نظرية النسبية الخصوصية

البحث الأول

الزمان ونسبيته

للدكتور اسماعيل أحمد أدهم

عضو أكاديمية العلوم الروسية

— ١ —

لنتصور قطاراً يتحرك من محطة القاهرة الساعة الثامنة، فما معنى تحركه الساعة الثامنة ؟ لا خلاف فى أن معناه أن آونة تحرك القطار وحادثة وقوف العقرب الكبير فى الساعة على الرقم «١٢» والصغير على الرقم «٨» متوافقان

ولقد يجول بخاطر الكثيرين أن فى هذا البيان الكشف عن حقيقة الزمان . وهذا ظن صحيح فيه من الوثوق الشيء الكثير لو كان العالم كله الساعة وما حولها . ولكن مثل هذه الفكرة هل تنطبق على حادثتين : الأولى حدثت فى مكان قصى عن مكان الأخرى ؟ فمثلا لو فرضنا حادثة مثل الحادثة «ا» حدثت فى الشمس، وحادثة أخرى مثل الحادثة «ب» حدثت على الأرض ؛ فهل فى الامكان النظر فى تواقتهما ؟

إن الاجابة على مثل هذه الأسئلة تتطلب منا أن نذكر أن مسألة التواقت مسألة ترجع لتساوى سير حركة الساعات فى مختلف الأمكنة، وهذا الأمر يرجعنا الى واسطة التعيين

لنفرض كرة مثل «ك» بها نقطتان ثابتتان، الأولى «ا» والثانية «ب»، وبكل نقطة من هاتين النقطتين توجد ساعة، ولنرمز لساعة النقطة الأولى بالرمز «س١»، ولساعة النقطة الثانية بالرمز «س٢»، ولنفرض أن المسافة بين هاتين النقطتين هى «م» ؛ فلكى نوحّد سير الساعتين نجد أمامنا إحدى طريقتين نسلك إحداهما لتوحيد سير ساعتى النقطتين : الطريقة الأولى تنحصر فى نقل الساعة «س١» والساعة «س٢» إلى مكان واحد، ثم ضبطهما هنالك على زمان واحد، ثم اعادة كل ساعة الى المكان الأول . والطريقة الثانية تستند على إشارة ضوئية من النقطة «ا» الى «ب» مثلا، فتضبط بناء عليها الساعة «س٢» زمانها حسب زمان الساعة «س١»

وهاتان الطريقتان لا زالتا مستعملتين إلى يومنا الحاضر فى حياتنا العملية ؛ فالسفن تتبع الطريقة الأولى عندما تضبط وقت ساعاتها حسب أزمنة الموانئ التى ترسو عليها ؛ وتتبع الطريقة الثانية بمراجعتها أزمنة ساعاتها وكرونومتراتها خلال سيرها باشارات التليفون اللاسلكى لتصحيح الفروق الناشئة فى الزمن من اختلاف خطوط الطول والعرض على سطح الكرة الأرضية . ويمكننا استناداً إلى هذه الظاهرة تقرير اختلاف الزمان ؛ غير أن هذا التقرير لا تكون له قيمة علمية إلا بعد تعميمه على الأكوان

فلنفرض فى كون مثل «ك» ساعة مثل «س»، فهل فى الامكان جعل ساعتين مثل «س١» و«س٢» فى كونين مثل «ك١» و«ك٢» تتحركان حركة انتقالية مستقيمة متساوية فى الزمان مع زمان الكون «ك» ؟

الاجابة عن هذه المسألة خارجة عن نطاق علم الطبيعة (Physics) مادامت هذه الأكوان يتحرك بعضها إزاء بعض حركات انتقالية ؛ ومهما كانت هذه الفروق المتولدة من هذه الحركات ضئيلة فمسألة تساوى الزمان فى هذه الأكوان أو عدم تساويه لا يمكن معرفتها إلا بالرجوع الى الاشارات الضوئية . والاستناد على الأمواج النورية فى تقرير تواقت الزمان قائم على ثبات سرعة النور، وهى وإن كانت سرعة محدودة إلا أنها سرعة فوق كل سرعة

وقضية ثبات سرعة النور تجرنا إلى معرفة حركات الأكوان المطلقة خلال الفضاء الأثيرى

بيان : اختصرت هذا البحث من كتابى : Die Grundlangen der Relativitaetsthearie; Leipzig. 1934 ، الذى أحاول نقله مختصراً إلى العربية تحت عنوان : « نظرية النسبية وفيزيقها الحديثة » وقد أوشكت على الانتهاء من جزئه الأول فى ٢٨٠ صفحة، وسيقدم إلى الطبع عن قريب . ومقال اليوم أول أربع مقالات سنطبعه :

١ : وحدة قوانين الطبيعة والبعد الرابع فى النسبية

٢ : مبادئ الميكانيكا الحديثة

٣ : مبادئ الديناميكا الجديدة

٤ : كون مينكوفسكى والفاصلات الفراغية والزمانية

وستكون هذه المقالات الخمس زبدة النسبية الخصوصية

اذا أرسلنا شعاعة نور في اتجاه سرعة الأرض فستكون سرعة هذه الشعاعة بالنسبة للشاهد الذي أرسلها من فوق الأرض :

« ٣٠٠,٠٠٠ ك م ـ سرعة الأرض في الفضاء الأثيري »

وفي حالة ارسال شعاعة النور في عكس اتجاه سرعة الأرض فستكون سرعة الشعاعة متضخمة بسرعة الأرض بالنسبة لمرسلها

« ٣٠٠,٠٠٠ ك م + سرعة الأرض في الفضاء الأثيري »

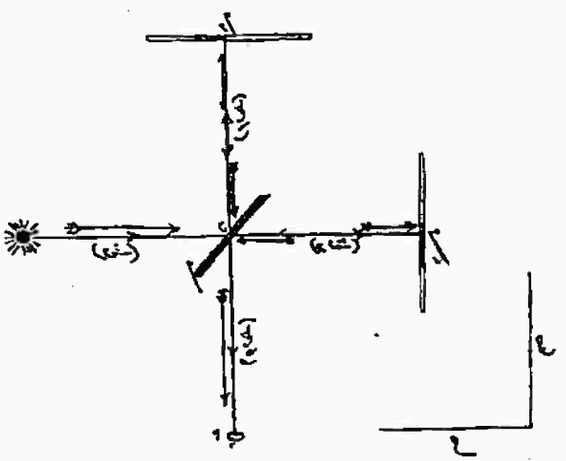
وكل التجارب التي أجريت في هذا الصدد أسفرت عن نتيجة سلبية

— ٢ —

لنفرض شعاعة نور مثل « س ع » تقع على مرآة نرمز لها بالرمز « م » ، وهذه المرآة نصف عاكسة ، فتشق شعاعة النور « س ع » شعاعتين : المعكوسة « س ١ » والمكسورة « س ٢ ع » ، وقد وضعت المرآة « م » بالنسبة لاتجاه الشعاعة « س ع » بحيث تجعل الشعاعتين « س ١ » و « س ٢ ع » متعامدتين إحداهما على الأخرى ؛ ولنفرض أنه قد وضعت في خط سير هاتين الشعاعتين وعلى بعد ثابت من المرآة « م » مرآتان أخريان ، الأولى « م ١ » والثانية « م ٢ » بحيث تردّان الشعاعتين « س ١ » و « س ٢ ع » إلى المرآة « م » ؛ وهنالك عند التقائهما ثانية تعكسان عكساً نصفياً فينحد الجزء المعكوس من الشعاعة « س ٢ ع » مع الجزء المكسور من الشعاعة « س ١ » في الشعاعة الأخيرة « س ٢ ع » ، فاذا ما سارت الشعاعتان مسافة واحدة من نقطة افتراقهما إلى نقطة التقائهما ثانية : أعني إذا كانت المسافة من « م » الى « م ٢ » تعادل المسافة من « م » الى « م ١ » تعادلا تاماً ، فانك إذا ما وضعت عينيك في الوضع « د » شاهدت الشعاعة « س ٢ ع » كاملة لا نقص فيها ؛ أما إذا كانت المسافة « م ـ م ١ » تنقص أو تزيد على المسافة « م ـ م ٢ » بما يعادل نصف موجة النور أو حاصلا صحيحاً لنصف موجة النور ، فان الشعاعتين تكونان قد ساوتا منذ افتراقهما إلى اتحادهما ثانية غير متعادلتين ، فينجم عن ذلك تداخل نوري بين حركة الموجتين يشف عن نظام تداخلي يتظاهر في شكل حلقات من النور والظلمة [1]

ولو فرض وأزحنا « م ١ » أو « م ٢ » قليلاً بمعنى أننا غيرنا تعادل المسافتين « م ـ م ١ » و « م ـ م ٢ » ألفينا هذه الحلقات تتحرك ، أو قل تتقلص شيئاً فشيئاً إلى أن تختفي في الوسط المشترك بينهما ، ثم تظهر حلقات جديدة من خارج النظام ، ويكون عدد ما يختفي معادلا عدد ما يظهر من الحلقات ؛ ومن مقدار تغير « م ـ م ١ » أو « م ـ م ٢ » نستطيع حساب الحلقات الواجب اختفاؤها على هذا المنوال . لهذا لو كان هنالك راصد مشاهد لهذا النظام ، وطفقت حلقاته تتقلص بغتة ، أمكنك أن تحكم يقيناً إن كانت المسافة « م ـ م ١ » أو « م ـ م ٢ » قد شرعت في التغير ؛ وإذا حسبت عدد الحلقات المختفية استطعت التنبؤ بمقدار تغير المسافتين

أجرى[1] الدكتور ميكلسون Michelson ، والأستاذ مورلي Morley تجربتهما بحيث كانت حركة الشعاعة موازية لحركة الأرض « ع » حول محورها مثلاً ، أي وضعت « م ١ » بحيث تكون المسافة « م ـ م ١ » ممتدة شرقا غربا ، فتكون لذلك الشعاعة « س ١ » متعامدة على اتجاه حركة الأرض حول محورها ، أي تكون ممتدة شمالا جنوبا في الاتجاه « ع »



شكل ياتي رقم « ١ » من كتاب :
Louis-Gustave du pasquier : Le principe de la Relativité et les théories d'Einstein. p. 44 7 ig : 6.

ولكن عند ما تنفصل الشعاعتان « س ١ » و « س ٢ ع » عند النقطة « ح » تسير كلتاهما بسرعة واحدة بالنسبة للفضاء الأثيري ، لأنهما كلتيهما تموج أثيري ، والاختلاف لا يكون إلا باسنادها إلى شيء آخر ، وليكن الجهاز : « جهاز ميكلسون —

1 : Louis Gustave du Pasquier : Le principe de la Relativité et les theories d' Einstein., Paris 1922., P 86 — 112.

(١) التجربة التي قضت على الأثير ١٩٣١ للقطف ، شارل مالك

مورلى» فتكون سرعة «س١» بالنسبة للجهاز غير سرعة «س٢» بالنسبة له ، لأن هذه الآلة تدور مع الأرض فى دورانها حول محورها ، والشعاعة «س١» متعامدة على السير بينما الشعاعة «س٢» موازية له ؛ فمن هذا الاعتبار ينتج أن سرعة «س٢» بالنسبة لجهاز ميكلصون عند ما تكون الشعاعة «س٢» سائرة نحو «م٢» هى :

صـ — ع ... ... «معادلة ١»

حيث أن «صـ» رمز لسرعة الضوء المنطلقة خلال الأثير ، و «ع» رمز لسرعة الأرض حول محورها . وعند ما تنعكس الشعاعة «س٢» عن «م٢» تصبح سرعتها بالنسبة للجهاز هكذا :

صـ + ع ... ... «معادلة ٢»

أما الشعاعة «س١» فلها نفس السرعة فى سيرها نحو «م٢» لأنها مركبة من سرعتين متعامدتين مثلا ، ولكنها فى ذهابها وإيابها فى كلتا الحالتين ستكون متعامدة على اتجاه سير الآلة أو الجهاز ، وستكون مقدار هذه السرعة :

$\sqrt{صـ^2 + ع^2}$ ... ... «معادلة ٣»

وذلك لأنها مركبة من سرعتين[1] .

على هذا الأساس رتب الدكتور ميكلصون وزميله الأستاذ مورلى جهازهما فى الأوضاع السابق ذكرها ، وأخذا يرقبان الشعاعة «س٢» من النقطة «ى» فارتسم أمامهما نظام متداخل ناجم عن تداخل الشعاعتين فى بعض ، وعند ما أديرت الآلة بكامل أجزائها حول المحور «ح» بحيث أصبحت «م٢ — م١» متعامدة على اتجاه حركة الأرض بعد أن كانت موازية ، واتخذت الشعاعة «م١ — م٢» وضعاً موازياً لحركة الأرض بعد أن كانت متعامدة . فكان المنتظر أن هذا التغيير يسفر عن تغير سرعة الشعاعتين بالنسبة للآلة فى الزمن الذى تستغرقه كل من الشعاعتين فى سيرها من المركز «ح» إلى المرايا العاكسة ورجوعها إلى «ح» ثانية . ومن البديهى أن الزمن الذى تستغرقه الشعاعة «س٢» فى وضعها الجديد أقل من الزمن الذى استغرقته وهى فى وضعها القديم ؛ أعنى أن شعاعة النور فى سيرها فى اتجاه متعامد — بشرط أن تنعكس الشعاعتان وتردا إلى مصدرهما ، وإدارة الجهاز حول محوره تسعون درجة — لا بد وأن تسفر عن ابطاء الشعاعة الواحدة فى رجوعها إلى «ح» واسراع الشعاعة الأخرى فى هذا الرجوع[1] .

هذا الابطاء والاسراع يؤثران فى النظام الداخلى ، إذ تنقص بعض الحلقات وتختفى حلقات الوسط وتبدو حلقات جديدة تتسرب للنظام من طرفه الخارجى . ذلك لأن تباطؤ الموجة الواحدة فى رجوعها يفضى الى تداخل جديد مع حركة الموجة الثانية التى أسرعت فى الرجوع[2] .

ولما كانت سرعة الأرض حول محورها معلومة ، وسرعة النور فى الفضاء الأثيرى معلومة كذلك ، فمن المستطاع قياس الفاصلتين «م — م» و «م — م٢» واستخراج طول موجة النور ، وبذلك يصبح من الممكن حساب التأخير اللازم حدوثه إذا ما أديرت الآلة ومقدار التغير اللازم طروؤه على عدد الحلقات من تقلص واحتجاب

على مثل هذا الأساس العلمى الدقيق أجريت تجربة ميكلصون ، ولكنها أسفرت عن نتيجة سلبية إذ لم تتغير الحلقات ووصلت الشعاعتان معاً . ثم أعيدت التجربة مع الدقة الشديدة ولكن لم تسفر عن نتيجة[3]

(بقية البحث فى العدد القادم) اسماعيل أحمد أدهم

(1): A. A. Michelson and E. W. Morley: The American Journal of Science and arts, Mew-Haven 31 (1886) P. 337., and (3) 22 (1681) p. 120.

(1): A. A. Michelson an. E. W. Morley: Philosophical Magazine of London., Edinburgh and Dublin. (5) 24. (1887) p. 449.

(2): M. Fitzgerald: Annalen der Pluysik, Leipzig. (4) 1907 p. 137.

(٣) اعتمدنا فى الكتابة عن تجربة ميكلصون إلى حد كبير على نص ماكتبه الأستاذ شارل مالك فى مقتطف اكتوبر ١٩٣١ تحت عنوان «التجربة التى قضت على الأثير» وقد اعتمدنا على هذا النص العربى لدقته

مجموعات الرسالة

ثمن مجموعة السنة الأولى مجلدة ٥٠ قرشاً عدا أجرة البريد
ثمن مجموعة السنة الثانية (فى مجلدين) ٧٠ قرشاً عدا أجرة البريد
وأجرة البريد عن كل مجلد للخارج ١٥ قرشاً