

علماء سبقوا اينشتاين لأفكار نظرية النسبية

محمد تونسي

كلية العلوم الاجتماعية، جامعة عمار ثلجي بالأغواط، Tounsmod@gmail.com

تاريخ الإيداع: 2018/12/15

تاريخ المراجعة: 2021/12/29

تاريخ القبول: 2022/01/23

ملخص

إن الاعتقاد الشائع في تاريخ العلم ينسب نظرية النسبية للفيزيائي الألماني ألبرت اينشتاين، لكن الكثير من المهتمين بتاريخ الفيزياء يشككون في هذا الرأي ويؤكدون أسبقية عدد من العلماء في التوصل إلى الكثير من أفكار نظرية النسبية، ولولا جهودهم التي اطلع عليها اينشتاين لما تمكن من صياغة نظرية النسبية، إن أهمية هؤلاء العلماء تكمن في أنهم تمردوا على أفكار قديمة وطرحوا أفكارا جديدة وجريئة، مهدت لظهور نموذج جديد للتفكير في العالم الفيزيائي وفتحت مرحلة جديدة في الفيزياء.

الكلمات المفتاحية: نسبية، جاذبية، مكان، زمان، حركة.

*Scientists preceded Einstein to ideas of relativity***Abstract**

The common belief in the history of science always relates the theory of relativity to the German physicist Albert Einstein, but many interested in the history of physics have doubt about this view, A number of scientists were able to know many of the ideas of theory of relativity before Einstein, Without their efforts, Einstein could not have built up the theory of relativity, The importance of these scientists is that they rebelled against old ideas and introduced new and bold ideas. They paved the way for a new paradigm of thinking in the physical world and opened a new phase in physics.

Keywords: Relativity, gravity, space, time, movement.*Des scientifiques ont précédé Einstein aux idées de la relativité***Résumé**

La croyance commune, en l'histoire des sciences, attribue à Einstein la fondation de la théorie de la relativité, mais beaucoup de personnes intéressées par l'histoire de la physique doutent de cette attribution. De ce point de vue, des scientifiques avant Einstein ont proposé des idées sur la théorie de la relativité, et s'il n'y avait pas eu leurs efforts, Einstein n'aurait pas fondé la théorie de la relativité. L'importance de ces scientifiques est qu'ils se sont rebellés contre les idées anciennes et ont présenté des idées nouvelles et audacieuses, ouvrant la voie à de nouveaux paradigmes de pensée, et ouvrant une nouvelle étape de la physique.

Mots-clés: Relativité, gravité, espace, temps, mouvement.

لطالما اقترنت نظرية النسبية في تاريخ العلم المعاصر بالفيزيائي الألماني ألبرت اينشتاين (Albert Einstein) (1879-1955)، لكن الكثير ينسى أو يتناسى أنه قبل اينشتاين توصل العديد من العلماء إلى أفكار وتصورات هي الآن جزء أساسي من نظرية النسبية، وكانت لهم الجرأة على المطالبة بتأسيس ميكانيك جديد يتجاوز ميكانيك نيوتن لوصف الظواهر ذات السرعات العالية، وإعادة النظر في خلفية تفكيرنا حول العالم الفيزيائي لأنها تحوي العديد من رواسب التفكير الكلاسيكي التي ثبت عدم صلاحيتها، إن الكثير من الأفكار الجريئة الموجودة في نظرية النسبية تدين في وجودها لعلماء تمردوا على ما كان متجذرا في العقول، وفتحوا فصلا جديدا في مسيرة علم الفيزياء، لقد أشار العديد من العلماء والمختصين في تاريخ العلم إلى أن اينشتاين اقتبس أجزاء كبيرة من نظريته من إنجازات غيره ممن سبقوه، ورأوا أنه من باب الإنصاف التاريخي إعادة الاعتبار لهؤلاء العلماء، فمن هؤلاء العلماء ؟ وفيما تمثلت إسهاماتهم في يخص نظرية النسبية؟

1- التغيرات التي أحدثتها نظرية النسبية في الفيزياء المعاصرة:

نظرية النسبية هي إحدى نظريات الفيزياء التي بلغت ما لم يسبق لنظرية أخرى أن بلغته من الاتساع والشمول، فظهرت خصوصيتها في سنوات قليلة، فهي ليست فصلا من فصول الفيزياء، بل إن قوانينها تفرض نفسها على الفيزياء كلها⁽¹⁾، إن هذه النظرية لا تفسر ظواهر فيزيائية فقط، بل إنها غيرت نظرة الإنسان للعالم المادي من خلال تقديمها نظرة جديدة لفهم الأحداث الفيزيائية وأصبحت بمثابة منهج وخلفية تفكير في الفيزياء المعاصرة. لقد تخلت نظرية النسبية عن الكثير من الأفكار التي اعتمدتها الفيزياء الكلاسيكية، مثل فكرة المرجع المطلق التي تتوافق مع فرضية الأثير، لتعلن أن الطبيعة قد أثبتت أن حركتنا لا يمكن ضبطها بدلالة الأثير حيث يقول اينشتاين: «إن مبدأ النسبية الخاصة يمنعنا من اعتبار الأثير كوسط للأشياء... فظواهر الميكانيكا الأساسية لا تتفق مع هذا المفهوم»⁽²⁾، لقد رأى اينشتاين أنه لا جدوى من اعتبار الأثير مرجعا متميزا يتيح كشف الحركة المطلقة فكل المحاولات التي كانت ترمي إلى إثباته باءت بالفشل.

من المبادئ التي قامت عليها النسبية الخاصة مبدأ ثبات سرعة الضوء، والتي تعتبر أكبر سرعة في الكون الفيزيائي، إن ميكانيك نيوتن الذي يصلح فقط للسرعات العادية وعجز عن استيعاب السرعات التي تقارب سرعة الضوء حلت محله نظرية أشمل هي نظرية النسبية التي تتعامل مع كل السرعات وأقصاها سرعة الضوء، ولذا نجد أن ثابت سرعة الضوء C حاضر في جميع معادلات النسبية، لقد اعتبرت نظرية النسبية أن سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي سرعة ثابتة ولها القيمة نفسها في جميع المراجع الغاليلية (التي تتحرك بحركة مستقيمة ومنتظمة)، مهما كانت سرعة المصدر وجهة انتشار الضوء وحركة كل من المنبع والمراقب، يقول اينشتاين: «إن سرعة الضوء في الخلاء هي هي في كل المراجع التي تتحرك، واحدا بالنسبة لآخر، حركة منتظمة مستقيمة»⁽³⁾.

تجدر الإشارة هنا إلى أن ثبات سرعة الضوء ومقدارها كان معروفا في زمن اينشتاين، وقد كان العلماء على علم بتجارب استهدفت قياس سرعة الضوء، من بينها تجارب العالم الفرنسي هيبوليت فيزو الذي يعتبر من الأوائل الذين اهتموا بسرعة الضوء وقد قام سنة 1851 بعدة تجارب، وتوصل إلى أن سرعة الضوء ثابتة، وأنها تقدر بما يقرب عن 300 ألف كم/ثا.

من النتائج التي توصلت إليها النسبية الخاصة بخصوص الزمان والمكان هي أن المسافات المكانية والفترات الزمانية ستكون لها قيم تختلف باختلاف موقع الراصد الذي يقيسها، فقد نرصد عدة قيم زمانية ومكانية لنفس

الحادثة، مثلاً الشخص الذي يجلس بجانبك في سيارة متحركة هو ساكن بالنسبة لك، لكن بالنسبة لشخص يقف على جانب الطريق هو متحرك بسرعة كبيرة، كذلك بالنسبة لقياس الزمن فهو نسبي ويخضع لقياس الراصد، مثلاً لو تخنفي الشمس فجأة فإن الظلام سيصلنا بعد ثمانية دقائق لكن بالنسبة لشخص يقف في منتصف المسافة بين الشمس والأرض فإن الضوء سيصله بعد أربعة دقائق، بتعبير آخر نستطيع القول إن ما هو حاضر بالنسبة لهذا الشخص هو مستقبل بالنسبة لنا، وهذا يبين أن القياسات المختلفة للقيم الزمانية والمكانية تبين أن المكان والزمان يشكلان جزءاً من الأحداث وليس خلفية منفصلة عنها، ووفقاً لهذا لم يعد المكان والزمان مرجعية مطلقة لوصف الأحداث، بل أصبح مرجع المقارنة هو الراصد الذي يرصد الحادثة، والنتائج التي يتحصل عليها هذا الراصد تخصه هو فقط بالنظر لموقع رصده. إذن لا وجود لتصور المكان المطلق أو الزمان المطلق، فالمكان مقدار متغير ونسبي وكذلك الزمان، إذ لا يوجد معيار واحد ومشترك يمكن من خلاله ضبط حركة جسم ما أو تحديد زمن حادثة ما، وهذا يعني أن الزمان والمكان الحركة والسكون تصورات نسبية⁽⁴⁾.

من النتائج المهمة التي توصلت إليها نظرية النسبية هي أنه في السرعات العالية التي تقارب سرعة الضوء تطرأ تغيرات على الزمان والمكان، فقد تعودنا في السرعات العادية على إيقاع زمني معين وعلى رؤية أطوال الأشياء، لكن في السرعات التي تقارب سرعة الضوء لا يبقى الزمان على حاله وإنما يتعرض إيقاعه للتباطؤ وكذلك لا تبقى الأشياء على حالها بل تتعرض لانكماش في اتجاه الحركة⁽⁵⁾، إن الزمن لا يملك نفس الإيقاع أو نفس سرعة الانسياب عبر كامل أرجاء الكون، فالزمن ليس شيئاً مستقلاً وإنما يتأثر بالسرعة، حيث غن الزمان ينساب على الأجسام السريعة الحركة أبطأ مما لو كان على الأجسام الثابتة، فكلما زادت السرعة تباطأ الإيقاع الزمني، كذلك فإن المقادير المكانية غير ثابتة، حيث أن الأجسام المتحركة تنقل أطوالها في اتجاه حركتها، فأي جسم يتحرك، ومهما كانت طبيعته سيصيبه الانكماش أكثر فأكثر كلما قاربت سرعته سرعة الضوء. جمعت نظرية النسبية بين الزمان والمكان، فالزمان أصبح بعداً رابعاً، فلو نحرك جسمًا بأي حركة لا نستطيع أن نحركه خارج الأبعاد المكانية الثلاث، بمعنى أننا لا نستطيع الإفلات من الأبعاد المكانية، كذلك لا نستطيع أن نتحرك في لا زمان فمهما كانت الحركة سريعة فإنها تستغرق مقداراً من الزمان، وبهذا لا نستطيع الإفلات من الزمان، فأي حادثة فيزيائية تتحدد بالأبعاد المكانية الثلاث إضافة إلى البعد الزمني، وعوضاً عن التعامل مع الزمان والمكان كل على حدة، اندمجا في مفهوم نظري واحد يدعى المتصل الزمكاني⁽⁶⁾ space-time.

كذلك تبين أن الكتلة نسبية أي متغيرة، فالكتلة في حالة السكون لا تبقى نفسها في حالة التسارع، فكلما زادت سرعة الجسم زادت كتلته، وإذا بلغت سرعة جسم ما عتبة سرعة الضوء، فإن كتلته ستكون لا نهائية، ويمكن حساب زيادة الكتلة مع معدل السرعة باستعمال معامل لورنز. اشتهرت نظرية النسبية بقانون حفظ الطاقة والذي لطالما ارتبط في أذهان الناس بالقنبلة الذرية، هذا القانون الذي ينص على أن الطاقة تساوي حاصل ضرب الكتلة في مربع سرعة الضوء $E = mc^2$ يوضح أن المادة هي عبارة عن خزان من الطاقة، إذ يمكننا أن نحرك من المادة طاقة كبيرة، كما يمكننا أيضاً أن نشكل من الطاقة جسيمات مادية.

لقد تبين أن نظرية النسبية الخاصة لا تتفق مع نظرية نيوتن في الجاذبية، فقوة الجاذبية عند نيوتن ذات مفعول ينتقل بين الأجسام بسرعة أكبر من سرعة الضوء وهذه الأفكار تخرق أهم مبدأ في النسبية الخاصة⁽⁷⁾، أمام هذا كان لا بد من بناء نظرية في الجاذبية تعتمد على تعميم النسبية الخاصة، فهذه الأخيرة تسمح باستنباط قياسات في

مراجع غاليلية (المتحركة بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم)، وكان لا بد من تعميمها لكي تكون صالحة في كل المراجع مهما كانت الحركة والسرعة.

حتى تكون النسبية العامة صالحة لوصف الحركات المنحنية والمتسارعة كان لا بد من الاعتماد على هندسة ريمان التي تصلح للفضاء المنحني، وبالتالي تغدو معادلات النسبية العامة صالحة لإعطاء وصف لكل الراصدين في جميع حالات الحركة على امتداد الأبعاد الأربعة للفضاء والزمن، إن معادلات الحقل أو المجال تربط بين المحتوى المادي والطاقوي لنظام فيزيائي والعلاقات المترية القياسية المتغيرة للزمكان الريماني، حيث إن وجود كتلة في الفضاء يحدث انحناء ثلاثي الأبعاد في المكان، ويمكن تشبيه هذا بقطعة قماش مشدودة من الأطراف، فعندما نقذف كرة حديدية على سطح هذه القطعة فإنها تشكل انخفاضاً في القماش وتستقر، وعندما نقذف بجانبها كرة من البلاستيك فإن مسارها سينحني نتيجة الانحناء الموجود في (المكان)، وتسقط عند الكرة الحديدية، وهكذا تقريباً يمكن أن نفسر جذب الأجسام وانحراف مسار الضوء⁽⁸⁾.

إن وجود الكتلة يمنع الفضاء من أن يكون إقليدياً، ومن هنا فإن هندسة الكون تختلف من منطقة إلى أخرى حسب وجود المادة التي تسبب تقوسات للفضاء، كذلك المجال الجاذبي يفرض إيقاعات زمنية معينة فكلما كان التجاذب أقوى كان الزمن أبطأ، إن وجود كتلة في الفضاء يحدث انحناء ثلاثي الأبعاد في المكان⁽⁹⁾، فالجاذبية هي نتيجة لوجود انحناء في المكان، وليست قوة خفية كما كانت في زمن نيوتن، كما أن انحناء المكان هو الذي يجبر الضوء والكتل على إتباع مسار منحرف، ويمكن أن نسجل هنا تحولاً ثورياً حول فكرة المكان، حيث إنه عند اينشتاين ليس مسرحة معزولة عن الأحداث، بل هو جزء منها، فهو يتأثر بالمادة والطاقة ويؤثر فيهما، وهو كذلك قابل للانحناء، ويزيد انحناءه كلما كانت الكتلة أكبر، وهذه أيضاً فكرة جريئة استبهدت صورة المكان الساكن والمستوي، إن الفرق بين تصور كل من نيوتن واينشتاين، هو أن تصور نيوتن المطلق يدرك المادة ويتصورها من خلال الزمان والمكان، بينما تصور اينشتاين النسبي يعكس الصورة حيث يدرك الزمان والمكان من خلال المادة.

2- من أسس نظرية النسبية؟:

لطالما يقترن الحديث عن نظرية النسبية في الفيزياء بالفيزيائي الألماني ألبرت اينشتاين*، فتاريخ العلم المعاصر أو من يكتبونه ينسبون إليه هذه النظرية الكبرى التي أحدثت تحولاً كبيراً في الفيزياء المعاصرة، ويجعلون منه مؤسساً لها وله الفضل في إرساء ميكانيك جديد يحل محل ميكانيك نيوتن التقليدي⁽¹⁰⁾، وقد كتبت مؤلفات تتكلم عن عبقرية اينشتاين المدهشة وزادت من إشعاع هالته لدرجة أنها غطت عن جهود علماء سبقوه إلى الكثير من أفكار النسبية.

لقد استفاد ألبرت اينشتاين من أفكار غيره التي لولاها لما تمكن من صياغة نظرية النسبية، بل وأكثر من ذلك انتحل الكثير من الأفكار والحلول الرياضية - كما سنرى - ونسبها إلى نفسه، وقد حالفه الحظ أن أصبح أيقونة في تاريخ الفيزياء على حساب الكثير من العلماء أمثال هنري بوانكاريه الذي سبقه إلى رفض مطلقيات فيزياء نيوتن ورفض مفهوم الأثير واعتبر سرعة الضوء مبدأ للفيزياء، أو هنريك لورنتز الذي اقتبس عنه اينشتاين معامل الانكماش وهو صيغة رياضية حاضرة في الكثير من قوانين النسبية، أو هيرمان منكوفسكي الذي نبه إلى مفهوم الزمكان (ارتباط الزمان بالمكان) وأخذ عنه اينشتاين صيغة الفضاء الرباعي الأبعاد، أو ديفيد هيلبرت الذي يقال أن له الفضل في نسج معادلات حقل الجاذبية وقد كان اينشتاين على اطلاع عليها وقد سبقه إلى نشرها. لقد ألقت الكثير من المقالات والكتب التي تشكك في أحقية اينشتاين بملكيتة الفكرية لأفكار نظرية النسبية، تؤكد الكثير من

الحقائق أن ألبرت آينشتاين لم يكن في وسعه التوصل إلى نتائج نظرية النسبية من دون العلم المسبق بالإنجازات التي اطلع عليها والتي قام بنسبها لنفسه في الكثير من المرات، ولم يشر إلى مصادرها في مؤلفاته. قد يعتبر البعض أن استفادة العالم من جهود سابقه هي سنة من سنن تاريخ العلم، فلا يمكن أن يكون هناك جهد معزول ولم يطلع صاحبه على أفكار وعثرات سابقه، واينشتاين مثله مثل غيره استفاد من أفكار مشتتة عند سابقه وأضاف إليها جهده الخاص وابتكر نظرية متكاملة، إن بعض الأفكار كانت مبعثرة مثل قطع الأحجية وقد قام اينشتاين باستيعابها وإضافة أفكار أخرى وأخرجها في شكل نظرية متكاملة وتحتوى على قوانين متسقة رياضياً، ومما يزيد قوة حجة أصحاب هذا الرأي هو القول أنه لماذا لم تنتشر قبل اينشتاين نظرية متكاملة على شاكلة النسبية، لقد كانت قبل اينشتاين أفكاراً وصيغاً رياضية مشتتة هنا وهناك، لكن لم يجرؤ أحد أو يتمكن من استيعابها في نظرية واحدة، قد يصح القول إن اينشتاين لم ينسب الكثير من الأفكار لأصحابها، لكن تركيب النظرية واتساق قوانينها يثبت أن هناك مجهوداً لا يمكن تجاوزه، إن تاريخ العلم ملئ بالأمثلة التي توضح أن الأفكار والحقائق المشتتة يمكن أن نتداولها لسنين لكن دون أن نفهم من خلالها نوعاً من النظام الذي يكتنف الطبيعة.

ما يؤخذ على ألبرت اينشتاين هو أنه نسب بعض الأفكار لنفسه ولم يشر في كتاباته إلى أصحابها، لقد توصل كل من هنري بوانكاريه وديفيد هلبيرت -كما سنرى- إلى حلول مهمة لنظرية النسبية، وقد أشار الكثير من مؤرخي العلم والمهتمين إلى أن اينشتاين كان على اطلاع عليها، ورغم كل هذا أنكر اينشتاين فضل هنري بوانكاريه وديفيد هلبيرت وتجاهلها في مؤلفاته⁽¹¹⁾، في السنوات الأخيرة صدر كتاب بعنوان "اينشتاين: المنتحل بلا حياة" Albert Einstein: The Incurable Plagiarist للمؤلف كريستوفر جون بيركنيس Christopher Jon Bjerkes يتهم فيه اينشتاين بانتحال الكثير من الأفكار من علماء سبقوه، إن جهود هؤلاء العلماء مهدت الطريق لإرساء ميكانيك جديد بديل عن ميكانيك نيوتن، إن عبقريتهم تكمن في طرحهم لأفكار ثورية وجريئة، حيث كانت لهم الشجاعة لإعلان انتهاء عهد ميكانيك نيوتن، هذه الميكانيك التي اعتبرت لأكثر من قرنين ونصف بمثابة دستور للفيزياء، إن التمرد على مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية التي لطالما ترسخت في الأذهان ليس بالشيء السهل، بل يعتبر ثورة على أفكار تجذرت في العقول، إن الكثيرين يعتبرون أن عبقرية اينشتاين تكمن في جرأته على طرح أفكار ثورية وتحدي فيزياء نيوتن، لكن التاريخ يبين أن هذا غير صحيح، لقد أخذ تلك الجرأة والأفكار عن علماء سبقوه، هؤلاء العلماء بجرأتهم ورؤيتهم البعيدة تحدوا ما كان شائعاً ومسيطرًا على العقول، وأناروا عقول غيرهم.

3- نسبية بوانكاريه:

تنسب الكثير من الكتب مصطلح النسبية إلى الرياضي والفيلسوف الفرنسي هنري بوانكاريه (Henri Poincaré) (1854-1912)**، إذ يعتبرونه أول من رسم معالم نظرية النسبية الخاصة، قبل ظهور نظرية النسبية. طرح بوانكاريه الكثير من الشكوك حول صحة أفكار نيوتن حول المكان والزمان والحركة، وفي كتابه المشهور "العلم والفرضية" الذي نشره عام 1902 - أي قبل ثلاث سنوات من نشر اينشتاين لبحثه - ناد بوانكاريه بضرورة تأسيس ميكانيك جديد يقوم على مبدأ النسبية، ورفض فكرة مطلقة الزمان والمكان وقال أن مفاهيم مثل المكان والزمان والحركة لا يمكن إلا أن تكون نسبية، وقد مهدت رؤية بوانكاريه بشكل حاسم لإسقاط الرؤية المطلقة عن مسرح العلم، وإحلال التصورات النسبية.

إن مشكلة الميكانيك الكلاسيكي في نظر هنري بوانكاريه هي أنه لا يفرق في دساتيره بين ما هو تجريبي وما هو رياضي وبين ما هو اصطلاح وما هو فرضية، وبناء على هذا بنيت الفيزياء الكلاسيكية على أفكار هشة دون محاولة مراجعة طبيعتها ووضعها داخل النظريات، ومن هذه الأفكار ما يسمى بالمكان المطلق والزمان المطلق وما ينتج عنهما من حركة مطلقة، لقد رأى بوانكاريه أنه «لا وجود لمكان مطلق، ونحن لا ندرك إلا حركات نسبية، ومع ذلك نستمر في التعامل مع الوقائع الميكانيكية وكأن هناك مكانا مطلقا ننسبها إليه»⁽¹²⁾.

كذلك بالنسبة للزمان رأى هنري بوانكاريه أنه «لا وجود لزمان مطلق، كما أن القول بمدتين متساويتين هو تأكيد لا معنى له في ذاته، ولن يحرز أي معنى إلا على وجه الاصطلاح ... ونحن لا نمثلك حتى القول بتزامن حدثين يجريان على مسرحين مختلفين»⁽¹³⁾.

لقد أرسى هنري بوانكاريه في كتابه "العلم والفرضية" أهم الأسس التي قامت عليها الفيزياء النسبية، حيث برهن على استحالة القول بالحركة المطلقة المنسوبة إلى المكان المطلق والزمان المطلق، لقد رأى أنه من الصعب الإفلات من الإحساس بأن مبدأ النسبية يعبر عن قانون عام في الطبيعة، ولن يتاح لنا مهما كانت الوسائل التي نستعملها إلا الوقوف على حركات نسبية.

إن نسبية هنري بوانكاريه تركز على وضعية الأجسام والأحداث داخل المكان والزمان، إن المكان والزمان ليسا معطين قبليين، كما أنهما ليسا معطين تجريبيين، وما يمكن قوله إن التجارب تتعلق بالأجسام وليس بالمكان والزمان، يشير بوانكاريه إلى نسبية المكان وارتباطه بالأشياء، فلا يمكن الحديث عن مكان محض أو فراغ وإنما يمكن الحديث عن العلاقات بين الأشياء، وفي هذا الشأن يقول بوانكاريه: «إن التجارب مهما كانت كثيرة، لا يمكن أن تتجاوز العلاقات الموجودة بين الأجسام، ولا يمكن أن تقدم لنا شيئا يخص العلاقات المتبادلة بين أجزاء المكان»⁽¹⁴⁾، ولو نلاحظ كتابات ألبرت اينشتاين نجد أنه يكرر نفس كلام بوانكاريه، يقول اينشتاين في كتابه النسبية: «يبدو لي أن تكوين تصور الجسم المادي يجب أن يسبق تصوراتنا للمكان والزمان»⁽¹⁵⁾.

كذلك قدم هنري بوانكاريه الكثير من الأفكار التي تتفق مع نظرية النسبية الخاصة، لقد ناقش بوانكاريه حركة الأجسام بالنسبة للأثير، وقد كان الأثير في تلك الأيام لا يزال يحتفظ بقيمته عند الفيزيائيين، ولقد شكك بوانكاريه في وجود الأثير وتساءل عما إذا كان هذا الأثير له وجود حقيقي، ورجح أن يأتي يوم يهمل فيه الأثير تماما.

ناقش هنري بوانكاريه أيضا سرعة الضوء، وأشار إليها باعتبارها سرعة قصوى لا يمكن لأي سرعة أن تتجاوزها، وقد رأى أن الأفعال أو التأثيرات السببية تنتشر بسرعة محدودة، وليس بسرعة لا نهائية، وهذا يعني أن تقوم سرعة الضوء مقام السرعة اللانهائية، وقد أشار إلى هذا في كتابه قيمة العلم بصراحة حيث قال: «من كل هذه النتائج إن تم إثباتها سينشأ ميكانيكا جديدة تماما تركز على واقع مفاده أنه لا سرعة تفوق سرعة الضوء»⁽¹⁶⁾. ويقود هذا إلى أن انتقال التأثير أو الفعل يتطلب زمنا ما دام لا وجود لسرعة لانهائية، كذلك من الأمور المهمة التي أشار إليها بوانكاريه هي قوله بنسبية الكتلة، حيث رأى أنه إذا لاحظنا ثبات الكتلة في السرعات الصغيرة، فإنها لا تبقى على حالها في السرعات الأكبر، حيث إنها تزداد كلما كانت السرعة أكبر⁽¹⁷⁾.

أبدى هنري بوانكاريه انزعاجه من الترقيع الذي يعمد إليه العلماء كل مرة ليفسروا النتائج السلبية للتجارب التي تستهدف اكتشاف سرعة الأرض بالنسبة للأثير، وناقش تحويلات لورنتز، وما ينجر عنها من نتائج مثل انكماش للأطوال والزمن، وقد فسر عام 1904 نتائج تجربة مايكلسون ومورلي بالقول بثبات سرعة الضوء، إن هذه الأفكار الثورية التي قدمها بوانكاريه مثل نسبية المكان والزمان والحركة والكتلة، وترجيحه باستبعاد فكرة الأثير، وقوله

بسرعة الضوء بدل مفهوم السرعة اللانهائية، كل هذا دفعه بعد سنوات إلى المطالبة باستبدال ميكانيكا نيوتن، لقد تحدث في كتابه "قيمة العلم" عن نتائج نظرية نيوتن ورأى أنه سوف ينتهي بها الحال لتجد نفسها مهجورة⁽¹⁸⁾.

الغريب في مؤلفات ألبرت اينشتاين انه لم يأت على ذكر بوانكاريه ولم يشر إلى أعماله رغم ما لبوانكاريه من شهرة وانتشار لأعماله فقد ألف قرابة الثلاثين كتابا في المجالات الفلسفية والعلمية وقدم حوالي 500 نشرة علمية في الميكانيك وفروع الرياضيات وعلم الفلك. يروي تاريخ العلم الرسمي أن اينشتاين تمكن بمفرده من تأليف الورقة البحثية المؤسسة لنظرية النسبية الخاصة في الأيام الأخيرة من جوان 1905، لكن الوثائق تثبت أنه قبل هذا التاريخ وبالضبط في الخامس من جوان 1905 قدم بوانكاريه مذكرة للأكاديمية الفرنسية للعلوم تحتوي على العناصر الأساسية في ورقة أينشتاين: مبدأ النسبية وتحولات لورنتز، لقد رأى البعض أن هناك أسبابا تثير الشكوك وتعزز فرضية انتقال اينشتاين لعمل بوانكاريه، ومن هذه الأسباب عدم ظهور ملخصات تظهر العناصر الأساسية لورقة بوانكاريه في مجلة حوليات الفيزياء الألمانية رغم صدور ملخصات لأعمال أقل أهمية⁽¹⁹⁾، كذلك كان هناك تجاهل متعمد لورقة بوانكاريه أثناء حلقة بحثية نظمت في جوان وجويلية من سنة 1905 في جامعة غوتغن الألمانية، وقد نظمت هذه الحلقة البحثية حول نفس الموضوع من قبل ديفيد هيلبرت، وهو عالم رياضيات من الدرجة الأولى ومنافس لبوانكاريه، هذا يوحي أن هناك سكوتا عن اينشتاين الذي استفاد من ورقة بوانكاريه وسارع إلى كتابة ورقته البحثية وتقديمها، وقد تكون الغيرة العلمية والوطنية وراء هذا السكوت.

لقد ذهب الكثير إلى اعتبار هنري بوانكاريه مؤسسا لنظرية النسبية الخاصة، كونه تناول قبل اينشتاين جل المبادئ والأفكار التي تقوم عليها النظرية الخاصة، إن الكثير من الأفكار التي قدمها بوانكاريه تعتبر جريئة في زمن كانت تعتبر فيزياء نيوتن مسيطرة على العقول، فليس من السهل أن تثور على ما ترسخ في عقول الناس، إن قيمة فكر بوانكاريه هو أنه حاول إبطال نموذج تفكير قديم في الفيزياء، وعمل على تأسيس علم الفيزياء على نموذج تفكير جديد.

4- تحولات لورنتز:

من الأفكار التي تعتبر جريئة وثورية في فيزياء النسبية فكرة انكماش الأطوال وتباطؤ الزمان في السرعات العالية، يرجع الفضل في تصور هذه الأفكار للعالم الهولندي هندريك لورنتز (Hendrik Lorentz) (1853-1928)^{***}، في السرعات التي تقارب سرعة الضوء التي هي غير مألوفة بالنسبة لعالمنا اليومي علينا أن نتوقع غير المؤلف، لقد تصور لورنتز أنه في السرعات العالية جدا لا يبقى الزمان والمكان على الحال الذي اعتدناه، بل يتعرض الزمان لتباطؤ في إيقاعه، وتعرض الأطوال إلى انكماش في أطوالها، وقد قام بصياغة علاقة رياضية تسمى بمعامل الانكماش وقد استعمله اينشتاين في الكثير من قوانين النسبية، إن عبقرية لورنتز مهدت الطريق لإدخال تصورات جديدة في الفيزياء المعاصرة، فليس من السهل تصور أن الزمان يتغير إيقاعه، إن هذه الفكرة تبدو غريبة جدا عما تعودت عليه عقولنا، إن عبقرية العلماء تكمن في أنهم تمكنوا من إعادة النظر في الظواهر بعد تخلصهم من رواسب النظريات القديمة وكذلك تخلصهم من خلفية التفكير التي اعتدنا عليها جراء تعاملنا اليومي مع العالم الخارجي.

كان هدف هندريك لورنتز من خلاله صياغته معامل الانكماش هو إنقاذ التحويل التقليدي عندما يعجز في السرعات العالية وكذلك للحفاظ على مفهوم الأثير، إن تفسير لورنتز يعتبر أن المادة المتحركة بسرعة كبيرة تتقلص باتجاه حركتها، قبل هذا كان لورنتز يعتقد بأن الإلكترون عند حركته يتقلص باتجاه الحركة، وقد طبق

لورنتز تفسيره هذا على مسار الضوء عام 1895، فحيث إنه يتحرك بموازاة حركة الأرض باتجاه الأثير فإن تياره يتقلص باتجاه هذه الحركة بقدر يساوي تماماً ما يتسبب له من إبطاء نتيجة فعل الأثير المعاكس للتيار، وهذا ما يجعل سرعة الضوء ثابتة لا تتغير⁽²⁰⁾، إضافة إلى هذا تم تطبيق معامل الانكماش على الزمن، وأصبح يشار إلى الزمن الناتج عن السرعة بالزمن الظاهري، في مقابل الزمن الحقيقي، والأمر نفسه بالنسبة إلى الكتلة حيث سميت الكتلة الناتجة عن السرعة بالكتلة الظاهرية لتمييزها عن الكتلة الحقيقية التي هي كتلة السكون، في ذلك الوقت كان ميكانيك نيوتن مسيطرًا على العقول ورغم جرأة أفكار لورنتز إلا أنها كانت لغرض الحفاظ على ميكانيك نيوتن، لقد رأى فيلسوف العلم فيليب فرانك أنه في تلك الفترة كان الحديث عن طول غير ثابت، أو زمان غير ثابت أو كتلة غير مستقرة يبدو تعدياً على ما استقر في أعماق الناس⁽²¹⁾.

كما ذكرنا سابقاً أن التحويل اللورنتزي لا يلغي فكرة الأثير، إذ إن السرعة v هي سرعة الجسم بالنسبة للأثير، كما أن الطول المنكمش سمي بالطول الظاهري لتمييزه عن الطول الحقيقي⁽²²⁾، وتم تفسيره بأنه نتيجة اختراق الأجسام لمادة الأثير، وتعتبر هذه الفكرة آخر المحاولات لإنقاذ فكرة الأثير، وقد صاغ لورنتز معاملته على النحو التالي:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (\text{حيث } v = \text{سرعة الجسم، } c = \text{سرعة الضوء}).$$

في عام 1905 اعتمد ألبرت اينشتاين على تحويلات لورنتز، حيث رأى أنه عندما تكون قوانين التحويل التقليدي عاجزة في السرعات التي تلامس عتبة سرعة الضوء يتدخل التحويل اللورنتزي، وانطلاقاً من قناعته أن قوانين الطبيعة ليس فيها استثناءات يرى اينشتاين أنه يجب إعادة النظر في قوانين الميكانيك الكلاسيكي لكي يكون صالحاً في كل الظروف، وذلك بأن تتوافق مع تحويلات لورنتز، يقول اينشتاين: «إن التحويل التقليدي ليس سوى حالة خاصة، حالة حدية من تحويل لورنتز تحصل عندما تكون السرعة النسبية للمرجعين صغيرة جداً، ينتج من ذلك أن قوانين الميكانيك يجب أن تتحول كي تصبح لا متغيرة بالنسبة لتحويل لورنتز. لأن قوانين الميكانيك بشكلها القديم تصبح فاسدة عندما تقترب السرعات من سرعة الضوء»⁽²³⁾.

5- هيرمان منكوفسكي والبعد الرابع:

لقد اتصف المكان والزمان عند نيوتن بصفات مشتركة مثل المطلقية والاستقلال عن المادة، كما أنهما أيضاً مستقلين عن بعضهما ولا يرتبطان بأي علاقة، فكل منهما موجود بذاته مثلما يعرفهما نيوتن، وقد ترسخت هذه الفكرة في الفيزياء الكلاسيكية، وكان من الصعب تجاوزها، لقد صرح عالم الرياضيات الروسي هيرمان منكوفسكي (H.Minkowski) (1864-1906) ****، بصلة الزمان بالمكان، وذلك في العام 1908 بعبارته الخاصة: «إن المكان بذاته والزمان بذاته محكوم عليهما بالتلاشي إلى مجرد ظلال، غير أن نوعاً من الاتحاد بين الاثنين هو وحده الذي يبقى في واقع مستقل»⁽²⁴⁾. وقد شرح منكوفسكي وحدة الزمان والمكان وتناول اشتقاقهما الرياضي، وقد أكد على أنه لا يمكن تصور مكان بدون زمان، ولا زمان بدون مكان، هكذا اندمج المكان والزمان في قالب واحد ليكون متصلاً واحداً، وكل الحوادث تتحدد على هذا المتصل في الأبعاد المكانية الثلاث، إضافة إلى البعد الزمني، وقد قدم منكوفسكي هندسة رباعية الأبعاد سميت بفضاء منكوفسكي، والأحداث في هذه الهندسة تتحدد بنقطة لها أربع إحداثيات.

ساعدت أفكار هيرمان منكوفسكي على إيجاد إطار هندسي لنظرية النسبية الخاصة، التي زادت من قوة التأكيد على العلاقة بين الزمان والمكان، وقد أنتجت هذه العلاقة مفهوماً جديداً دمج فيه الزمان والمكان في تسمية واحدة

أطلق عليها الزمكان Espace-temps، فالمكان والزمان يعتبران جزءاً من العلاقة المتبادلة المتشابكة الكلية التي يفقدان فيها استقلالهما.

سعى هيرمان إلى إيجاد إطار هندسي صالح لوصف المنظومات في الأبعاد الأربعة للمكان والزمان، وقد أعطت مساهمته دفعا قويا لتبلور النسبية الخاصة، في هذه النظرية لا بد من استيعاب العالم الفيزيائي بالأبعاد الأربعة وهو ما يسميه اينشتاين بالمتصل الزمكاني، يقول اينشتاين: «إن الموضع الواحد يتعين بثلاثة أعداد. أما العدد الرابع فيعين زمن الحادث، فيتعلق إذن بالحادث الواحد بتمامه أربعة أعداد، وكل مجموعة أربعة أعداد تعين حادثاً بذاته. فعالم الحوادث هو إذن متصل رباعي الأبعاد»⁽²⁵⁾، الفضاء الزمكاني في نظرية النسبية الخاصة هو فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد، وهو فضاء يشابه الفضاء الإقليدي الثلاثي الأبعاد من حيث سكونيته، فتكون المعادلة التفاضلية للأبعاد الأربعة:

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - c^2 (dt)^2$$

6- ديفيد هيلبرت ومعادلة الحقل:

تعتبر نظرية النسبية العامة نظرية تكتسي أهمية كبيرة مقارنة بالنسبية الخاصة كونها تقدم تفسيراً ثورياً لقوة الجاذبية وتصف المنظومات المتسارعة في الفضاء المنحني الرباعي الأبعاد، الفضاء في نظرية النسبية العامة لم يعد ذلك المسرح الجامد المهيأ لتجري الحوادث عليه، بل يتأثر وينحني ويؤثر على مسارات الكتل والأشعة، إن النسبية العامة تتطلب هندسة رياضية تصف الفضاء المنحني وما يتعلق به من مسارات منحنية، لقد استفادت نظرية النسبية العامة من الهندسة الريمانية في وصفها لبنية الزمكان، ولو افترضنا أنه لم توجد في ذلك الزمن هندسة ريمان، عندها ستضطر الفيزياء إلى الانتظار حتى يتمكن الرياضيون من ابتكار هندسة جديدة تصف الحركات الملتوية والانحناءات التي تحدث في الأبعاد الأربعة للزمكان، ستكون النسبية العامة غير مفهومة دون هذه الهندسة⁽²⁶⁾.

هناك تحول مهم أدخلته هندسة ريمان على مفهوم الفضاء، وهو القول بالخصائص المتغيرة للفضاء، حيث لا وجود لصفة الفضاء الساكن مثلما هو الحال عند إقليدس، حيث إن من خصائص فضاء ريمان أن يكون الانحناء متغيراً، لقد رأى اينشتاين أن الفضاء ظل بالنسبة للعلماء «شيء متمثل وساكن لا يستطيع التغير أو اتخاذ حالات متنوعة، لقد كانت عبقرية ريمان وحيدة ودون أن يفهمه أحد هي التي مضت قدماً قرب أواسط القرن الماضي (القرن التاسع عشر) إلى تصور جديد للفضاء جرد فيه الفضاء من سكونيته مع التسليم بإمكان اشتراكه في الحوادث الفيزيائية»⁽²⁷⁾.

إن معادلة النسبية العامة تربط المحتوى المادي والطاقي بهندسة الفضاء، وهي صيغة رياضية تتطلب جهوداً مضنية حتى تقدم تفسيراً متماسكاً للجاذبية، لقد حاول اينشتاين لسنوات إيجاد المعادلة التي تعبر الجاذبية، حيث إن التفكير في ربط هندسة الفضاء بالكتلة والحقل الجاذبي يتطلب دراية واسعة بالفضاءات الهندسية وكيفية تأثيرها بفعل الكتل، لقد اهتم الرياضي الألماني ديفيد هيلبرت (David Hilbert) (1862-1943) ***** بهذه الأبحاث، كان هيلبرت عضواً بارزاً في جامعة غوتينغن كعالم رياضيات، وله إسهامات كثيرة في الرياضيات المعاصرة، قدم ديفيد هيلبرت في مؤتمر علماء الرياضيات العالمي في باريس عام 1900 حوالي 23 مسألة رياضية، ورأى أن إيجاد حلول لتلك المسائل سيحدد شكل الرياضيات خلال القرن العشرين، بحيث أن السعي لحلها سوف يولد نظريات ونتائج جديدة، وهذا ما حدث بالفعل⁽²⁸⁾.

كان ديفيد هيلبرت من الرياضيين العابرة، وكان على اطلاع واسع بالفضاءات الهندسية، حتى أن له فضاء سمي باسمه "فضاء هيلبرت" يستعمل في الميكانيك الكوانتي، كانت لهيلبرت أفكار جريئة حول هندسة الفضاء وعلاقتها بالجاذبية، وقد ذهب الكثير إلى أن هيلبرت هو الذي استكمل معادلة الحقل قبل أيام من التاريخ الذي قدم فيه أينشتاين مقاله عن النسبية العامة أي في 25 نوفمبر عام 1915، (و نشر في 31 مارس عام 1916)، لقد كان هيلبرت يعرف أينشتاين وعلى اتصال به، وقد حل أينشتاين في جامعة غوتينغن الألمانية لأيام في صيف 1915 ضيفا عند هيلبرت، وقد أقام في بيت هيلبرت لمدة أسبوع، وقد اطلع على بحوث هيلبرت ودارت بينهما نقاشات كبيرة⁽²⁹⁾، وخلال الأشهر التي تلت الزيارة ظل الرجلان يتراسلان، وقد أرسل هيلبرت لأينشتاين أفكارا وتصورات عن معادلات الحقل، وقد اطلع أينشتاين عليها، وفي 25 نوفمبر 1915 قام أينشتاين بنشر مقالا من دون الإشارة إلى أي مساهمات لهيلبرت⁽³⁰⁾، بعدها ساءت العلاقة بين الرجلين، وقد عبر أينشتاين عن شعوره بتخوفات إزاء هيلبرت وقد لمح أن هناك محاولات للاستحواذ على نظريته، وبعدها في 20 ديسمبر أرسل أينشتاين إلى هيلبرت برسالة حاول فيها تلطيف الأجواء وتخفيف حدة الامتناع، وبعدها نشر مقال أينشتاين في مارس 1916، نشر عمل هيلبرت لاحقا من نفس العام، وبعدها بسنوات أشار هيلبرت في مقال له إلى أن أينشتاين رجع إلى معادلاته في الحقل⁽³¹⁾.

خاتمة

يتبن مما سبق أن الكثير من الأفكار الأساسية في نظرية النسبية توصل إليها علماء قبل أينشتاين، لقد استفاد أينشتاين من معامل الانكماش الذي قدمه لورنتز ولولا هذه الصيغة لما ظهرت النسبية الخاصة، فلا يكاد يوجد قانون في هذه النظرية إلا ومعامل الانكماش متضمن فيها، كذلك استفاد أينشتاين من صياغة منكوفسكي لفضاء النسبية الخاصة الذي يجعل من الزمان بعدا رابعا، لقد عارض هؤلاء العلماء من كان سائدا ومترسحا في الأذهان، وقدموا أفكارا جريئة، وما كان أينشتاين ليمتلك الجرأة لولا اطلاعه على هذه الأفكار. أكثر من هذا تشير الكثير من الكتابات أن أينشتاين استحوذ على أفكار غيره ولم يشر إلى أصحابها في كتاباته، فقد تجاهل جهود علماء أمثال بوانكاريه وهيلبرت، وتواريخ الوثائق والمؤلفات تدل أن هؤلاء العلماء سبقوه إلى الكثير من الأفكار التي ينسبها لنفسه، كما أن هناك أدلة ظهرت عبر السنوات تؤكد أن أينشتاين كان على اطلاع على الكثير من أفكار هؤلاء العلماء، لقد كثرت المؤلفات التي تتكلم عن انتحال أينشتاين لأفكار غيره، وكثرت الشكوك حول أحقيته بنظرية النسبية، فهل ينصف تاريخ العلم ضحايا أينشتاين وغيرهم...؟

الهوامش:

- 1- بول كوديرك، النسبية، ترجمة: مصطفى الرقي، (ط 1، بيروت: منشورات عويدات، 1971)، ص 05.
- 2- Albert Einstein, L'éther et la théorie de la relativité . trad; maurice solovine , (gauthier- villars, paris 1921).p 10-11
- 3- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء. تر: أدهم السمان (دار طلاس للدراسات والنشر، 1992). ص 131.
- 4- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ص 131.
- 5- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ص 140-141.
- 6- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ص 153.
- 7- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ص 95.
- 8- بول كوديرك، النسبية، ص 102.
- 9- ألبرت أينشتاين، النسبية النظرية الخاصة والعامة، ترجمة: رمسيس شحاته (القاهرة 1965)، ص 172.

* ألبرت أينشتاين 1879-1955 ألبرت أينشتاين، ولد أينشتاين لأبوين يهوديين في ألمانيا التي عاش فيها، انتقل إلى الولايات المتحدة الأمريكية أيام الحكم النازي لألمانيا واستقر في مدينة برنستون، ارتبط اسمه بنظرية النسبية، وقد حاز على جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1921 على بحثه في التأثير الكهروضوئي، وقدم في سنواته الأخيرة نظرية المجال الموحد التي لقيت انتقادا كبيرا.

** هنري بوانكاريه (1854-1912) هو عالم رياضي فرنسي وباحث في المناهج العلمية ونقد العلم. عين أستاذا للرياضيات في جامعة كان سنة 1879 وبعد ذلك بعامين عين أستاذا للرياضيات في كلية العلوم بجامعة باريس حيث كان يلقي محاضرات في الرياضيات البحتة والتطبيقية. وانتخب عضوا في الأكاديمية الفرنسية سنة 1908. أما أهم مؤلفات بوانكاريه العلم والفرضية 1902، قيمة العلم 1905، العلم والمنهج 1908.

10- بول كوديرك، النسبية، ص 05.

11- Jules Leveugle. La Relativité, Poincaré et Einstein, Planck, Hilbert. (l'Harmattan, 2004), p 52.

12- Henri Poincaré, La science et l'hypothèse, (Ebooks libres. Paris. 2011), p 93.

13- Henri Poincaré, La science et l'hypothèse, p 93-94.

14- Henri Poincaré, La science et l'hypothèse, p 85.

15- ألبرت أينشتاين، النسبية. النظرية الخاصة والعامة، ص 209.

16- Henri Poincaré, La valeur de science. (Flammarion. Paris.s.d), p 216.

17- Henri Poincaré, La valeur de science, p 214.

18- Henri Poincaré, La valeur de science, p 212-213.

19- Jules Leveugle. La Relativité, Poincaré et Einstein, Planck, Hilbert. p 51,60.

*** هندريك أنتون لورنتس Hendrik Lorentz 1853-1928، ولد في هولندا، اشتغل بتدريس الرياضيات ثم حصل على شهادة الدكتوراه حول موضوع انكسار الضوء، وعين أستاذا للفيزياء النظرية بجامعة ليدن، اهتم بمجال الكهرباء المغناطيسية والضوء، ومن أشهر أعماله استنتاج معادلات التحويل التي استخدمها أينشتاين لوصف المكان والزمان، حصل على الكثير من الجوائز وفاز بجائزة نوبل في الفيزياء عام 1902.

20- Pablo Acuña L. On the Empirical Equivalence between Special Relativity and Lorentz's Ether Theory. Institute for History and Foundations of Science, Utrecht University, p 06.

21- فيليب فرانك، فلسفة العلم. ترجمة: علي ناصف، (المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، 1991)، ص 188.

22- فيليب فرانك، فلسفة العلم، ص 183-184.

23- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء، ص 143.

**** هيرمان مينكوفسكي H.Minkowski هو عالم رياضيات ألماني روسي المولد ومن أصل يهودي. ولد سنة 1864م وتوفي سنة 1909م. عمل أستاذا للرياضيات في كونيجسبيرغ وزيورخ وغوتينغن. طور هندسة الأعداد واستخدم أساليب هندسية لحل المشاكل في نظرية الأعداد والفيزياء النظرية ونظرية النسبية.

24- كولن ولسن، فكرة الزمان عبر التاريخ. ترجمة: فؤاد كامل، (سلسلة علم المعرفة، الكويت، 1992)، ص 196

25- ألبرت أينشتاين، ليوبولد انفلد، تطور الأفكار في الفيزياء. ص 153

26- ميشو كاكو، جنيفر ترينر، ما بعد انشتاين، ترجمة: فايز فوق العادة، (ط1، بيروت، لبنان، أكاديميا، 1991)، ص 191

27- ألبرت أينشتاين، أفكار وآراء، ترجمة رمسيس شحاتة، (الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر، 1986)، ص 67-68

***** ديفيد هيلبرت David Hilbert (1862-1943) عالم رياضيات ألماني، يعد أحد أكبر رياضيي القرن العشرين، وينسب إليه عدد من النظريات الأساسية، ترك ديفيد هيلبرت علامة لا يمكن إنكارها بمعرفته الواسعة في مختلف مجالات الرياضيات، حتى أن بعض المفاهيم الرياضية سميت باسمه مثل فضاء هيلبرت، كان عضوا بارزا في جامعة غوتينغن كعالم رياضيات.

28- Ivan T. Todorov. EINSTEIN AND HILBERT: THE CREATION OF GENERAL RELATIVITY. (Institut für Theoretische Physik, Universität Göttingen. Germany. physics.hist-ph.25 Apr 2005.). pp06-07

29- Ivan T. Todorov. EINSTEIN AND HILBERT: THE CREATION OF GENERAL RELATIVITY. p07

30- John Stachel; New Light on the Einstein-Hilbert Priority Question, (Department of Physics and Center for Einstein Studies, Boston University, USA 1999.) P95

31- John Stachel; New Light on the Einstein-Hilbert Priority Question, p 98.

قائمة المصادر والمراجع:

- 1- اينشتاين ألبرت، 1986، أفكار وآراء، ترجمة رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، مصر .
- 2- اينشتاين ألبرت، 1965، النسبية النظرية الخاصة والعامة، ترجمة: رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية للكتاب، القاهرة
- 3- اينشتاين ألبرت، انفلد ليوبولد، 1992، تطور الأفكار في الفيزياء. ترجمة: أدهم السمان، دار طلاس للدراسات والنشر، سوريا.
- 4- فرانك فيليب، 1983، فلسفة العلم، ترجمة: علي ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت.
- 5- كاكو ميشو، ترينر جنيفر، 1991، ما بعد اينشتاين، ترجمة: فايز فوق العادة، أكاديمية، الطبعة الأولى، بيروت
- 6- كوديرك بول، 1971، النسبية، ترجمة: مصطفى الرقي، منشورات عويدات، بيروت، الطبعة الأولى، لبنان.
- 7- ولسن كولن، 1992، فكرة الزمان عبر التاريخ. ترجمة: فؤاد كامل، سلسلة علم المعرفة، الكويت.
- 8- Acuña L Pablo. On the Empirical Equivalence between Special Relativity and Lorentz's Ether Theory. Institute for History and Foundations of Science, Utrecht University.
- 9- Einstein Albert , 1921, L'éther et la théorie de la relativité. trad; maurice solovine, gauthier- villars, paris .
- 10- Leveugle Jules. 2004 La Relativité, Poincaré et Einstein, Planck, Hilbert. l'Harmattan, Paris.
- 11- Poincaré Henri, 2001, La valeur de science. Flammarion. Paris.
- 12- Poincaré Henri , 2011, La science et l'hypothèse, (Ebooks libres. Paris.
- 13- Stachel -John, 1999; New Light on the Einstein-Hilbert Priority Question, Department of Physics and Center for Einstein Studies, Boston University, USA.
- 14- Todorov Ivan T. 2005. EINSTEIN AND HILBERT: THE CREATION OF GENERAL RELATIVITY. Institut fur Theoretische Physik, Universitat Göttingen.