يربط هذا الإيمان بالسـعي العلمي؛ لكشف الطريقة التي نشأ بها الكون حقًا. فهو قد شعر بوضوح أنه بدون هذا الإيمان لا يكون هناك دافع وراء

[54]- Ibid, p, 23

[55]- (Buchwald, 2015, p 6)

السعي. ونلاحظ أيضا أن آينشتاين لم يشعر بوجود أي تصوف متأصل في هذا الإيمان. بل أنه في الواقع، وفي العديد من المناسبات، استنكر التصوف بشدة؛ واعتبره أمرا طفوليا، ولا يمكن التوفيق بينه وبين أفكاره ومعتقداته.[56] بالأحرى هو لم ينسب إلى الطبيعة غرضًا أو هدفًا، "الطبيعة" في نظره عبارة عن هيكل رائع لا يمكننا فهمه إلا بشكل غير مكتمل، ويجب أن يكون الشخص المفكر؛ لديه شعور بالتواضع تجاهها. وهذا شعور ديني حقيقي لا علاقة له بالتصوف. كذلك فإن "آينشتاين" لا يرفض الميتافيزيقا؛ وذلك يتضح من خلال نقده الواضح لهيوم؛ فهو يرى أن هيوم هو المسؤول عن الخوف المصيري من الميتافيزيقيا، فصارت من بعده (مرضا) يرعب الفلسفة التجريبية المعاصرة. لا يرى "آينشتاين" أي خطر في اعتبار الكائن ميتافيزيقي وفيزيقي في النظام؛ ذلك جنبا إلى جنب مع الهيكل المكاني الزماني المناسب. إنه يرى أن الفيزياء بقدر ما تستند إلى أسس عقلانية وتجريبية، يجب أن تؤسس على الجذور الميتافيزيقية.[57]

8- مناقشة وتعقيب:

لقد كان "آينشتاين" ابنا لعصره بحق؛ فلم يكن وحده من اكتشف "ثبات سرعة الضوء"؛ بل سبقه في ذلك "مكسويل" وآخرون. وحقيقة "تقلص الأطوال"، ومصطلح "الزمان المحلي"، يرجع الفضل فيهما ل"فيتزجيرالد" و"لورنتز". حتى "مبدأ النسبية" هو من الأصل "لجاليليو"، وسبق واعتقد كل من "ماخ"، و"بوانكاريه" في نسبية الزمان والمكان؛ حتى النفي الجدلي الذي قامت به "نظرية النسبية" لميكانيكا نيوتن؛ قام على اتفاقات في بعض المفاهيم؛ بذات القدر الذي قام فيه على الدحض والتعارض. لكن آينشتاين جمع وفكر؛ ثم أخرج معادلات أنيقة. متماسكة ومحكمة. وتنبأ بما نجني ثماره حتى لحظتنا الراهنة.

[56]- محادثة مع أوغو أونوفري ، 1955 (من أرشيف أينشتاين 60-758) نقلا عن: (Buchwald, 2015, p. 6)
[57]-)12Buchwald, 2015, p (

يقول فيليب فرانك Philip Frank (1884- 1966) في كتاب "فلسفة العلم" أن آينشتاين قد تأرجح بين نظرية أرسطو، ورؤية الزمان عند أوغسطين.[58] والواقع أن نظرية الزمان عند "آينشتاين" نظرية فيزيائية. وهذا لا يعني أن ليس لها علاقة بالفلسفة؛ ولا أن فكر "آينشتاين" لا يحمل أبعادا فلسفية؛ الحقيقة أن "نظرية النسبية" غيرت في الفلسفة. وهذا التغيير والتأثير قد أشرنا إليه باختصار. لكن بالعودة إلى عبارة "فيليب فرانك"؛ فإن الزمان الذي أقر أرسطو بفزيائيته؛ ووقف ليفند الشكوك واحدا تلو الآخر ليثبت وجوده؛ فإنه صار بعد نظرية "آينشتاين"؛ من اللغو إنكاره. وإذا كانت الدكتورة "سهام النويهي" تذهب في كتاب "الزمان بين الفلسفة والعلم" إلى أن "الشك في وجود الزمان يحمل في طياته انهزاما ذاتيا؛ لأن ذلك الإنكار يتطلب زمانا كي يحدث"[59] فإن "نظرية النسبية"- في صورتيها الخاصة والعامة- أثبتت أن هذا الإنكار لا يتطلب زمانا فقط؛ بل يتطلب إحداثات في الزمكان؛ يقتطع فيها المرء لنفسه مكانا وزمانا معا. أما "النسبية" في زمان آينشتاين؛ ليست نسبية سيكولوجية؛ بل هي نسبية إدراكية قياسية، تخترقها المادة وتؤثر فيها من عدة اتجاهات؛ بحيث تتجمع الظواهر أمام راصدها؛ لتشكل مكان جزئي، موجود في لحظة واحدة من الزمان.

وفيما يتعلق بارتباط الزمان والمكان من ناحية فلسفية تراعي تطور العلوم؛ فقد نجد بذرة هذه الرؤية عند "جون لوك"؛ الذي تحدث عن هذه المسألة في كتاب "مقالات في المعرفة الإنسانية" An Essay Concerning Human Understanding. ذلك الكتاب الذي ظهر عام 1689؛ وقد تحدث فيه "لوك" بداية عن الزمان والمكان كل على حدة، ثم خصص فصلا كاملا في الصلة بينهما. وبعد قرن من الزمان وجد "كانط" نفسه أمام هذه القضية؛ ليقر أن المكان والزمان معطيات (قبلية)، وليسا مشتقين من الإحساس والتجربة. وقصد بذلك أنهما "صور" خارجية وداخلية للحس. ونحن قد وجدنا أن الزمان عند "آينشتاين" قد يكون أقرب في الوصف إلى الزمان عند "لوك"؛ فعلى الرغم من أن الأخير يقول بأن الزمان فكرة في الذهن، ونوع من التغير الكمي في الأحداث؛ إلا أنه وضعه في التجربة. كذلك كان زمان آينشتاين؛ مسألة تجريبية، نتيجة

58- يناقش فيليب فرانك إجابات الأسئلة التي سألت لآينشتاين حول نصوص القديس أوغسطين. كما يناقش أوجه الشبه بين نظرية أرسطو ونظرية آينشتاين في نفس الكتاب، ص 161، 162، 163

59- (النويهي، 1992، ص 11)

ملاحظة؛ لذا فإن معرفتنا بالزمان– عند آينشتاين– ليست أولية كما ذهب "كانط". وليست تجريبية كمية فقط كما ذهب لوك؛ بل إنها تجريبية كيفية وكمية.

السؤال الآن: كيف يمكننا أن نُجمل ونصيغ مفهوم "الزمان النسبي" في أقل عدد من السطور؟ إن "الزمان النسبي"– ببساطة– يوجد في "تحويلات لورنتز". وفي "الزمان المحلي" الخاص الذي يستغرقه الطول لينكمش إذا تحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء. وفي نسبة "تقلص الطول" البسيطة جدا التي تخلقها حالة الحركة المسرعة. وفي مجموعة تحولات تتناوبها "الكتلة" و"الطاقة". وفي إمكانية "التمدد"، وخاصية "الإبطاء". وفي علاقة التناسب بين الحركة في "الأطر المرجعية" المعزولة وبين الحركة في "إطار مرجعي" أكبر كالفضاء، ذاك الفضاء الذي تسوده حركات غامضة، ولا تطبق عليه سوى هندسة المنحنيات. نجد "الزمان النسبي" في زوال "المطلقية" absoluteness عن كل شيء باستثناء "سرعة الضوء" كحقيقة ثابتة ومطلقة. نجده أيضا في الهندسة التي وصفت المجالات الجاذبية، تلك المجالات المسؤولة عن توزيع المادة في الكون. وفي التشبث ب"السببية" لترتيب أحداث هي في الأصل منفصلة ومتبعثرة. وفي محورية (وجود)، أو (لا وجود) الأذهان.

الخاتمة

من خلال ما تم عرضه من توضيح لمفهوم زمان "آينشتاين" النسبي، ذلك المفهوم الثوري الذي مثل انقلابا على "فيزياء نيوتن"، والذي ورد في النسبيتين الخاصة والعامة؛ كزمان فيزيائي يرتبط تمام الارتباط بالمكان فيما يسمى بمصطلح "الزمكان" يمكننا أن نستخلص النتائج التالية:

- ارتباط المفهوم النسبي للزمان منهجبا– فقط– بالمفهوم الفلسفي والعلمي للزمان "المطلق"؛ حيث بحث كل من الزمان الفيزيائي النسبي والمطلق تحت نفس المفاهيم التي تمثلت في الحركة والجاذبية والكتلة. لكن مع فروق جوهرية في الأسس والنتائج؛ خصوصا فيما يتعلق بحقيقة الكون المادي؛ فزمان الفلاسفة كان زمانا فيزيائيا منبثقا من حقيقة لا فيزيائية؛ أي أنه زمان مخلوق ليحرك الوجود المادي الفيزيائي؛ بعد أن كان الوجود معقولا فقط. أما مفهوم "آينشتاين" للزمان النسبي فهو مؤسس على إيمان "آينشتاين" بوجود حقيقية مادية للكون؛ لا ترتبط عنده بأي وجود آخر. مع اعتراف "آينشتاين" بأن هذه الحقيقة التي توصل إليها مجرد حقيقة جزئية لا تنفي أن يكون هناك وجود سابق على هذا الوجود؛ لا يتفق معه في النوع أو الجنس؛ وكان يؤمن أيضا بأننا لا يمكننا التكهن بما وراء هذه الحقيقة الجزئية نظرا لتطور العلوم، ومحدودية العقل البشري في كشف غوامض الطبيعة.

- إن إقرار "آينشتاين" بوجود "حقيقة مادية للكون" دفعه للقول بنوع من "التسلسل العلي" يربط الأحداث، أي أنه قال بنوع من "العلة المادية"؛ ومن ثم يمكن القول بأن مفهوم "العلة" هو أهم المفاهيم الفلسفية التي احتفظت به "نسبية" آينشتاين.

- على الرغم من نسبنة شتى مفاهيم الطبيعة في نظرية "آينشتاين"؛ إلا أن هناك بعض من المفاهيم التي تظل تتسم بأنها مطلقة؛ ومن أهم هذه المفاهيم: "ثبات سرعة الضوء"، و"التماثل"، و"التسارع" أو "قانون القصور الذاتي"؛ وهذه المفاهيم؛ بالإضافة إلى مفهوم "السببية" أو الترابط العلي الذي أقرت به

"نظرية النسبية"؛ هي ما يمكننا النظر إليه كبنية عقلانية أساسية؛ للمفاهيم التجريبية الكمية النسبية للزمان والمكان عند "آينشتاين".

- يوضح لنا نقد "آينشتاين للمذاهب الفلسفية المادية؛ كالتجريبية، والوضعية المنطقية؛ ذلك البعد الميتافيزيقي لمفهوم "الزمان النسبي" عند "آينشتاين". ويوضح ما لهذا المفهوم من معنى يتجاوز الوجود الظاهري للمادة، والمكان، وتسلسل الأحداث.

- إن "آينشتاين" لم يتطرق إلى مسألة "الوعي بالزمان"، أو إدراكه؛ بل ظلت نظريته تصف وضع هذا الزمان الفيزيائي النسبي نفسه؛ وتغلغله في بنية الكون الأساسية؛ مما يوضح لنا- أولا- ابتعاد مفهوم "آينشتاين" للزمان النسبي عن أي زمان ذاتي سيكولوجي، أو حدسي. ويوضح لنا ثانيا أن المفهوم النسبي للزمان حدد الدور الحقيقي الذي يجب لفلسفات العقل والوعي أن تقوم به؛ ذلك بعد أن تحددت طبيعة الزمان؛ تلك الطبيعة التي دأب الفلاسفة والعلماء على مر العصور علي اكتشاف غموضها.

المصادر والمراجع

أولا، المصادر والمراجع الأجنبية:

1- Albert Einstein (2006). Relativity: The Special and the General Theory. Trans by Robert W. Lawson. By Henry Holt and company. New- York. (Relativity translated by Robert W. Lawson first published in Great Britain by Methuen & Co. Ltd. 1920. First published in the United States of America by Henry Holt and Company 1920. This edition with an introduction by Nigel Calder published in Penguin Books 2006).
2- _____, (1922). The Meaning of Relativity, Sixth edition, By MJF Books, New- York.
3- _____, L. Indfed (1938). The Evolution of Physics. By Gambridge university, London.
4- _____, (1950). Out of My Later , philosophical Library. Years. New- York.
5- _____, (1960). Ideas and Opinions, New translations and revisions by Sonja Bargmann. Fifth Printing. by Philippe Halsman, New- York.
6- Isaac Newton (2016). Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, trans by:Anderw Mtte. Kindle Edition. by Global Gery. New- york.
7- _____ (2015). The system of The World. Kindle Edition. By F. Fayram, London.
8- Bas C. Van Fraassen (2013) An Introduction to The Philosophy of Time and Space. By Nousoul Digital Publishing.
9- Diana Kormos- Buchwald (2015) EINSTEIN: PHILOSOPHICAL IDEAS. Wed Feb 25, 2015
St. John's College Diana Kormos-Buchwald (History, Caltech): In His Own Words: the Collected Papers of Albert Einstein
10- F. M. Cornford (1984). Plato's cosmology. By Hackett Publishing Company, Indiana.

ثانيا: المصادر والمراجع العربية:

1- أرســـطو، (1998)، *الفيزياء "الســـماع الطبيعي"*، ط 1، ترجمة (عبد القادر قنيني)، الدار البيضاء، المغرب، إفريقيا الشرق.

2- أفلاطون، (1014) *الطيماوس واكريتيَّس*، ط 1، ترجمة (الأب فؤاد جرجي بربارة)، دمشـق، سوريا، منشورات الهيئة العامة السورية للكتاب.

3- أفلاطون (1994) *المحاورات الكاملة*، مج 5، ط 1، ترجمة (شـــوقي داود تمراز)، بيروت، لبنان، الدار الأهلية للنشر والتوزيع.

4- ألبرت أينشـــتين- ليوبولد إنفلد، (2006)، *تطور علم الطبيعة*، ط 1، ترجمة (محمد النادي وعطية عاشور)، القاهرة، مصرالهيئة المصرية العامة للكتاب.

5- ألبرت أينشـــتين، (2015)، *العالم كما آراه*، ط1، ترجمة (فاروق الحميد) بيروت، لبنان دار التكوين.

6- ألبرت أينشتين، (2006)، *النسبية "النظرية الخاصة والعامة"، ط 3، ترجمة (رمسيس شحاته)*، القاهرة، مصر، المركز القومي للترجمة.

7- هنري بوانكاريه، (2002)، *العلم والفرضـــية*، ط ا، ترجمة (حمادي بن جاء باله)، بيروت، لبنان، المنظمة العربية للترجمة.

8- علي، حسين، (2006)، *الميتافيزيقا والعلم*. ط 1، القاهرة، مصر، دار قباء للطباعة والنشر والتوزيع.

9- النويهي، ســـهام، (1992)، *الزمان بين الفلســـفة والعلم*، ط 1،القاهرة، مصـــر، مكتبة أولاد عتمان.

10- مرحبا، محمد عبد الرحمن، (1981)، *أينشتين والنظرية النسبية*، ط 8، بيروت، لبنان، دار القلم

ثالثا، نصوص مترجمة

1- تيودور ســـايدر، (2001)، *الخيال العلمي والفلســـفة*. ط 1، ترجمة (عزت عامر)، القاهرة، مصر، المركز القومي للترجمة، Black well publishing limited

2- ريتشارد جوت، (2009)، *السفر عبر الزمان في كون أينشتاين*. ط 1، ترجمة (عاطف يوسف محمود)، القاهرة، المركز القومي للترجمة، Special arrangement with Houghton Mifflin harcourt publishing company

3- جيفري بينيت، (2017)، *ما النســبية*. ط 1، ترجمة (محمد فتحي)، القاهرة، مصــر، المركز القومي للترجمة. Columbia university press

4- دافيد دويتس، (2001)، *نسيج الحقيقة*. ط 1، ترجمة (منير شريف)، القاهرة، مصر، المركز القومي للترجمة. Penguin Books; Illustrated edition

5- ســـتيفن هوكنج، (2001)، *تاريخ موجز للزمان*، طبعة خاصـــة، ترجمة (مصـــطفى ابراهيم فهمي)، القاهرة، مصر، الهيئة المصرية العامة للكتاب. Bantam; 10th Anniversary

6- فيسيلين بتكوف، (2018)، *النسبية وطبيعة الزمكان*، ط 1، ترجمة (محمد أحمد فؤاد باشا)، القاهرة، مصر، المركز القومي للترجمة، springer– verlag berlin Heidelberg.

7- فيليب فرانك، (ب. ت)، *فلسـفة العلم "الصـلة بين العلم والفلسـفة"*، ط 1، ترجمة (علي علي ناصف)، بيروت، لبنان، المؤسسة العربية للدراسات والنشر. Dover Publications.

8- كولن ولســـون، (1990)، *فكرة الزمان عبر التاريخ*، ع 159، ترجمة (فؤاد كامل)، الكويت، عالم المعرفة، west bride.

9- لويد مثز، وجيفرسون هين ويفر، (1999)، *قصة الفيزياء*، ط 2، ترجمة (طاهر ترابدار، وائل الأتاسي)، دمشق، سورية، دار طلاس للدراسات والترجمة والنشر. Springer; Softcover reprint of the original

10- ماسود شيشبان، هيجو بيريز روجاس، أنكا تورينو، (2018)، *مفاهيم أساسية في الفيزياء*، ط 1، ترجمة (عزت عامر)، القاهرة. مصـــــر، المركز القومي للترجمة، springer berlin heldelberdelberg

11- ميشـيو كاكو، (2017)، *كون آينشـتاين*، ط 6، ترجمة (شـهاب ياسـين)، القاهرة، مصـر، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة. W. W. Norton & Company

12- هانز رايشنباخ، (2004)، *نشأة الفلسفة العلمية*، ط 1، ترجمة (فؤاد زكريا)، الإسكندرية، القاهرة، دار الوفاء. University of California Press

رابعا، مواقع شبكة المعلومات الدولية

1- https://bawaba.khayma.com

Einstein's Relative Time

Marwa Nabil Mahmoud Ezz El-deen

Faculty of Arts - Girls College - Department of Philosophy- Ain Shams University

Research Supervisor

Dr. Siham Mahmoud Al-Noahy

Professor of Logic and Philosophy of Science - Girls' College - Ain Shams University

Abstract:

The concept of "relative time" has philosophical and scientific significance in our contemporary thought. The importance of our research may lie in trying to refute this importance, and to reveal the relationship between this scientific concept and the ancient philosophical concept of time. We must first clarify that the "relative time" is a (physical) time, not a subjective time, and it is not just a formative mathematical time. And to make it clear that what primitive man sensed from the flow of events and their succession; What the ancient civilizations began to measure and monitor its recurrence, and what was introduced by philosophy then as a concept expressing these observations; It was the "physical time" associated with the universe; And our task in this research is to clarify this connection, and how the physics of "Einstein" radicalized the various concepts of "nature"; Especially time and space, and to monitor the difference of the concept of "relative time" from the concept of "absolute time," which Newton represented the height of its completion, and to explain why the theory of "space-time" represented a revolution in physics that changed philosophy and science; What are its circumstances? And why did the

"relativity" come divided into two theories: What is the relationship between these two theories, what are the results of each theory, and what happens as a result of combining them. What is the clear philosophical background that we must attribute to "Einstein" exclusively? And our exploration of this will be through an attempt to present the relationship of the concept of "relative time" to the real structure of existence, and the preludes to the "relativism" revolution; Before we break down the General Relativity): Severally. " "&Special Relativity"elements of the two theories (

***keyword**: Relative time ,Philosophy ,Einstein*