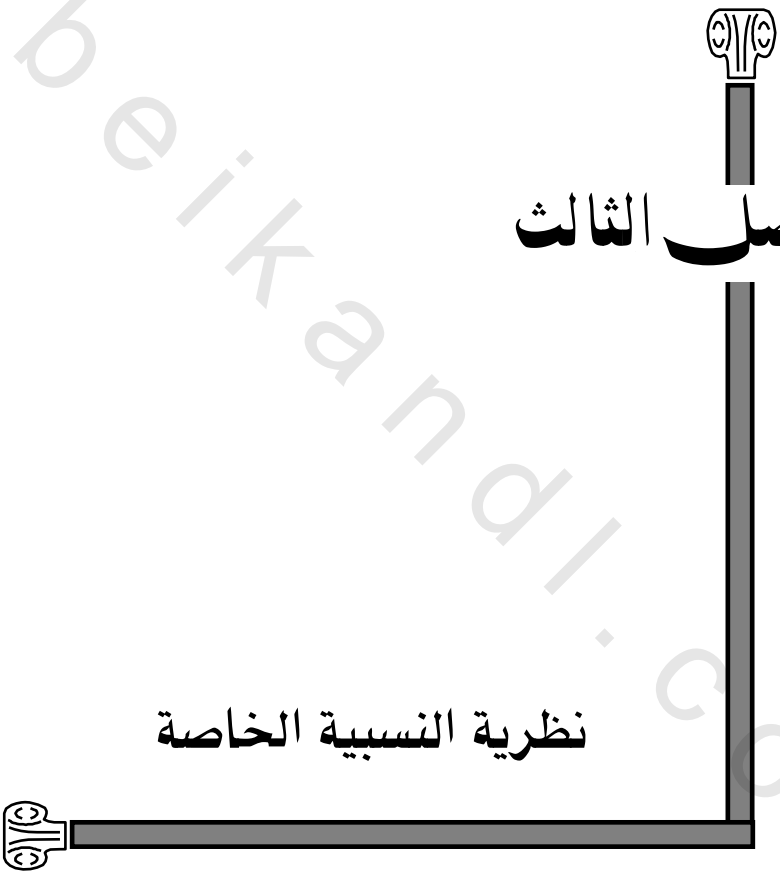


الفصل الثالث

نظرية النسبية الخاصة

obeikandl.com

obeikandl.com

أدت بنا الحقائق والآراء التى قدمناها فى الفصل السابق إلى أن الضوء عملية كهربية أكثر منها ميكانيكية Mechanical، وليس ثَمَّة ارتباط بين الضوء والموجات المائية أو الصوت، إنه أقرب ما يكون إلى موجات الراديو المنبعثة فى الفضاء عن الهوائيات Aerials، والمتكونة من ذبذبات سريعة للمجال الكهربى والمغناطيسى.

إن مشكلة وجود الأثير Ether – والتى سبق اعتبار وجوده أمرًا مفروغًا منه – لم يتم حتى الآن الإجابة عنها بالنفى، وهذا يبرهن على أن الأثير عنصر، ولكن السؤال مازال قائمًا : أليس من المحتمل قيام ظاهرة الكهربية على عنصر ما ؟ أليس من الممكن وجود عنصر لطيف بشكل خاص ترتبط به المجالات الكهربية على النحو الذى ترتبط به الموجات المائية بالماء ؟ أليست الظاهرة الكهربية أدنى إلى القبول فى حالة افتراض وجود الأثير ؟

إنه لا يمكننا الجزم بعدم وجود الأثير، لكن افتراض وجوده مبنى على أساس ضعيف، وهو اعتقاد Belif لم يتحقق بعد، ألا وهو الاعتقاد بأن الظواهر الكهربية التى تتخلل الفراغات الدقيقة للمادة، لا تختلف عن غيرها من الظواهر التى تتم فى تركيبات مادية أخرى بالمعنى الأصيل لكلمة مادة، وعلى أية حال فهذا الافتراض لم تعززه معارفنا بالطبيعة التى تبدو لحواسنا فى شكل آخر غير الذى هى عليه فى الواقع. وعلى سبيل المثال فعلم الحياة يخبرنا أن كل الكائنات الحية تتكون من عدد هائل من الخلايا التى تتضافر لتكوين الكائن الحى، فهذا الفرض حقيقى وإن لم تقم عليه بيّنة الرؤية، ولا شك أن علم الفيزياء وهو أعمق استقصاء للأشياء من علم الأحياء، قد قدم اكتشافات أعظم نظرًا لأن الدقة العلمية لها متطلبتها، فأجهزة القياس التى يتوالى ظهورها تثبت باستمرار عدم دقة ما نعلمه بواسطة الحواس المباشرة، ومن هنا تظهر نظريات أكثر تعقيدًا من سابقاتها لكى تتسق مع التفسيرات الجديدة، وهكذا، فإن التطور العظيم فى مجال الفيزياء النظرية خلال القرن التاسع عشر، كان

نتيجة للإنجازات التى تحققت فى حقل الفيزياء التجريبية، إن علماء الفيزياء لم يهتدوا بالتأملات المجردة فحسب، بل أيضًا – وفى المقام الأول – بالاكتشافات التى أظهرتها الأجهزة الفيزيائية المتطورة.

إن قوة نظرية النسبية لأينشتين وهى أعظم إنجاز فى علم الطبيعة الحديث، تعود إلى التصاقها بالوقائع التجريبية، ولا نملك إلا الإعجاب بعظمة بنائها الفكرى وعمق أفكارها، لكن هذا لا يكفى لاعطائها مركزها المرموق التى هى عليه الآن، والذى يعود إلى قدرتها على تفسير الوقائع والتنبؤ بالأحداث، والبرهنة على هذه الأحداث، فى وقت لاحق، وهو الذى صنع عظمة هذه النظرية.

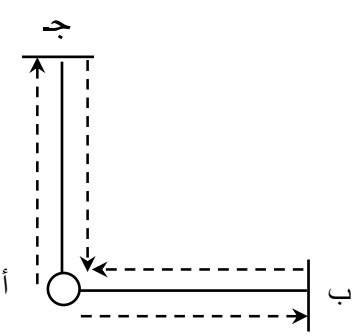
وفى الوقت الذى أقام فيه أينشتين نظريته اعتمادًا على الثقة التامة فى دقة التجريب العلمى، خضعت عدة تجارب فيزيائية للبحث بهدف تحديد كنه حركة ذلك الأثير الضوئى المفترض، والذى يُعْتَقَد أنه يملأ غالبية الفضاء الكونى وتسبح الأرض فيه، وكان هدف هذه التجارب قياس حركة الأرض بالنسبة للأثير، ورغمًا عن ذلك فقد جاءت نتيجة كل هذه التجارب سالبة، فلم يكن ممكنًا الجزم بوجود الأثير، لقد اتضح عند هذه النقطة أهمية الثقة فى نتائج التجارب، وعلى ذلك قرر أينشتين أنه لا وجود لما يسمى بالأثير.

ينبغى علينا أن نصف على نحو دقيق التحول الفكرى الذى أدى إلى الفحص الحاسم لوجود الأثير، فإذا أكد إنسان ما أنه لا وجود للأثير فإن ما ينبغى أن يُفْهَم من ذلك هو أن هذه القضية تتطلب تصورًا توضيحيًا، إنها تعنى فقط تأكيدًا واضحًا متعلقًا بخواص الضوء، أى أن للضوء خواص تختلف عن تلك التى تميز موجات الماء أو الهواء، ومن بين خواص العنصر بمفهومه القديم أنه قابل للنفاذ الأمر الذى لا ينطبق على الضوء بوصفه مجالاً كهربيًا، لكن هناك خاصية أخرى للعنصر وهى خاصية الحركة والتى ينبغى علينا توضيحها الآن.

مَنْ يراقب موجة الماء يلاحظ بالضرورة أنها ذات سرعة، فهى تستغرق وقتًا

للانتقال من السفينة إلى الشاطئ، وهذه السرعة تحددها سرعة الجزيئات المائية التى يحمل بعضها بعضًا، كما تحددها قوة التماسك الداخلى للماء. وهناك عامل آخر لتحديد سرعة الماء، وهو منسوب سطح الماء، ففى وقت المدّ والجزر الضئيل مثلاً تنحسر المياه عن البر بسرعة أقل، إذ تتراخى الموجة. ولحساب سرعة المياه فى المحيط ككل، فلا بد من أن نضيف إليها سرعة الموجة، أو نطرحها منها بحسب اتجاهها، إذن فسرعة الموجة السابقة التى تصل إلى الشاطئ هى محصلة شيئين : سرعة الموجة المتجهة نحو الشاطئ، بينما تزداد سرعة الموجة الآتية منه، أما السرعة الكلية لسطح الماء فهى ثابتة فى جميع الاتجاهات.

والأمر بالمثل فيما يتعلق بالضوء، فالأثير يملأ فراغ الكون الذى تسبح فيه الكواكب، ولما كانت الكواكب تدور حول الشمس فهى تتميز إذن فى حركتها عن الأثير، وعلى هذا فإن سرعة الضوء تختلف أيضًا باختلاف الاتجاه، إذ إن موجاته تحدث خلال مادة الأثير، وفى الثمانينات من القرن الماضى قام الفيزيائى الأمريكى "ميكلسون" (*) Michelson بتجربته الشهيرة (التى قام بتكرارها عدة مرات) لاختبار ذلك الاتجاه.



شكل رقم 5
رسم تخطيطى لتجربة ميكلسون

ويوضح شكل "5" هذه التجربة التى قام بها "ميكلسون" فالجهاز يتكون من قضيبين معدنيين أفقيين أ ب، أ جـ ، وعند (أ) يوجد مصدر للضوء يرسل الأشعة إلى ب ، جـ التى تنعكس لتعود ثانية إلى (أ)، والأسهم المتقطعة تصور مسار الضوء افتراضًا، وقد صُورت

(*) "ميكلسون" (البرت إبراهيم) Albert Abraham Michelson (1852– 1931) فيزيائى أمريكى، ألمانى المولد، مُنِحَ جائزة نوبل فى الفيزياء لعام 1907، وكان قد أجرى مع العالِم الفزيائى مورلى تجربة حاسمة سنة 1881 بغرض إثبات وجود الأثير.

الأسهم أعلى وأسفل القضيبين للتوضيح، مع أن الاتجاه ينطبق على محور القضيب. والسؤال الآن : إن الضوء يغادر (أ) فى آن واحد نحو الاتجاهين، فهل يعود فى نفس الآن لو أن الجهاز معلق فى الأثير، ولكنه فى الواقع ملامس للأرض، فيشاركها فى الدوران خلال الأثير ولذلك يختلف زمن العودة، وعلى فرض أن الأرض تتحرك فى الاتجاه أ ب فإن الشعاع أ ب أ يعود أيضًا متأخرًا قليلاً عن الآخر أ جـ أ .

شعر "ميكلسون" بوضوح أنه من المستحيل إثبات بطء عودة الشعاع، وعلى الرغم من أن "ميكلسون" قد استخدم أدق المناهج وأحسن الأجهزة، فإن من المدهش أن قطع الظل Shadow التى كان متوقعًا أن تبدو (أنظر الفصل الثانى) لتعبر عن بطء الشعاع المذكور لم تظهر على الإطلاق مما يرجح أن لا بطء فى العودة.

إن هذه النتيجة غير المنتظرة أوقعت العلم فى براثن الحيرة، وأول من حاول شرح الظاهرة هو العالِم الهولندى "لورنتز" (*) Lorentz فزعم أن القضيب أ ب يصبح أقصر بسبب حركته فى الأثير، وكنتيجة لذلك يصبح المسار أ ب أ أقصر، وترتد الأشعة بنفس سرعة الأشعة الأخرى. وليس هناك اعتراض على هذا التفسير سوى أنه يتغافل عن الوضع الخاص بمشكلة الأثير، وبإيجاز شديد فإن فى ذلك دلالة على أن الأثير له أثر يقلل سرعة الأجسام حتى يتلاشى الخلاف بين سرعة الضوء فيما يتعلق بحركة الأجسام، وبعبارة أخرى فإننا نعتقد فى وجود الأثير فى الوقت الذى نزعم فيه أن البرهان على وجوده مستحيل، وقد يبدو من المقبول ظاهريًا على ضوء هذه النتائج التوقف عن الاعتقاد فى وجود الأثير، ومع هذا

(*) "هندريك لورنتز" Hendrik A. Lorentz (1853– 1928) فيزيائى هولندى حصل على جائزة نوبل فى الفيزياء (بالمشاركة) عام 1902، وقال بفرض تقلص الأطوال، بمعنى أن الأدوات تتقلص بهواء الأثير الذى تحدثه حركة الأرض، ويُكمل فرض تقلص الأطوال هذا فرض آخر هو تمدد الزمان، فانكماش الأطوال وتمدد الزمان يبدوان كنتيجتين لمعادلات لورنتز. (المترجم).

فليس هناك ما يحول بين عالِم الفيزياء ومحاولة البرهان.

ولقد أخذ أينشتين (*) هذا الرأى البديل واستخدم الاستنباط المنطقى ليزيد من

(*) "ألبرت أينشتين" Albert Einstein هو أشهر عالِم فيزيائى ألمانى منذ بداية القرن العشرين، وواحد من أكبر الفلاسفة الطبيعيين المعاصرين، فهو مؤسس نظرية النسبية (الخاصة والعامة) فى الفيزياء، بالإضافة إلى عدد من النظريات الفيزيائية الأخرى أدت إلى تصورات جديدة عن كثير من المفاهيم التى يهتم بها العلماء والفلاسفة، مثل المكان والزمان والقوة والحركة والجوهر وغيرها.

ولد "أينشتين" فى 14 مارس 1879 فى "أولم" Ulm وهى مدينة صغيرة من أعمال ورتنبرج Wurttemberg بألمانيا، وانتقلت عائلته إلى ميونيخ بعد عام من ولادته وكان والده "هرمان" صاحب مصنع كهروكيميائى صغير، وكانت أمه "بولين كوخ" تعشق الموسيقى وتتميز بحضور البديهة وهما صفتان بارزتان ستُورَثهما إلى وليدها، ولم يكن أينشتين طفلاً فذاً، بل كان صموتاً لا يأنس للعب، كان التلميذ الوحيد اليهودى من بين التلاميذ الكاثوليك، وفى عام 1910 شغل كرسى الفيزياء النظرية بجامعة براغ الألمانية، ثم بعد وقت قصير جاءه عرض لشغل كرسى الفيزياء النظرية فى مدرسة البوليكنيك بزيوريخ التى تخرج منها وكان تابعة حينئذ للأتحاد السويسرى، بعد تردد حسمته زوجته التى كانت تعشق زيوريخ، كتب لجامعة براغ يعلنها عزمه على تركها فى آواخر صيف عام 1912. ارتحل أينشتين إلى الولايات المتحدة عام 1933 ليكون عضوًا فى معهد الدراسات المتقدمة فى "بريستون" Priceton من 1933 – 1945. وفى عام 1934 جردته حكومة هتلر النازية من الجنسية الألمانية وصادرت أمواله، غير أنه تجنس بالجنسية الأمريكية.

بدأ باكورة أعماله النظرية فى الفيزياء أثناء عمله كفاحص فى مكتب تسجيل براءات الاختراع فى "برن" إذ نشر دراسته حول نظريته "الكهروضوئية" Photoeletric Theory والتى تعتبر أساس "نظرية الكم"، وكذلك الارهاصات الأولى له حول النظرية النسبية. وفى عام 1905 توصل أينشتين إلى النظرية النسبية الخاصة، وهى تتعلق بالكهربية والديناميكية والضوء. وفى عام 1915 وضع أينشتين نظريته العامة فى الجاذبية، وهى تختلف اختلافًا تامًا عن نظرية "نيوتن"، وتفسر حقائق أكثر شمولاً وأوسع نطاقاً، وجاءت التجارب – بعد ذلك – مؤيدة لها.

قام أينشتين بدراسات هامة حول تطبيق "نظرية الكم" – وبالنسبة للكون رأى أينشتين أنه كون ساكن لا حركى، معارضًا بذلك النظرية الديناميكية عن الكون لـــ "دى ستر" De Sitter – وفى عام 1950 أصدر "نظرية المجال الموحد" Single Field Theory التى قلصت الكهرومغناطيسية والجاذبية إلى مجموعة واحدة من الصيغ الرياضة. وقام أينشتين بتفسير =

قوة الأقناع بنظريته التى تنص على أنه لا وجود للأثير بوصفه وسطًا حاملاً للضوء، ولا يوجد وجه للدلالة على أن سرعة الضوء متساوية فى كل الاتجاهات، ولكن إذا قيست سرعة الضوء فوق جسم منتظم الحركة كالأرض، وغيره من كواكب المجموعة الشمسية، فإن سرعة الضوء تظل ثابتة فى كل الاتجاهات.

إن نظرية "أينشتين" تمثل انقلابًا واضحًا فى تاريخ مشكلة الأثير وأدت حتى اليوم إلى تحويل النتائج السالبة إلى مبدأ إيجابى، إن نظريته لا تشرح تلك النتائج السالبة بل تسلم بها وبالتالى تنفى إمكانية أى شرح أو تفسير، إن الأمر هنا يضاهى مبدأ عدم فناء الطاقة، فحينما باءت بالفشل جهود نفر من المكتشفين من أجل خلق حركة لا تنقطع، فإن مبدأ الطاقة ظهر كوصف لهذه الحقيقة، وليس كتفسير لها.

وأعطى "أينشتين" لنظريته بُعدًا جديدًا يرتبط بنظرية المعرفة، فالمبدأ القائل بأن سرعة الضوء تكون واحدة فوق أى جسم يتحرك بانتظام، يتجاوز تجربة

=

تأثير الجاذبية على الضوء، وكذلك مبادئ التأثير الكهروضوئى و"الحركة البراونية" Brownian Movement.

وضع أينشتين عددًا من الكتب، منها :

"معنى النسبية" The meaning of Relativity عام 1920.

"بناة الكون" Builders of the Universe عام 1932.

"حول منهج الفيزياء النظرية" On the Method of Theoretical Physics عام 1933.

"العالَم كما أراه" The World as I see it عام 1934.

"لماذا الحرب ؟" Why War عام 1933 بالاشتراك مع "فرويد".

"تطور علم الفيزياء" The Evolution of Physics عام 1938، بالاشتراك مع "ل. انفليد" L. Enfeld. وفى العاشر من نوفمبر سنة 1922 منحته هيئة المجمع السويدى للعلوم جائزة نوبل، وفى يوليو 1923 توجه "أينشتين" إلى السويد لاستلام الجائزة. وفى عام 1936 توفيت زوجته. وفى عام 1941 حصل على الجنسية الأمريكية. وفى عام 1945 أعتزل التدريس وتفرغ لأبحاثه. وفى عام 1948 رفض العرض الذى قدمه إليه زعماء الصهيونية لرئاسة دولة إسرائيل. وفى عام 1949 قام بآخر محاولاته للبحث عن قانون واحد يفسر به كل علاقات الكون. وفى 18 أبريل عام 1955 توفى "أينشتين" فى مدينة برنستون الأمريكية.

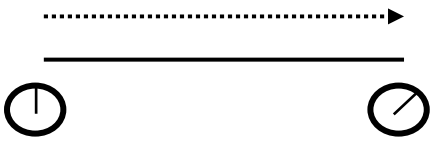
(المترجم)

"ميكلسون" التى تثبت اختلاف سرعة الضوء فى كل من الاتجاهين أ ب ، أ جـ ، أفلا يصح أن يكون رأى "أينشتين" القائل بأن سرعة الضوء متماثلة فى كلا الاتجاهين هو افتراض خاطئ ؟

إن الإجابة عن هذا السؤال تقودنا إلى نظرية "أينشتين" الشهيرة ألا وهى نسبية التزامن، وهى من أعمق آراء "أينشتين" وينبغى شرحها بتفصيل أكبر.

يميز "أينشتين" بين تزامن الحوادث وهى فى موضع واحد، وبين تزامنها مع تباعد المسافات بين بعضها بعض، وبالنظر إلى الأجرام السماوية تبدو هذه المسافات واضحة، فالراصد الفلكى فى موقعه يتلقى رسائل من أماكن بعيدة يثبت هو ورودها إليه فى آن واحد، مع أن موقع العالِم لا يُعَد نقطة رياضية بالمفهوم الدقيق، فهو يُعتبر كذلك بالقياس إلى سرعة الضوء، إن وصول الإشارة "حادثة موضعية" a Point event أى أنها ظاهرة ليست لها أبعاد زمانية أو مكانية. والأمر بعد لا يتجاوز نطاق الفيزياء الكلاسيكية، لكن ما يعجز عنه إدراكنا الحسى هو المشكلة المنطقية التالية : كيف ينظم الملاحظ الحوادث التى تختلف أماكنها، تنظيمًا زمنيًا ؟ إنه يفعل ذلك "بوسائل القياسات الفيزيائية"، هذا هو الحل : أى بقسمة المسافة على السرعة لكى يستنتج الزمن المطلوب لقطع المسافة، فإذا وصلت حزمتان ضوئيتان من نجم الشعرى اليمانية Sirus والشمس Sun إلى الأرض فى وقت واحد، أمكن حساب متى صدرت كل منهما بالقياس إلى أبعاد هذه النجوم وسرعة الضوء.

هذا صحيح قطعًا، ولكن على المرء أن يعرف أولاً سرعة الضوء. كيف يمكن قياس سرعة الضوء ؟ إن هناك طريقة واحدة لذلك نوضحها فى شكل "6"، فلنتصور ساعتين على نقطتين مختلفتين كما هو واضح فى الشكل، تُعطى إشارة عند النقطة الأولى فى الساعة 12، فتصل إلى النقطة الأخرى بعد خمس دقائق، ومن قسمة المسافة على الزمن نحصل على السرعة.



شكل رقم 6

رسم تخطيطى لقياس سرعة الضوء

ولكن هل هذا القياس الذى يختلف عن قياس "ميكلسون" صحيح ؟ إن "ميكلسون" قدر السرعة ذهابًا وإيابًا – كما أسلفنا – ولم يهتم بالسرعة مأخوذة فى اتجاه واحد، فما بالنا إذن نقنع بالحل الذى نقدمه نحن ؟

إن الصعوبة الكامنة فى الحل الذى قدمناه هى أننا نستخدم ساعتين، ويجب أن تكون الساعتان متسقتين تمامًا، أى تشيران إلى نفس الأرقام، كما أننا ركزنا على حساب الاقتران الزمنى بين نقطتين متباعدتين، الأمر الذى يضعنا فى مأزق، فلكى نحدد تزامن الحادثتين المتباعدتين يجب أن نعلم السرعة، ولكى نعلم السرعة، فعلينا أن نتأكد من دقة تزامن الحادثتين المنفصلتين.

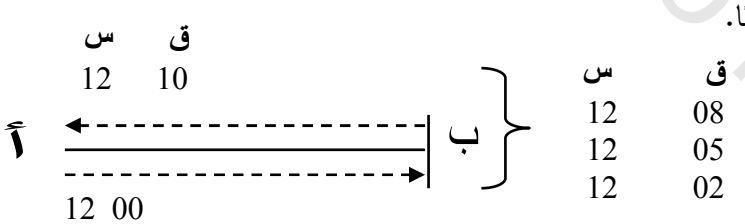
خرج "أينشتين" من هذا الدور المنطقى بقوله إن تزامن الأحداث المتباعدة لا يمكن التحقق من صدقه، بل يمكن تعريفه فحسب. ولنا مطلق الحرية، فنحن نُعرِّفه بأية طريقة دون ارتكاب خطأ، وحين نُجرى حساباتنا فالنتائج تكون مبنية على التزامن نفسه الذى قدمه التعريف السابق، وليس ثمَّة تناقض فى هذا.

إن هذه هى نظرية "أينشتين" الشهيرة فى نسبية التزامن، أنها غريبة على النظرية التقليدية الأولى، ولكن أفق أجيال المستقبل سوف يستوعبها دون ريب، إن نظرية "أينشتين" فضلاً عن هذا تجيب عن بعض الأسئلة المعينة التى تجاهلتها النظرية القديمة، والأمر كذلك بالنسبة للغريب عن وطنه فهو لا يتكيف مع لغة البلد التى يفد إليها، حتى إذا ما عاد إلى وطنه وجد أن اللغة الغريب أصبحت أقرب إلى ذوقه من لغته الأصيلة.

إن أهمية الحل الذى قدمه "أينشتين" لمشكلة التزامن هو أنه لا يؤمن بوجود شىء يؤول إليه انتشار الضوء (أى أنه لا وجود للأثير)، ولكن إذا تجاوزنا هذه الفكرة الجديدة لوجدنا أن فى نظرية "أينشتين" تناقضًا منطقيًا.

إن الصورة الأدق أن نضيف إلى نظرية "أينشتين" السابقة عبارة : "إن التزامن يكون محدودًا بالتناظر، إن العدول عن مفهوم العنصر الذى يُرى بالعين المجردة (وأيضًا مفهوم الحالة الخاصة للحركة) مرتبط مع نسبية التزامن مأخوذة فى مظهر معين". وهكذا تتضح الأهمية القصوى التى تقدمها الفيزياء لبحوث نظرية المعرفة.

ولكن "أينشتين" يعتقد فى صحة المبدأ القائل بأنه لا توجد سرعة أكبر من سرعة الضوء فى الطبيعة، وهذا الزعم فى غاية الأهمية، لماذا ؟ من أجل الإجابة عن السؤال السابق سنقوم بشرح نظرية "أينشتين" بالطريقة التالية : هب أن إشارة ضوئية أرسلت من النقطة (أ) فى الساعة 12 (شكل 7)، فإنها تنعكس وترتد لموضعها بعد عشر دقائق، أى فى الثانية عشرة وعشر دقائق، أما عن متى تصل هذه الإشارة الضوئية إلى (ب) ؟ فهذا ما لا يمكن التثبت منه عند "أينشتين" بواسطة التجارب، وإنما بواسطة التعريف فحسب، قد تصل هذه الإشارة الضوئية إلى (ب) فى الساعة الثانية عشرة ودقيقتين أو الثانية عشرة وثمانى دقائق، ولكن الضوء لا يصل إلى (ب) قبل الثانية عشرة بأية حال من الأحوال، أى قبل بداية انبعاث الضوء، ذلك لأن الحوادث الطبيعية لا تحدث بأثر رجعى بالنسبة للزمن، وبخلاف هذا الحد فإن أى رقم بين الثانية عشرة والثانية عشرة وعشر دقائق قد يكون صحيحًا.



شكل رقم 7

رسم تخطيطى لمسار إشارة ضوئية

وهب أن حزمة الضوء Lightbeam قد وصلت فى الثانية عشرة ودقيقتين، أليس فى ذلك ثمة تعارض ؟ وهو أن هناك إشارات أسرع من الضوء، فعلى فرض أنه فى الآن نفسه الذى انطلق فيه شعاع الضوء من (أ) صدرت إشارة أخرى أسرع منه بثلاث دقائق، فهى إذن ستصل فى الحادية عشرة وتسع وخمسين دقيقة، أى قبل انطلاقها، وهذا مناقض لقوانين الطبيعة، وفى هذا دلالة على أن الزعم بأن سرعة الضوء هى أكبر سرعة فى الطبيعة أمر ضرورى بالنسبة لنظرية "أينشتين".

وعلينا أن نعترف إنه لم يتح لفيزيائى حتى الآن أن يكتشف إشارات Signals أسرع من الضوء، ولكن ما الذى يضمن لنا عدم وجود مثل هذه الإشارات ؟ ربما ظهرت لنا فى المستقبل أشياء لا عهد لنا بها ! فمن الذى كان يخطر بباله منذ 150 عامًا أنه فى خمس ساعات يمكن السفر من نيويورك إلى بوسطن، الأمر الذى كان يستغرق حينذاك أيامًا عديدة، ومن الذى كان يتصور أنه يمكن التحادث شفاهةً عبر هذه المسافة، كما يحدث الآن يوميًا بالتليفون ؟ فما الذى يمنع أن نرى فى يوم ما ظاهرة يكون الضوء بالنسبة لها بطيئًا بطء الحمير والجمال (*) إذ قيس بسرعة قطار إكسبريس حديث.

إن الأحلام العلمية المتعلقة بالمستقبل قد تثير إعجاب عالِم الفيزياء، ولكنه لا يستطيع قبولها، كأن يحلم شاعر يوتوبى Utopiaon بانتظام المرور بين الأرض والمريخ Mars، أو بإنقاذ الأرض من مدراها حول الشمس التى ستفتر حرارتها، إلى حيث تدور الأرض حول نجم جديد !! قد لا يعترض عالِم الفيزياء على مثل هذه التخمينات Conjectures لأسباب فيزيائية، وإذا كنا ننكر الآن إمكان وجود أية إشارة أسرع من الضوء، فإن علينا أن نعى أن هناك إنكارات Denials تعبر عن القانون الطبيعى، وإنكار وجود ما هو أسرع من الضوء هو واحد منها.

(*) العبارة التى وردت فى النص الأصلى هى : "بطيئًا بطء أول قطار بستيفنسون "Stephenson "، ولكننا أردنا أن نأتى بمثال من البيئة العربية، لذلك استبدلنا بها هذه العبارة : "بطيئًا بطء الحمير والجمال". (المترجم)

فضلاً عن كل هذا، فإن مثل هذه الإنكارات تمثل قاسمًا مشتركًا فى علم الفيزياء، ففى وسع المرء أن يلاحظ بسهولة أن كل قانون من قوانين الطبيعة يحمل فى داخله إنكارًا له، فيمكن مثلاً التعبير عن قانون "بقاء الطاقة" فى الصيغة التالية :

"إنه لن توجد – خلال المائة ألف عام القادمة – عملية تزداد فيها كمية الطاقة دون مصدر خارجى"، وهكذا يحتوى قانون بقاء الطاقة، المثبت، فى داخله على نتيجة سلبية، والعكس صحيح، أى أن القانون السلبى الذى ينص على محدودية سرعة الضوء يمكن أن يُطرح فى صورة إيجابية، وهذا ما نعتزم القيام به الآن.

طبقًا لقوانين الحركة المألوفة يقنع "أينشتين" بأن لكل جسم متحرك كمية طاقة تزداد بازدياد سرعته، وهذه الطاقة ضرورية لبدء الحركة، كما أنها ضرورية كى يقوم جسم متحرك بتحريك جسم آخر ساكنًا – والجديد أن "أينشتين" يقول بزيادة هائلة جدًا – لم تعهدها قوانين الحركة التقليدية – فى الطاقة، وذلك فى حالة ما إذا وصلت سرعة الجسم إلى سرعة الضوء، لهذا ظن "أينشتين" استحالة أن يتحرك جسم أسرع من الضوء، وفى الحقيقة إنه لا يستطيع أى جسم أن يصل إلى تلك السرعة.

ومن ناحية أخرى فإن قانون الطابع المحدود لسرعة الضوء له ركيزة أخرى، وهى أن الضوء لا يشكل فى حد ذاته ظاهرة طبيعية، بل يصور بالأحرى حالة خاصة من النشاط الإلكترونى بوجه عام، ولما كان الضوء ليس إلا قطاعًا من الظاهرة الموجية الإلكترونية، فإن ما يقرره "أينشتين" عن الضوء يصدق على غيره بالتبعية، ولكنه طبقًا لمعرفتنا عن البناء الداخلى لكل العناصر فإنه لا يوجد إلا طريقان أساسيان لانتقال القوة من جسم إلى آخر، وهما الجاذبية والموجات الكهربية، ولا يوجد تجل آخر للقوة إلا ويصدر عنهما، إن قانون "آينشتين" عن

محدودية سرعة الضوء لا يعنى شيئًا أكثر من صياغة الحقيقة القائلة: إن الضوء يمثل إحدى الصور الأساسية لتحول التأثير. أما الصورة الأخرى فتتمثل فى الاطراد المحدود للسرعة.

بعد إضافة هذه الفكرة فقط يمكن لنظرية "أينشتين" عن نسبية التزامن أن تصبح معقولة، فضلاً عن أنها تؤدى إلى توضيح مفهوم التزامن. ولكن ما الذى نقصده حين نتحدث عن التزامن ؟ للإجابة عن هذا السؤال علينا أن نضرب مثالاً: دعنا نقول إننى أرغب فى زيارة صديقى القاطن فى "أسوان"، ولتحقيق ذلك استقليت من القاهرة القطار المتجه إلى أسوان فى تمام الساعة الثانية عشرة ظهرًا. والذى حدث بالفعل أن صديقى غادر أسوان إلى القاهرة فى التوقيت نفسه بالضبط، وكل منا لا يعرف شيئًا عن رحيل صديقه. وقد أرسل كل منا تلغرافًا إلى الآخر فى اللحظة الأخيرة قبل صعوده إلى القطار. إن التلغراف أسرع إشارة عملية، رغم أن فترة كتابته واستقباله تجعل سرعته تقل عن سرعة الضوء، وعلى فرض صدور كل من التلغرافين فى وقت واحد، فإن كلاً منهما سيصل إلى وجهته متأخرًا قليلاً، أى بعد رحيل السفينة بقليل، فلو أن صديقى تأخر فى سفره قليلاً لورد تلغرافى إليه ومكث للقائى، والعكس صحيح، أى لو أننى تريثت قليلاً فى الرحيل لوصلنى تلغرافه وبقيت مكانى دون عناء الرحيل، إن الاقتران الزمنى لرحيلنا يعنى ببساطة وصول أى من التلغرافين لكل طرف، فالتزامن يؤدى إلى استبعاد الرابطة السببية Causal Connection تمامًا، فعندما تتزامن الحادثتان (أ) و(ب) فى الواقع، فهذا معناه أن (أ) لا تؤثر على (ب)، وأن (ب) لا تؤثر على (أ).

وإذا كان هذا هو تعريف مفهوم التزامن، فإنه يبرز فى الحال بوضوح عدم إمكان تحديد المعية فى الزمان The Indeterminacy of Simultaneity، وذلك بمراعاة السرعة الفائقة للضوء. ففى المثال السابق لا بد من إدراك أن سرعة التلغراف مقيسة بسرعة الضوء تعتبر أعظم من سرعة القطار الذى استقله، وعلى أساس هذا الطابع الذى تتميز به موجات الضوء يعتبر إرسال البرقيتين حادثتان

متزامنتان، لأنه لا أثر لأحدهما على الآخر، ومن جهة أخرى فسرعة الضوء محدودة رغم عظمها، ونسبية التزامن تكون مرتبطة إذن بهذه الخاصية، وبعبارة أخرى ففى خلال البرهة التى تستغرقها الرسالة الضوئية أو التلغرافية تنمحى الرابطة السببية بين الحادثتين المتباعدتين لكى يتحقق تزامنهما.

ويمكننا التعبير بطريقة مختلفة عن الوضع الاستثنائى الذى يحتله الضوء فى نظرية النسبية، حيث إنه وفقًا للنظرية النسبية الأصلية لأينشتين نجد أن الضوء يساعد على تحديد التزامن فحسب. غير أنه أصبح من الواضح فى التناول المتأخر للنظرية أنه يمكننا استخدام الضوء فى القياسات المختلفة للزمن، وكذلك لقياس المكان. ولذلك يمكننا تأسيس هندسة للضوء [1] يلعب فيها الزمن دور المقارنة بين أبعاد المكان. إن الضوء طبقًا للنظرية النسبية هو البعد الذى تتشابك فيه حوادث الكون وفقًا لنظام عددى.

وطبقًا لما سبق يمكننا عرض نظرية الزمان – المكان عند "أينشتين" بالطريقة التالية : إن الدور الذى تلعبه الساعات والعصى الياردية (*) فى قياس الزمان والمكان دور ثانوى، وعليهما أن يتأقلما مع هندسة الضوء، وأن يخضعا لكل القوانين التى يقدمها الضوء للمقارنة بين الكميات، ومثلهما فى هذا مثل الأبرة المغناطيسية التى يهيمن على توجيهها المجال المغناطيسى، فالساعات وأدوات القياس تحاول الأتساق مع المجال المكانى الذى يتجلى بناؤه بصورة أوضح من خلال أشعة الضوء.

---

(1) أنظر :

H. Reichenbach, The Philosophy of Space and Time, English Translation, Maria Recichenbach and John Freund, Dover Publications, Inc., New York, 1957.

(*) العصى الياردية Yardstick : هى عصى للقياس مدرجة طول العصا منها ياردة واحدة. (المترجم)

واستنادًا إلى الحجة السابقة، يمكننا أن نستنتج أن الساعات المتحركة Moving Clocks تسلك سلوكًا مختلفًا عن الساعات الساكنة، فالساعة التى تنتقل من مكان إلى مكان، ثم تعود إلى موضوعها الأصلى، تصبح أبطأ من الساعة التى تبقى فى مكانها دون حركة، ولو كان أمر التأخير يتعلق بالساعات فحسب، لأمكن لعالِم الفيزياء ضبطها، ولكن نظرية النسبية تعمم هذه النتيجة فتقول إن أى جسم متحرك – أيًا كان نوعه – يظهر عليه هذا التأخير، ولكن الرحالة الذى يأخذ معه ساعته وأجهزة أخرى لقياس الوقت لا يلاحظ التأخير الذى اعترى ساعته بالمقارنة بالأجهزة الأخرى، وحتى لو أنه استقصى عملياته الحيوية، فحاول مثلاً تقدير البرهة الزمنية بين وجبتين بناء على أثر الجوع، أو حاول حساب امتداد نومه الطبيعى بالساعة التى معه، فإنه يظل عاجزًا عن تحديد الفارق بين تجربته هذه وتجاربه السابقة المشابهة.

إذا أدركنا كل هذا جيدًا لعرفنا أن كل العمليات الحيوية المتعلقة بالجسم الإنسانى تتأسس على تغيرات كيميفيزيائية، وتستند أخيرًا إلى حركة الذرات والإلكترونيات، بيد أن هذه الجزيئات ستتراخى أثناء عملها تمامًا كما حدث للساعات المتحركة.

أدت هذه التأملات بنظرية النسبية إلى تأكيد أن ليس بالمستطاع أن يدرك الإنسان تأخير الساعة المتحركة مادام يقارنها بأشياء أخرى تسهم فى الحركة أيضًا، إن ما يبدو للنظار هو أن كل شىء على ما يرام أثناء الحركة، غير أن تأخير الساعة يتضح بالمقارنة بأشياء أخرى مستقلة عنها فى الحركة.

إن تطبيق العلاقات الفلكية، حيث المسافات هائلة والسرعات فائقة، يؤدى إلى نتائج باهرة، فلنفترض سفينة فضاء تسافر إلى المريخ Mars وبها أحد توأمين والآخر على الأرض، وتمر الأعوام، ويعود التوأم المسافر فيدرك أن شبابه لا يزال جديدًا، بينما مرت على سطح الأرض أضعاف الدورات التى مرت عليه هو

وأمثاله من المسافرين، ولو بقى هذا المسافر على الأرض طوال عمره لأدرك أنه لم يعيش أبدًا أكثر من بقية رفاقه، إلا أن باستطاعته الآن أن يصل إلى عصر مستقبل أبعد آفاقًا من الذى يعيش فيه أخوه هو وجيله، وهيهات لهؤلاء جميعًا أن يلحقوا بركابه.

أحدث هذا المثال دهشة وأثار الجدل حول نظرية النسبية، ولكن لا شك أن هذه نتيجة حتمية لنظرية النسبية تشير إلى صحتها كل الحقائق الطبيعية، وعلى فرض أن سفينة الفضاء تستطيع أن ترحل إلى الأبد رحيلاً متواصلاً فى الفضاء– وهذا ضرب من التخيل لا نثبته ولا ننفيه – فإنه يصح من الوجهة النظرية، إن المسافرين سوف يكبرون ببطء شديد كما هو وضاح من المثال السابق، وما لنا نستعجب من هذا الوهم الذى يمكن تصوره كمنتج، مثلما لاذ الخيال بوهم راهب "هايستریاخ". إن جدة هذا التنبؤ تعود إلى أنه خيال أروع من الحقيقة.

ولنضف استنتاجًا جديدًا إلى نظرية النسبية، فافتراض أنه لا توجد إشارة أسرع من الضوء، يؤدى إلى نتيجة محزنة، فالمسافة بين الأرض والشمس يقطعها الضوء فى 16 دقيقة ذهابًا وإيابًا، كما أن بعد المريخ عن الأرض قد يفوق أو يقل فالاتصال التليفونى بالمريخ يستغرق 16 دقيقة، أى أن على ساكن الأرض أن ينتظر ربع ساعة قبل أن يأتيه رد هاتفى من المريخ، وياله من زمن طويل يجعل من جهاز الهاتف شيئًا مزعجًا ! والوضع أكثر سوءًا بالنسبة للنجوم الثابتة وكواكبها، فأقرب نجم ثابت منا يقع على بعد 8 سنوات ضوئية، أى أننا يجب أن ننتظر ست عشرة سنة حتى يصلنا رد، أما النجم الأبعد فقد لا يتاح استقبال الجواب منها إلا لأحفادنا أو أحفاد أحفادنا.

إن الاستنتاجات المترتبة على نظرية النسبية لهى فى غاية الغرابة، إن نظرية تبدو على النسق الأمثل من إحكام التفكير تؤدى إلى غرائب تحاكى أساطير الشرق، إذ الحقيقة أكثر ثراءً من خيال الشعراء، ولسوف يطالع المرء

تأملات غريبة تنجم عن النظرية النسبية، هى أشبه ما تكون بصفحات كتاب غنى بالرسوم. إن نجاح هذه النظرية يكمن فى قوتها الإقناعية وفكرها الدقيق، فضلاً عن قدرتها الفائقة على شرح الحقائق التجريبية فى إطار نظرى موحد، وسنبين فى الفصول المقبلة ثراء هذا المنهج الفكرى فى علاقته بمشكلات أساسية أخرى.

obeikandl.com