

لماذا "نظرية النسبية الخاصة"؟ ما هي الأسباب التي قادت لاقتراحها؟

د. جبور جبور

(كلية العلوم ، جامعة تشرين)

البريد الإلكتروني: dr.j.jabbour@gmail.com

الملخص

إن هذا الذي لا نفهمه جيداً هو أن المبادئ التي تستند إليهما النظرية الميكانيكية والنظرية الكهربية متناقضة... الأولى مع الثانية... تناقض شكلي. ولم يتم إعطاء أهمية لذلك في تلك العصر لأن النظريتين مفصولتين: الميكانيك يصف الظواهر الميكانيكية، والكهربية يصف الظواهر الكهربية... وتصف الضوء. في هذه المقالة سوف يتم النظر إلى المبادئ التي تقف خلف هاتين النظريتين، ومن ثم سنوضح التناقض بين تلك المبادئ، وكيف تم حل هذا التناقض.

كلمات مفتاحية: - النظرية الميكانيكية - النظرية الكهربية - مفهوم الأثير - مفهوم السرعة النسبية - سرعة الضوء - نظرية النسبية الخاصة.

I. مقدمة:

كان يوجد في القرن التاسع عشر نظريتان:

النظرية الأولى: تتعلق بالميكانيك (قوانين نيوتن) [1-6]، تصف الظواهر الميكانيكية،

النظرية الثانية: تتعلق بالكهربية (معادلات ماكسويل) [7-14]، تصف الظواهر الكهربائية، المغناطيسية... أي الظواهر الكهربية، والظواهر الضوئية باعتبار الضوء موجة كهربية... في تلك العصر، والظواهر الكيميائية.

إضافة علم الإحصاء إلى الميكانيك يقود إلى الترموديناميك. واستناداً إلى هاتين النظريتين يمكننا وصف جميع الظواهر الفيزيائية المعروفة في تلك الفترة الزمنية... في تلك العصر.

وهذا الذي لا نفهمه جيداً هو أن المبادئ التي تستند إليهما النظريتين السابقتين متناقضة... الأولى مع الثانية... تناقض شكلي. ولم يتم إعطاء أهمية لذلك في تلك العصر لأن النظريتين مفصولتين: الميكانيك يصف الظواهر الميكانيكية، والكهربية يصف الظواهر الكهربية... وتصف الضوء. إذا نظرنا إلى المبادئ التي تقف خلف هاتين النظريتين نرى أنه يوجد تناقض.

كيف نعبر عن هذا التناقض؟ نعبر عنه بالطريقة الآتية:
معادلات الكهربية هي معادلات ماكسويل، كما كانت تُفهم في تلك العصر، تصف الضوء وتعتبره ظاهرة موجية تنتشر في الفضاء... الضوء موجة تنتشر في الفضاء. ولكن من أجل فيزيائي في القرن التاسع عشر الضوء هو ظاهرة موجية، أي ظاهرة تنتشر في الفضاء مؤدية إلى اهتزاز شيء ما عند مرورها. على سبيل المثال: الصوت هو ظاهرة موجية تحتاج إلى وسط مادي لكي تنتشر. إذاً، حتى ينتشر الصوت هو بحاجة لشيء ما يهتز عند مروره.

في حالة الكهربية، أي من أجل الضوء، يجب أن يكون هناك شيء يهتز عند مروره، أي عند مرور الموجة الكهربية... الموجة الضوئية. إذاً، كالصوت هو بحاجة لوسط مادي... لحامل يسمح له بالانتشار. وهذا الوسط المادي الذي يملأ الفضاء في كل مكان، والذي يسمح بانتشار الضوء يُطلق عليه اسم "الأثير" luminiferous Ether، أي الأثير الذي يحمل الضوء. وليس هناك من شخص يشك بوجود هذا الأثير، في تلك الحقبة، لأن الواقع يترافق، يتناسب، أو ينسجم مع ضرورة الفكرة.

ونسماه الأثير، إلا أن التجربة لم تجد تغيير في سرعة الضوء... إذاً الأثير غير موجود... ليس هناك وجود للأثير. وهذه التجربة تؤكد على فكرة أن سرعة الضوء لا تتغير... تبقى ثابتة في كل المراجع.

إن السبب الآخر الذي قاد إلى فكرة ثبات سرعة الضوء أتى من النظرية الكهرومغناطيسية... من معادلات ماكسويل. في نهاية القرن التاسع عشر نجح ماكسويل بتوحيد الكهرباء والمغناطيسية والضوء بفضل سلسلة من المعادلات تحمل اسمه. والشئ المهم هو أن تلك المعادلات تقتضي أيضاً أن سرعة الضوء يجب أن تبقى نفسها في كل المراجع.

باختصار، في بداية القرن العشرين كان لدى الفيزيائيون همّ من جهة أن مبدأ النسبية وتحويلات غاليليه التي تقول إن السرعات تكون دوماً نسبية، أي أن السرعات تضاف لبعضها البعض (تجمع أو تطرح حسب الاتجاه)، ومن جهة أخرى، معادلات ماكسويل وتجربة ميكلسون ومورلي تقول لنا إن سرعة الضوء تبقى نفسها لا تتغير في كل المراجع. السؤال هو الآتي: كيف نخرج من هذا المأزق؟

Galilée	Maxwell, Michelson & Morley
	
غاليليه السرعات تكون دوماً نسبية (تُضاف لبعضها)	ماكسويل، ميكلسون ومورلي سرعة الضوء يجب أن تبقى نفسها (لا تتغير) في كل المراجع

تدخل هنا الشاب الفيزيائي ألبرت أينشتاين Albert Einstein حيث أعلن في مقالته التي نُشرت عام 1905 عن "نظرية النسبية الخاصة" التي قادت إلى إعادة النظر في كل المبادئ الأساسية الرائجة في ذلك العصر، ومن ثم التخلي عن الأفكار القديمة المتداولة منذ عدة قرون.

إن فكرة أينشتاين هو الحفاظ على مبدأ النسبية لكن باستبدال تحويلات غاليليه [21-23]. نحافظ على مفهوم أنه في المراجع

لكن في السنوات ما بين 1880 و 1890... ولاحقاً فيما بعد... يتساءل الفيزيائيون عن صفات هذا الأثير، فيقولون: هل هو صلب؟ هل له وزن؟ هل هو مرن؟ هل له لون؟ ورويداً... بفهم وشرح معادلات ماكسويل، وبالنظر إلى ما تقود إليه هذه المعادلات بالنسبة للأثير، فهموا أن الأثير ليس له أي صفة... أي خاصية... إلا صفة وحيدة... صفة أساسية... صفة جذرية... هو أنه ساكن لا يتحرك. الأثير ساكن لا يتحرك... الأثير ساكن بالمطلق. يُشكل نوع من جملة مرجعية مطلقة. وهكذا عُرِف بهذه الطريقة، أو بهذا الشكل.

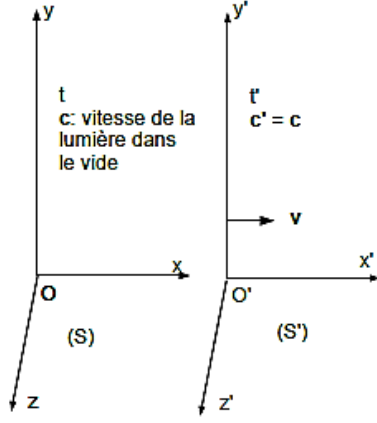
في نهاية القرن التاسع عشر بدأت تظهر فكرة أن سرعة الضوء يمكن أن تكون نفسها في كل المراجع. وهذا الذي أوقع الفيزيائيون في تلك العصر شيئين: (1) نتيجة تجارب، و (2) اعتبارات نظرية.

التجربة هي تجربة ميكلسون ومورلي (Michelson and Morley) [15-20]. هدف هذه التجربة هو معرفة وكشف تغيرات سرعة الضوء بحسب توجيه اتجاه الضوء بالنسبة لحركة الأرض. أو بشكل آخر قياس سرعة الضوء القادم من نجوم تتحرك في اتجاه حركة الأرض، ومن ثم عن نجوم تتحرك في اتجاه معاكس لحركة الأرض. منطقياً، يجب أن تكون سرعة الضوء في الحالة الأولى أكبر منه في الحالة الثانية. لكن في الواقع كان هذا غير صحيح: وُجد أن سرعة الضوء ثابتة مهما كان الاتجاه الذي يتم فيه مراقبة الضوء. عندئذ، تمّ التخلي عن مفهوم الأثير بعد تلك التجربة.



الشكل 1: تجربة ميكلسون ومورلي.

بعبارة أخرى، لو اكتشفنا ميكلسون ومورلي تغيير في السرعة فهذا يبرهن على وجود مرجع مطلق حيث يتحرك (يتنقل) فيه الضوء



تحويلات لورنتز (في النسبية الخاصة)

حيث (t, x, y, z) و (t', x', y', z') إحداثيات الحادثة في الجملتين المرجعيتين (S) و (S') على الترتيب.

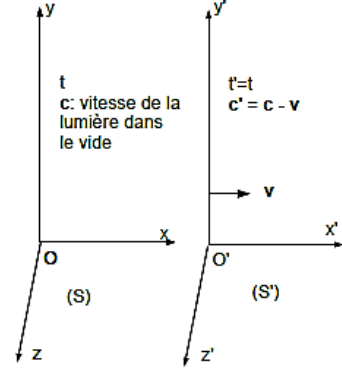
c سرعة الضوء في الخلاء و v السرعة النسبية للجملتين (S') ، وهي موازية للمحور (Ox) ، بالنسبة للجملتين الساكنة (S) .

والمعامل $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ يُدعى بمعامل لورنتز.

تحويلات لورنتز	تحويلات لورنتز العكسية
$x' = \frac{(x - vt)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$x = \frac{(x' + vt')}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$
$y' = y$	$y = y'$
$z' = z$	$z = z'$
$t' = \frac{(t - \frac{vx}{c^2})}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	$t = \frac{(t' + \frac{vx'}{c^2})}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

من أجل حل مسألة سرعة الضوء، انطلق أينشتاين من القاعدة التي نقول: بأن قوانين الفيزياء تبقى نفسها في كل مكان مهما كانت سرعة واتجاه المراقب. إذا كانت سرعة الضوء نفسها في كل مكان، لا تتغير، مهما كانت سرعة أو اتجاه المراقب، فهذا يعود إلى أن سرعة الأرض "تُمدد... تبطئ" الزمن: أي كلما أسرعنا، كلما يمر الزمن ببطء. إذاً، أصبحت سرعة الضوء حد لا يمكن تجاوزه، لأن العطالة تعبر عن مقاومة جسم للتسارع، وتزداد

التي تتحرك بحركة مستقيمة منتظمة النتائج هي نفسها، أي القوانين الفيزيائية تبقى نفسها، وإذاً لا يمكننا التمييز بينها لكن نغير القانون أو العلاقة التي تسمح بتحويل الإحداثيات الحادثة من مرجع لآخر، وتم استبدال تحويلات غاليليه بتحويلات لورنتز [24-21] على النحو الآتي:



تحويلات غاليليه (في الميكانيك الكلاسيكي)

حيث (t, x, y, z) و (t', x', y', z') إحداثيات الحادثة في الجملتين المرجعيتين (S) و (S') على الترتيب.

c سرعة الضوء في الخلاء و v السرعة النسبية للجملتين (S') ، وهي موازية للمحور (Ox) ، بالنسبة للجملتين الساكنة (S) .

تحويلات غاليليه	تحويلات غاليليه العكسية
$x' = x - vt$	$x = x' + vt'$
$y' = y$	$y = y'$
$z' = z$	$z = z'$
$t' = t$	$t = t'$

شهادة البكالوريا، لكن بوساطة مسابقة! حُصِّرَ نفسه وتقدم للدخول إلى المعهد، وهناك طرح سؤال آخر بوضع جسمه في التجربة، أي ينفذ (أو يتصور... يتخيل) التجربة على جسمه حيث كان أينشتاين خلال حياته يتخيل أفكار ويوضع جسمه في حقل التجارب أو التجربة حيث ليس هناك من شخص تصرف مثله، أو قام بذلك مثله... والتجربة التي تخيلها هي التجربة التالية:

ماذا يحدث لي (أي لنفسي) إذا امتطيت (امتطيت حصان ومن ثم امتطيت شعاع ضوئي) شعاع ضوئي؟
في تلك العصر كان يوصف الضوء وكأنه أمواج كهربية... أي أنني امتطيت موجة كهربية تقريباً مثل راكب أمواج على موجة. إذا كنت جالس على ضوء، فالضوء بالنسبة لي ساكن لا يتحرك (كراكب أمواج... حيث هو ساكن بالنسبة للأمواج الذي قبله وبعده)، وهذا الذي يراه أو نراه هو جملة من الأمواج المستقرة! أي لا تتحرك بالنسبة له أو بالنسبة لنا! يقول أينشتاين إذا كنت جالس على شعاع ضوئي إن الذي أراه هو مجموعة من الأمواج الكهربية المستقرة. يقول لنفسه إن لهذا غريب! لأنه وفق معادلات ماكسويل التي تصف الأمواج الكهربية ليس لها حلول موافقة للأمواج المستقرة. إي إذا تخيلت أنني كنت في وضع الجلوس فوق شعاع ضوئي فإني أرى شيء ما لا تراه معادلات ماكسويل... أو معادلات الكهربية! وحتى أنها تمنع حدوث ذلك! ماذا يعني هذا؟ والجواب على هذا السؤال وجده بعد 10 سنوات أي في عام 1905 عند تطويره لـ "نظرية النسبية الخاصة". ما هو الجواب عن هذا السؤال؟

ملاحظة: معادلات ماكسويل تصف انتشار الضوء، والسؤال الذي طرحه أينشتاين كان عمره 16/ سنة هل الوضع الذي أتخيله هو مستحيل؟ أو المعادلات التي تقول إنه مستحيل هي معادلات خاطئة؟ يفكر بهذا السؤال سنوات وسنوات... حيث كان يقول عن نفسه... إنني لا أعمل بسرعة، ولكن أعمل باستمرار... أعمل بشكل مستمر... أعمل كل الوقت.

في الواقع طرح أينشتاين سؤالين:

السؤال الأول: إذا أصدر الضوء ضوء فسرعة الضوء الصادر تساوي إلى سرعة الضوء المصدر له، أي سرعة الضوء هي قيمة مطلقة! مهما كانت سرعة المنبع الضوئي، ومهما كانت

العطالة بازدياد السرعة (بازدياد الطاقة). إذن، يلزمنا طاقة غير منتهية لتحريك جسم بسرعة تساوي إلى سرعة الضوء.

II. استعراض لبعض المراحل في حياة أينشتاين:

ترك أينشتاين المدرسة الثانوية عندما كان عمره 15 سنة حيث كان في ميونيخ (خلال الحرب العالمية الأولى حيث كان الجيش الألماني في كل مكان...)، وتخلّى عن الجنسية الألمانية والتحق بأهله الذين كانوا يعملون في إيطاليا. وخلال عام كامل كان دون مدرسة حيث قام برحلات... في الجبال... وأماكن أخرى... إلخ... وخلال عدة أشهر كتب رسالة (نوع من المذكرات... بضعة صفحات) إلى أحد أعمامه يقول بها ما هي الأسئلة التي كانت تهمه وتجذبه خلال حياته؟ وكل هذه الأسئلة تدور حول الضوء:

(1) ما هو الضوء؟

(2) كيف ينتشر الضوء في الفضاء؟

(3) هل هو بحاجة لحامل؟

(4) هل هو جسم فيزيائي يهتز؟

كان يطرح مجموعة من الأسئلة حيث ليس هناك من شخص آخر طرح مثل هذه الأسئلة. يقول على سبيل المثال:

- ماذا سيحدث إذا الضوء أصدر ضوءاً؟ حيث كان عمر 15 سنة... هل أحداً منكم طرح هذا النوع من الأسئلة؟
- إذا أصدر الضوء ضوءاً، ما هي سرعة الضوء الصادر أو المنبعث؟ هل الضوء سيسير بسرعة الضوء؟

وهل الضوء المنبعث له سرعة تساوي سرعة الضوء + سرعة الضوء، أي ضعف سرعة الضوء! وإذا أصدر الضوء الصادر ضوءاً أيضاً... أي مرتين... ثلاث مرات... أربع مرات... إلخ.

لاحظ أنه إذا الضوء أصدر ضوءاً فمن الممكن إنشاء اختراع سلم حركي نحو اللانهاية! إذاً، إذا كانت سرعة الضوء منتهية فيمكن بالإصدار المتتابع أو المتتالي أن تصبح سرعة الضوء غير منتهية. هل هذا طبيعي؟ هل هناك نوع من التناقض؟

بعد سنة من تلك التاريخ حيث كان في إحدى المدن السويسرية تُدعى أراوو Arawau تقريباً كان في سن طلاب البكالوريا حيث علم أنه يوجد في سويسرا معهد علمي Institut polytechnique de Zurich حيث يمكن الدخول للمعهد دون الحصول على

(تكون حركتكم حركة مستقيمة منتظمة). هذا يعني أن تكونوا مرتبطين أو متعلقين (حركتكم متعلقة) بجملة مرجعية غاليليه، هذا يعني أن القوانين الفيزيائية لا تتغير سواء كنتم في حالة حركة أم لا (لا تتحركوا... ساكنين).

(2) السكون هو حركة مشتركة. أنا ساكن بالنسبة لكم، ولكن لا يعني على الإطلاق إننا ساكنين لا نتحرك! الأرض تدور حول الشمس (km/s) 29 بالنسبة للشمس [25]، [26]، نحن في حالة حركة، وإذا كان لدينا الانطباع أننا ساكنين غير متحركين بالنسبة لبعضنا البعض لأننا نتقاسم نفس الجملة المرجعية (في نفس الجملة المرجعية) حيث ضمن هذه الجملة المرجعية نكون ساكنون غير متحركين.

ولهذا المبدأ للنظرية النسبية نتائج، تداعيات. لا يوجد جمل مرجعية يمكن أن نقول عنها إنها، بشكل مطلق، ساكنة. هذا يعني إذا كنا في جملة مرجعية ساكنة فهذه الجملة يمكن أن تكون متحركة بالنسبة لجملة مرجعية أخرى، وهذه الأخيرة سيكون لها نفس وضع الجملة المرجعية الأولى، أي متحركة بالنسبة لجملة أخرى، إذا ليست ساكنة بشكل مطلق. وإن الذي نقوله النظرية النسبية إن هناك ديمقراطية لجميع الجمل المرجعية، أي أن كل الجمل المرجعية التي يمكن أن نتخيلها مكافئة لبعضها البعض، بمعنى أن الظواهر الفيزيائية التي تحدث في هذه الجمل المرجعية ستحدث بنفس الطريقة تماماً.

وجد أينشتاين، ما بين حزيران وأيلول من عام 1905 أن كل التطبيقات تقوده إلى استنتاج العلاقة $E = mc^2$ ، هذا يعني إذا فُرضت أن سرعة الضوء لا تتغير، لها نفس القيمة في كل الجمل المرجعية، يجب أن يوجد طاقة كتلية مُرفقة لكل الأجسام الكتلية (الأجسام التي لها كتل) لأنها ذات كتلة... تملك كتلة... تمتلك طاقة هائلة لكونها كتلية... لها كتلة. و c في هذه العلاقة هي سرعة الضوء... حيث فجأة تغير الوضع تصبح ثابت فيزيائي، وهذا القانون صحيح حتى إذا لم يوجد ضوء في الآلية التي يخسر بها جسم طاقة. بعبارة أخرى سرعة الضوء، أي الثابت c ، يُغير الوضع بشكل كامل، لم يعد ببساطة سرعة جسم خاص ستكون سرعة الضوء، هي عبارة عن ثابت أساسي

سرعة الشخص الذي يقيس سرعة الضوء، فقيمة سرعة الضوء التي يجدها ستكون نفس القيمة. فكروا بهذا! لأنه دائماً هذا غير مفهوم! أو أن هناك التباس في الموضوع! هذا يعني إذا كان هناك مصباح كهربائي يتجه نحونا بسرعة قريبة من سرعة الضوء، فسوف تفكرون أن سرعة الضوء التي تقيسونها تساوي إلى سرعة الضوء مضافاً لها سرعة المصباح الكهربائي. يقول أينشتاين كلا! فالسرعة المقاسة ستكون مساوية لسرعة الضوء فقط!

يمكن أن تقولوا إذا كنتم تركضوا خلف أو وراء فوتون (الضوء يتألف من فوتونات) فسرعة الفوتون تساوي إلى سرعة الضوء... حيث تركضوا بسرعة كبيرة ستصلون تقريباً لسرعة قريبة من سرعة الضوء، فتقولون بينكم وبين أنفسكم إذا أسرع قليلاً فسوف ألنقط الفوتون. فكان جواب أينشتاين كلا! مهما كانت سرعتكم فالفوتون يسير (ينطلق) بالنسبة لكم بسرعة تساوي لسرعة الضوء.

السؤال الثاني: السؤال الذي طرحه في مدينة أراو Arrawau ماذا سأرى إذا كنت ممتطياً موجة كهرومغناطيسية؟ الجواب كان في عام 1905 ليس من المجدي التفكير بهذا، فالتجربة مستحيلة! هذا يعني أن الضوء بالنسبة لنا له نفس السرعة. إذاً، لا يمكننا أن نكون ثابتين بالنسبة للضوء.

خلاصة القول هنا: نشر أينشتاين كل ذلك في 30 حزيران من عام 1905 في مقالة أساسية (تأسيسية) الذي نُطلق عليها اسم "نظرية النسبية الخاصة" (نُطلق عليها خاصة لأنها لا تتضمن الجاذبية - الثقالة) ولاحقاً تم نشر نظرية أخرى تُدعى بـ "نظرية النسبية العامة".

في "نظرية النسبية الخاصة" يأخذ أينشتاين النظرية النسبية لغاليليه [21-24]، هو لا يخترع النظرية النسبية، هي قديمة جداً منذ أربعة قرون.

ماذا يقول مبدأ النسبية؟ (معلناً عنه من قبل غاليليه) مبدأ يقول شيئان:

(1) الحركة كأنها لا شيء! هذا يعني عندما تكونوا في حالة حركة فإن كل شيء يحدث بالنسبة لكم وكأنكم لستم في حالة حركة (هذا يعني.. هذا الذي يسمح بالحركة أن تكونوا بحركة) بشرط أن تكونوا في حالة حركة مستقيمة منتظمة

في الفيزياء حيث سنجدها في تركيب الزمكان Space-time الذي سأتكلم عنه لاحقاً.

سأعود الآن إلى أشياء لا تُصدق... إلى الطريق الذي قاد أينشتاين والذي أدى إلى أن ردة فعله... أو الذي قاده إلى التخييل العلمي بأشياء تم اكتشافها لاحقاً... (والمثال على ذلك هو الأمواج الثقالية... التي تخيلها عام 1916 وتم اكتشافها عام 2016)، فهو طريق بسيط جداً... حتى ولو كانت المعادلات اللازمة (الضرورية) التي قادت إلى النتيجة هي معادلات معقدة جداً. ليس هو الهدف، ولكن الهدف هو إظهار نوعية التفكير، آلية التفكير التي كان يتمتع بها أينشتاين، أو الذي اتبعها.

على سبيل المثال في إحدى مقالات أينشتاين التي نراها منشورة على الإنترنت في عدة لغات حيث هناك القليل من المعادلات الرياضية موضوعية في ملحق، حيث ترون أن الأسئلة التي يطرحها هي أسئلة في غاية البساطة حيث إن المحكمين الذين قِيمُوا وحُكِّمُوا الورقة المقدمة من قبله (وهنا لا بد الإشارة إلى أنه كان من بين المحكمين الفيزيائي الألماني الشهير ماكس بلانك - Max Plank... وآخرون...، حيث إن أينشتاين لم يكن معروف في تلك الفترة الزمنية وكان أينشتاين لا يشغل أي مركز علمي في الجامعة حتى أنه ليس لديه شهادة علمية (إجازة أو دكتوراه...))، طرحوا السؤال على أنفسهم فيما إذا كان أينشتاين يسخر منا... أو يسخر منهم... على سبيل المثال: (أسئلة قادت أينشتاين إلى النسبية الخاصة):

السؤال الأول: كان يقول أو كان يتساءل ماذا يجب أن أقول إذا وصل قطار الساعة السابعة إلى المحطة؟ قال ماكس بلانك (عضو لجنة التحكيم) إن هذا الشخص يحاول قراءة الساعة. يُجيب أينشتاين: القطار يصل إلى المحطة (الرصيف) في اللحظة التي فيها عقرب ساعتي الصغير يكون على الرقم سبعة. تقول له اللجنة شكراً سيد أينشتاين علمتنا قراءة الساعة ونحن نعرف ذلك. وهنا تجدر الإشارة إلى أن هناك حادثتان يحدثان بنفس النقطة من الفضاء، وبنفس اللحظة الزمنية، أي أن الحادثتين متوافقتين... في هذه الحالة التزامن... التوافق له معنى.

السؤال الثاني: ويتابع... ويقول ماذا يعني أو ماذا يجب أن أقول إذا كان القطار يصل الساعة السابعة للمحطة A إذا كنت في محطة أخرى B بعيدة عن المحطة A؟ هنا الجواب ليس بسيطاً، أكثر تعقيداً لأنه لست موجوداً في المحطة A... إذاً في اللحظة التي يصل بها العقرب الصغير لساعتي يصبح على الرقم سبعة كيف يمكن أن أعرف أنه في نفس اللحظة هناك قطار يصل الساعة السابعة إلى المحطة A؟ يجب أن يُرسل لي معلومات... إشارة! هل هذه المعلومات ستكون لحظية؟ وإذا لم تكن... أي إذا وصلتني بشكل لحظي فسيكون القطار قد وصل مسبقاً إلى المحطة! نشير هنا إلى أنه لا يوجد في هذه الحالة التزامن... توافق... إذاً كيف نعرف أن القطار وصل الساعة السابعة؟ هنا يجب أن يكون هناك بروتوكول... نظام ما للاتصال لمعرفة إذا على سبيل المثال كنا في المحطة "B" ما هي الساعة في المحطة "A".

السؤال الثالث: ماذا يجب أن أقول إذا قطار يصل الساعة السابعة إلى المحطة "A" إذا كنت في حالة تنقل (أي غير ساكن) بالنسبة للمحطة "A"؟ وهنا الجميع في ارتباك! في مأزق! وهذا السؤال لم يُطرح من قبل أي شخص آخر!

وكان الجميع يعتقد أن الزمن هو زمن نيوتن، أي بحسب نيوتن، هو عبارة عن زمن مطلق حيث لا يوجد إلا زمن واحد هو زمن الكون universe time، وإذا كان هناك عنصرين متزامنين يحدثان بنفس الوقت في الفراغ فهما متزامنين من أجل كل المراقبين مهما كانت حركتهم! وأينشتاين طرح هذه الأسئلة على نفسه ليفكر بها (ليجبر نفسه على التفكير بها) ولكي يجيب عنها (يجبر نفسه الإجابة عنها...) ولكي يعرف أن الإجابة المتولدة أو المستنتجة هي الأجوبة الصحيحة والجيدة.

قال أينشتاين، في هذا المضمرة، إن "الأثير" يُسبب لنا مشاكل... لنحذف الأثير... لننتقل عنه... والمسائل التي يُسببها سوف تُحل.

يقول إن الأثير غير موجود، إذاً الضوء ينتشر في الفراغ... وهذا لا يُصدق! الضوء ينتشر في الفراغ! أي ليس بحاجة لحامل. بقوله ذلك يخترع نظرية الحقول Fields Theory.

إن مرور الزمن ليس له سرعة... وبالتالي ليس له تسارع. عادة نعرّف السرعة بأنها تغير المسافة بالنسبة للزمن... وهل يمكن القول إن سرعة الزمن هو تغير الزمن بالنسبة للزمن... فهذا ليس له معنى رياضياً!

إن نسبية نيوتن مثل نسبية أينشتاين... "الحركة كأنها لا شيء". التزامن غير مرئي! مفهوم النسبية محجوب لأن سرعتنا في الفضاء ضعيفة... مهملة بالنسبة لسرعة الضوء!

هناك عدد من الأزمنة الخاصة بعدد المراقبين المختلفين! إذاً، أخذ أينشتاين مفهوم الفضاء والزمان... كما هو عند نيوتن واخترع شيء جديد... هو مفهوم "الزمكان" (space-time)... وهذه النظرية يُطلق عليها اسم "نظرية النسبية الخاصة" (Special relative theory).

III. نتائج "نظرية النسبية الخاصة":

التكافؤ بين الكتلة والطاقة:

$$E = mc^2$$

العطالة هي الكتلة عند نيوتن، بينما الكتلة عند أينشتاين تساوي:

$$m = \frac{E}{c^2}$$

يمكن تغيير طاقة جسم دون تغيير سرعته... مثال الفوتون!!

نظرية أينشتاين تسمح بتوقع... بوجود جسيم ذو كتلة معدومة (وهذه الجسيمات لا تعرف السكون، هي دوماً في حالة حركة... من المستحيل إيقافها... مثال الفوتون والنترون...) وفق العلاقة الآتية:

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2$$

$$p = 0 \rightarrow E = mc^2$$

وهذا مستحيل عند نيوتن... العطالة هي الكتلة. وإذا انعدمت الكتلة، فالعطالة معدومة:

$$m = 0 \rightarrow \text{العطالة معدومة}$$

ملاحظة: من أجل الفوتون يمكن تغيير طاقته دون سرعته... فكروا بهذا؟

الفاصل الزمني بين حدثين متغير من مراقب إلى آخر حيث يُعتمد على السرعة النسبية للجمل المرجعية للمراقبين.

يُبرهن أنه بحذف الأثير... فهذا يوجب عليه... أو ملزم بصياغة نظرية جديدة... وهي نظرية تتعلق بالفضاء والزمان... (Space and time)، حيث هنا الفضاء والزمان عبارة عن كائن فيزيائي واحد... جوهر فيزيائي واحد لا يمكن فصلهما عن بعضهما البعض أُطلق عليهما اسم "الزمكان" (space-time)... وهذه النظرية يُطلق عليها اسم "نظرية النسبية الخاصة" (Special relative theory).

كما ذكر أعلاه، في المقالات التي نشرها أينشتاين عام 1905 كان يطرح أسئلة بسيطة جداً! ولكنه يتابع... يطرح السؤال الأول... ثم الثاني... ويحاول الإجابة... وفي النهاية كانت الثورة. إذا كانت الفيزياء في تلك الحقبة لا تُحيب عن هذه الأسئلة... فلإجابة لا بد من اختراع مفاهيم جديدة... نظرية جديدة! حيث أصبحت تُسمى هذه النظرية بـ "نظرية الفضاء والزمان"... أي "الزمكان"... وهي النظرية النسبية الخاصة لأينشتاين... وهي نظرية عامة "للزمكان" التي تصف كل القوى الطبيعية (الأربعة). ولماذا سميناها أو نُطلق عليها اسم "نظرية النسبية الخاصة"... وذلك لأن أينشتاين نشر نظرية أخرى متعلقة بالنسبية... هي النسبية العامة عام 1915 التي تصف الجاذبية (الثقالة)... فقط الجاذبية. إذا هي نظرية خاصة بالجاذبية... يمكن أن تُسميها "خاصة" لأنها تصف فقط الجاذبية!... بينما النظرية الأخرى "نظرية النسبية الخاصة" يمكن أن تُسميها "نظرية النسبية العامة" لأنها تصف كل القوى... العكس هو الذي حدث!

نشير هنا إلى أن عند نيوتن الفضاء والزمان مستقلان عن بعضهما البعض. هناك الفضاء بخواصه وصفاته الخاصة، والزمان أيضاً، ويمثلان نوع من حلبة (ميدان) حيث تتواجد الأجسام (الأشياء) الفيزيائية التي تخضع للظواهر الفيزيائية.

إن هذا الذي يبرهن عليه أينشتاين أن مفهوم نيوتن لا يتوافق مع وضع مبدأ النسبية في معادلات ماكسويل. وبرهن أنه لا يمكن أن نأخذ زمن عام يكون نفسه من أجل الكل! أي باختصار فإن:

- الزمن عند أينشتاين ليس مطلق... فهو نسبي.
- الزمن عند نيوتن مطلق.

ملاحظة: نسمع عادة العبارة الآتية: "سرعة مرور الزمن تتعلق بسرعة المراقب". يُقال هذا، ولكن غير صحيح! ليس له معنى!

سرعة الضوء هي السرعة القصوى!؛ بيّن أينشتاين في "نظرية النسبية الخاصة" أن المبدأ السابق من حيث إضافة السرعات لا تسري على الضوء. أي لا يمكن أن نقول أو نكتب:

$$\text{سرعة} + \text{سرعة} = \text{ضعف السرعة.}$$

فإذا أطلقنا مثلاً عياراً نارياً من قطار يتحرك في نفس اتجاه حركة القطار، فإننا نجمع السرعتين ونحصل على محصلة سرعة الطلقة وهي مجموع السرعتين، وهذا ما يقيسه الواقف على رصيف المحطة. أما بالنسبة للضوء فتبقى سرعته ثابتة، وهي 299.792 كيلومتر في الثانية - وذلك بصرف النظر عما كان مصدر الضوء متحركاً أو ثابتاً لا يتحرك. وهذه السرعة تشكل حداً أقصى للسرعات ولا يمكن لأي جسم أن يتخطى تلك السرعة، وهذا ينطبق أيضاً علينا.

وزيادة على تلك الحقيقة، فقد بيّنت حسابات أينشتاين أن كتلة جسم متحرك تزيد بزيادة سرعته. ولكننا لا نستطيع قياس الزيادة في كتلته بسبب صغر السرعة التي يتحرك بها عادة. أما إذا وصلت سرعة الجسم إلى نصف سرعة الضوء مثلاً، فتكون الزيادة في كتلة الجسم ملحوظة. وتتزايد كتلته كلما اقتربت سرعته من سرعة الضوء. بذلك نحتاج لطاقة أعلى وأعلى من أجل أن نقوم بتسريع جسم لتصبح سرعته قريبة من سرعة الضوء، لأن كتلته تزداد مع كل زيادة في سرعته. والخلاصة أنه لا يمكن لأي جسم الحركة بسرعة الضوء - مهما كان صغيراً أو كبيراً، ناهيك عن أن يتعدها.

IV. الخلاصة:

يقول أينشتاين: لا يمكن فصل الفضاء عن الزمان! عادة الفضاء له 3 إحداثيات (x, y, z)، والزمن يُعطى بالساعة. يجب أن نكون حذرين من المظهر. نعيش في "زمان" له أربع إحداثيات (x, y, z, t). هناك وحدة بين الفضاء والزمان... كيان واحد... جوهر واحد... تقتضي هذه الوحدة وجود رابط هو السرعة، وهذه السرعة صفة مميزة للزمان... وهذه السرعة تساوي إلى سرعة الضوء... وبشكل أساسي هذه السرعة تميز الزمان. ويقول أينشتاين إن هناك رابط بين الطاقة والكتلة:

$$E = mc^2$$

نسبية الزمان: يمكن لحدثين متزامنين، يحدثان في نفس الوقت في مكانين منفصلين ضمن جملة مرجعية، أن يكونا غير متزامنين متعاقبين بالنسبة لمراقب في جملة مرجعية أخرى.

نسبية القياس: يمكن لعملية القياس التي يجريها مراقبين في جملتين مرجعيتين مختلفتين أن تعطي نتائج وقياسات مختلفة لنفس الشيء المقاس.

نسبية الزمن ومفارقة التوأمين: من نتائج "نظرية النسبية الخاصة" أن الزمن ليس مطلقاً وإنما يعتريه الانكماش باقتراب سرعة مكانه من سرعة الضوء، وبناءً على ذلك على سبيل المثال: إذا سافر أحد توأمين في مركبة فضائية بسرعة تقارب سرعة الضوء، فسيكتشف بعد عودته للأرض بعد خمس سنوات بحسب توقيت ساعته، مرور خمسين عاماً على توقيت الأرض، أي أنه سيجد أخاه قد كبر خمسين عاماً، في حين لم يزد عمره هو سوى خمس سنين... هذه الظاهرة العجيبة هي نتيجة لتباطؤ الزمن بتزايد سرعة مركبة الفضاء (الجملة المرجعية) التي يتم القياس فيها.

رفضت النسبية فكرة المرجع المطلق التي تتوافق مع فكرة مكان متجانس مملوء بمادة تدعي الأثير تنتقل عبرها موجات الضوء، لقد نسفت النسبية هذه الفكرة من جذورها استناداً إلى تجربة ميكلسون ومورلي التي بيّنت ثبات سرعة الضوء، وقامت باستبدالها بمبدأ النسبية الذي ينص على ثبات قوانين الفيزياء (وليس الفضاء) بالنسبة لكافة الجمل المرجعية ذات السرعات الثابتة. يمكن ببساطة التحويل بين الأنظمة المرجعية المتحركة بالنسبة لبعضها عن طريق مجموعة قوانين تدعى: تحويلات لورينتز.

وكما قامت نظرية النسبية الخاصة بتوحيد الزمان مع المكان في فضاء واحد رباعي الأبعاد، قامت بتوضيح العلاقة بين الكتلة وكمية الحركة والطاقة على أنها ظواهر لشيء واحد، وفتحت الباب نحو تحويل هذه الظواهر إلى بعضها البعض، وعوضاً عن الحديث عن قوانين حفظ المادة أو الطاقة أو كمية الحركة فيمكننا الحديث عن حفظ مجموع هذه الكميات الفيزيائية ضمن الجمل المعزولة.

- electrodynamics 3rd edition], Paris, Dunod, coll. Sciences sup, 2001.
- [10]. Landau et E. Lifchitz, Physique théorique: en 10 tomes [« Teoriia polia. »], Moscou, Éditions Mir, coll. « Physique théorique » (no 2), 1989, 4e éd.
- [11]. Wolfgang K. H. Panofsky et Melba Phillips, Classical electricity and magnetism, Addison-Wesley (2e édition-1962). Réédité par: Dover Publications, Inc. (2005).
- [12]. James Clerk Maxwell; Traité d'Électricité et de Magnétisme, Gauthier-Villars, tome I (1885) et tome II (1887). Réédité par Jacques Gabay (1989).
- [13]. Hendrik Antoon Lorentz; The Theory of Electrons and its Applications to the Phenomena of Light and Radiant Heat - A Course of Lectures delivered in Columbia University, in March and April 1906, B.G. Teubner (Leipzig - 2e édition : 1916). Réédité par Jacques Gabay (1992).
- [14]. Olivier Darrigol, Les équations de Maxwell - de MacCullagh à Lorentz, Belin (2005).
- [15]. Michelson, Albert A.; Morley, Edward W. (1887). "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether". American Journal of Science. 34 (203): 333-345.
- [16]. Michelson, Albert A. (1881). "The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether". American Journal of Science. 22 (128): 120-129.
- [17]. Michelson, Albert A.; Morley, Edward W. (1886). "Influence of Motion of the Medium on the Velocity of Light". Am. J. Sci. 31 (185): 377-386.
- [18]. Michelson, Albert A.; Morley, Edward W. (1887). "On a method of making the wave-length of sodium light the actual and practical standard of length". American Journal of Science. 34 (204): 427-430.
- [19]. Michelson, Albert A.; Morley, Edward W. (1889). "On the feasibility of establishing a light-wave as the ultimate standard of length". American Journal of Science. 38 (225): 181-6.
- [20]. Staley, Richard (2009), "Albert Michelson, the Velocity of Light, and the Ether Drift", Einstein's generation. The origins of the relativity revolution, Chicago: University of Chicago Press, ISBN 978-0-226-77057-4
- [21]. cf. Perez, Cours de physique: mécanique - 6e édition, Masson, Paris, 2001.
- [22]. Albert Einstein, The meaning of relativity, 5th ed., Princeton University Press, 1953.
- [23]. Albert Einstein, Les théories de la relativité restreinte et générale, Bordas ed., 1993.
- [24]. Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper ("De l'électrodynamique des corps en mouvement"), Annalen der Physik, vol. 322, no 10, 26 septembre 1905, p. 891 -921.
- [25]. J.L. Simon, P. Bretagnon, J. Chapront, M. Chapront-Touze, G. Francou et J. Laskar, « Numerical expressions for precession formulae and mean

هناك تأثير للكتلة (للطاقة) على الزمكان... الطاقة أو الكتلة يشوهان الزمكان موضعياً (محلياً)...

في نهاية القرن التاسع عشر هناك طلب على الاتصالات والتقلات... هناك ثورة في السكك الحديدية... تطور كبير... فهذا اقتضى حاجة على مستوى القارات أن تكون الساعات متوافقة... متزامنة. حقاً بهذا التقريب تم التوصل إلى طرح السؤال الآتي: ماذا يعني ساعات متزامنة (متوافقة)؟

إن مفهوم التوافق (التزامن) صعب جداً... التزامن هو شيء نسبي! إذاً يجب تعريف بروتوكول لكي تستطيع أو تكون هذه الساعات متزامنة بطريقة ما!

وكيف يمكن التحقق أنه من أجل مراقبين مختلفين أن يكون بالنسبة لهما الزمن واحد... يكون لهما نفس الوقت (التوقيت... الساعة)... الطريقة الوحيدة هو استخدام الإشارات الهرتزية... إشارات تسير بسرعة الضوء... وهنا كانت كل المسألة!... النظر لوضع "نظرية النسبية الخاصة".

يجب أن يكون هناك العبقرية لوضع لكل هذه الأمور مجتمعة، والوصول إلى نظرية النسبية الخاصة... وفي هذه النقطة كان أينشتاين قوي جداً... وهنا تجلت عبقريته...

المراجع:

- [1]. Principes mathématiques de la philosophie naturelle D'après la traduction du latin en français par Émilie du Chatelet (1756).
- [2]. La mécanique. Exposé historique et critique de son développement Chapitre II Développement des principes de la dynamique, section VII Critique synoptique des énoncés de Newton, paragraphe 4. Traduction par Emile Bertrand (1904)
- [3]. John R. Taylor, Mécanique classique, de Boeck, 2012, 877 p.
- [4]. Halliday et Resnick, Physics, vol. 1 (ISBN 978-0-471-03710-1), p. 199
- [5]. Pierre Simon Laplace, « Essai philosophique sur les probabilités » [archive], 1825, Bachelier.
- [6]. Emilio Segrè, Les physiciens classiques et leurs découvertes, Fayard, 1987.
- [7]. Taillet, Villain et Febvre 2018, (équations de Maxwell).
- [8]. Richard P. Feynman, Robert B. Leighton et Matthew Sands, Le Cours de physique de Feynman, (1979).
- [9]. John David Jackson, Électrodynamique classique: cours et exercices d'électromagnétisme [Classical

- [13]. Jabbour, J. Rosier, L. H. (1998). Interference effect between the coulomb and nuclear excitation contribution to the inelastic scattering of 6Li from 70Ge and 72Ge at 44 MeV incident energy. *Tishreen University Journal*, Vol (20), No (7).
- [14]. Jabbour, J., et al. (2003). Measurement of the environmental radiation at the physics department of Tishreen University. *Tishreen University Journal*, Vol (25), No (13).
- [15]. Jabbour, J., et al. (2003). Radiation resistance of GaAs/GaAlAs vertical cavity surface emitting lasers. *Tishreen University Journal*, Vol (25), No (15).
- [16]. Jabbour, J. (2004). Studying and optimizing the performance of GaAs (p-i-n) diodes X-ray detectors. *Tishreen University Journal*, Vol (26), No (3).
- [17]. Jabbour, J., et al. (2004). Theoretical Modelization Of Space Degradation Of Multijunction Cells. *University Journal*, Vol (26), No. (2).
- [18]. Jabbour, J., et al. (2005). Suitability of Epitaxial GaAs for X-ray Imaging. *Tishreen University Journal*, Vol (27), No (1).
- [19]. Jabbour, J., et al. (2006). Using a Compact Scintillation NaI (Ti) Detector to Study the Environmental Radiation. *ABHATH AL – Yarmouk: basic Sciences and Engineering*, Vol. 15, No. 2, pp. 189-194.
- [20]. Jabbour, J., et al. (2009). Statistical study for the environmental radiation. *Tishreen University Journal*, Vol (31), No (3).
- [21]. Jabbour, J., et al. (2012). Study of Experimental Characteristics of a NaI (Tl) Detector For Investigation in Radioactivity Measurements Of a Weakly radioactive samples. *Tishreen University Journal*, Vol (34), No (1), pp. 9-24.
- [22]. Jabbour, J., et al. (2013). Measuring the radioactivity resulted from (137Cs) and from (40K) isotopes of water samples from different sources in the city of Lattakia. *Tishreen University Journal*, Vol (35), No (4).
- [23]. Jabbour, J. Mulhem, J., and Yassin, S. (2013). Experimental Study of the Conservation Law in Compton Effect. *Tishreen University Journal*, Vol (35), No (1).
- [24]. Jabbour, J., et al. (2013). Analytical and experimental study of energy loss of the radiation alpha in function of target atomic number Z. *Tishreen University Journal*, Vol (35), No (1).
- [25]. Jabbour, J., et al. (2013). Study of Differential Cross Section for Compton Scattering. *Tishreen University Journal*, Vol (35), No (2).
- [26]. Jabbour, J., et al. (2013). Analytical and experimental study of the Rutherford scattering cross section. *Tishreen University Journal*, Vol (35), No (2).
- elements for the Moon and planets », *Astronomy and Astrophysics*, vol. 282, no 2, février 1994.
- [26]. Jacques Laskar, « Le Système solaire est-il stable? », *Séminaire Poincaré XIV*, 2010, p. 221-246.

منشورات المؤلف:

- [1]. Jabbour, J. (1981). Utilization of magnetic spectrometer to determine charge states probabilities of heavy ions at 7 MeV per nucleon. Caen University.
- [2]. Louvel, M., Bizard, G., Drouet, A., Jabbour, J., Laville, J. L., Regimbart, R., Stephan, C., and Tassan-Got, L. New measurements of equilibrium charge state distributions of fast medium heavy ions in mylar. *Nuclear Instruments and Methods* 211(1983)535-541.
- [3]. Jabbour, J. (1986). Study of the collective aspect around $N = 40$ by the inelastic scattering of protons and lithium ions from natural even-even Zn and Ge isotopes. *Nantes University*.
- [4]. Rosier, L. H., Jabbour, J., Ramstein, B., Avignon, P., and Tamisier, R. Spectroscopy of the 70,72Ge isotopes and structure of low-lying states of the 70,72,74,76Ge by inelastic scattering of 22 MeV protons from natural even-even Zn and Ge isotopes, *Nuclear Physics A*453(1986)389-416.
- [5]. Jabbour, J., Rosier, L. H., Ramstein, B., Tamisier, R., and Avignon, P. Elastic and inelastic scattering of 22 MeV protons from natural even-even Zn and Ge isotopes. (I), Spectroscopy of the 64,66Zn isotopes. *Nuclear Physics A*464(1987)260-286.
- [6]. Jabbour, J., Rosier, L. H., Ramstein, B., Tamisier, R., and Avignon, P. Elastic and inelastic scattering of 22 MeV protons from natural even-even Zn and Ge isotopes. (II). Spectroscopy of the 68,70Zn and comparison between structure of low-lying states of Zn and Ge. *Nuclear Physics A*464(1987)287-314.
- [7]. Jabbour, J., Rosier, L. H., Obiajunwa, E. I., and Ramstein, B. Elastic and inelastic scattering of 6Li from 70,72Ge at 44 MeV *Nuclear Physics A*500(1989)356-371.
- [8]. Jabbour, J., and Mulhem, J. Heavy ion reaction mechanism. Study of the reaction at 400 MeV incident energy. *Science week 35th*, *Tishreen University*, (1995)41- 65.
- [9]. Jabbour, J. (1996). The mean values equilibrium charge of medium heavy ions in mylar C5H4O2. Comparison between theoretical and experimental results. *Tishreen University Journal*, Vol (18), No (5).
- [10]. Jabbour, J. (1997). Measurement of the angular altitude of the sun over Lattakia city. *Tishreen University Journal*, Vol (19), No (6).
- [11]. Jabbour, J. (1999). Measurement of the global solar radiation intensity in Lattakia city. *Tishreen University Journal*.
- [12]. Jabbour, J. (1997). Direct and collective excitation in the inelastic scattering of proton and alpha particle on even-even Zn. *Damascus University*.