لباب النسبية مبسّطاً

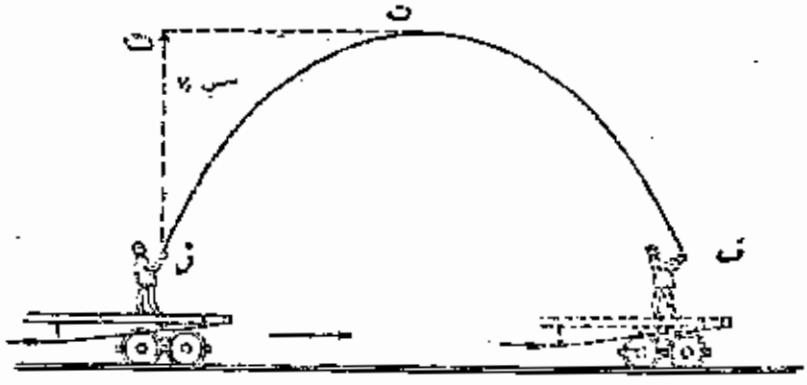
تعريفها وقسماها — مقامها في العلوم الطبيعية

لحنا غبار

زيد في قطار سريع ، يقطع تسعين كيلو متراً في الساعة . ورمى كرة الى الجو فصعدت الى علو ٦٤ قدماً ، ثم عادت راجعة الى اسفل . فأين تقع ؟ أوراءه ؟ ام امامهُ ؟ ام فوقه ؟

انها تقع فوقه ، لانها اكتسبت من سرعة القطار استمراراً ، لا تنزعه منها قوة الدفع السمتي من يد زيد . ولكن كيف رآها زيد ومن معه في القطار ؟ وكيف رآها عمرو ومن معه في الطريق ؟

رآها زيد ورفاقه قد صعدت وهبطت في خط مستقيم . أما عمرو وصحبهُ فرأوها قد سارت في قوس دائرة كما ترى في شكل ١



فأي الفريقين هو المصيب ؟ ازيد ام عمرو ؟ تقول النسبية ان كليهما مصيب . هذه الحالة تمثل لنا نظرتين . الاولى نظرة العالم الذي تبدو من زيد . والثانية نظرة النسبية تبدو من عمرو . هي صورة بسيطة ربما موقتاً من مواقف النسبية ، التي تحسب الخط المستقيم محدباً . وبحق تفعل ذلك . فالنسبية خطوة الى الامام في تفسير ظاهرات الكون . بها حوّل اينشتين قواعد غليليو ونيوتن ، كما حوّل كوبرنيقوس قواعد بطليموس . وكما حوّل دلتون ولافوازييه قواعد الكيمياء القديمة . وكما جدّد ليل في علم الجيولوجيا .

وداروين في البيولوجيا

وجاءت نظرية اينشتين متممة مسعى ميكلسن ومورلي الرامي الى اثبات حركة الارض في الاثير

بواسطة سير النور . وبالرغم من تكراره مراراً بين سنة ١٨٨٧ — سنة ١٩٠٥ — ١٩٢٥ لم يمكن ظهور اي اثر لحركة الارض في الأثير . فهل الأرض ساكنة ؟ او ان الأثير لا وجود له ؟ لا هذا ولا ذاك . فما هو اذاً تعليل الأمر ؟ لماذا لم يمكن اثبات حركة الارض بهذا الامتحان ؟

ذهب العلماء في تعليله مذاهب شتى . منها ان الأثير الملامس سطح الكرة يشترك معها في حركتها في شكل ثيار . فلا يمكن ادراك حركتها فيه . ومنها ان المادة تتقلص في اتجاه حركتها . قاله فتزجرالد الارلندي . وقد ابان لورنتز الهولاندي مقدار التقلص بالحسابات الرياضية وهو $\frac{1}{200\ldots\ldots}$ من قطر الارض

اما اينشتين فيقول ان التقلص ظاهري لا واقع . وخلاصة نظريته ان لا حركة مطلقة في الكون . ولا سكون مطلق كذلك

فالمادة بأجمعها من اكبر كتلة كابط الجوزاء ، الى الفوطون وهو جزء واحد من عشرة آلاف جزء من الكهرب ، اقول ان جميع هذه الاجسام متحركة حركة نسبية احدها الى الآخر

وقد قسم اينشتين النسبية الى قسمين : — ١ً النسبية الخاصة . وموضوعها الحركة القياسية غير الدورانية . وقد اعلن هذه النظرية سنة ١٩٠٥ :— ٢ً النسبية العامة وهي تبحث في جميع الحركات قياسية ومتفاوتة ودورانية . وقد اعلن هذه سنة ١٩١٥

النسبية الخاصة

اوضحها اينشتين في كتاب «نظرية النسبية الخاصة والعامة»[1] ويمكن تلخيص كلامه في ما يأتي :

زيد في قطار يسير سيراً قياسياً بالنسبة الى عمرو في المحطة . وهنالك غراب طائر في الجو فوق القطار . فطيران الغراب حادثة طبيعية ، شهدها اثنان ، احدهما ساكن ، والآخر متحرك بالنسبة اليه في خط مستقيم غير دوراني . قال اينشتين : نواميس الظاهرة الطبيعية هي هي سواء قيست بدليل (هيكل استاد) م او مَ المتحرك حركة « نسبية » الى م قياسية :

وقد اوضح ذلك هري تمدت في كتابه النسبية والكون ٦٦ — Relativity & The Universe 86

وهذه صورة قاعدة النسبية الخاصة فيها : جميع الظاهرت ، ليس الميكانيكية فقط ، بل ايضاً الكهربائية والمغنطيسية والبصرية ، تحدث في نمط واحد سواء اعتبرت بدليلات ساكنة ، او بدليلات متحركة حركة نسبية الى الساكنة حركة قياسية غيردورانية :

فمن ذلك : ان سرعة النور في الفضاء ثابتة السرعة لكل مراقب ، ومستقلة عن حركة مصدرها وناظرها : اي لا فرق بين ان يكون مبعث النور متحركاً او ناظره او كلاهما . ولذلك لا يمكن اثبات حركة الارض في الاثير بواسطة سير النور ، او بغيره من الظاهرات الكهربائية والمغنطيسية والميكانيكية

(١) Relativity, The Specific & General Theory فصل خامس ص ١٢—١٥

وبعبارة اخرى ان العلم الطبيعي عاجز عن اثبات الحركة المطلقة . جاء في كتاب النسبية والكون ص ٧٠ — ٨٥ ذكر نتائج النسبية الخاصة

١ً : لا يمكن تأكيد التعاصر (التواقت) في حادثتين . فقد يراهما مراقب في وسط من الاوساط انهما قد حدثتا معاً في وقت واحد . ولكن مراقباً آخر في وسط متحرك يراهما متواليتين

٢ً : الفترة الزمانية بين حادثتين معلومتين . قد يرد في طولها حكمان متباينان يعني ان الزمان نسبي لا مطلق

٣ً : الفترة المكانية بين حادثتين معلومتين يحكم على طولها احكام مختلفة باختلاف هيا كل الاسناد Co-ordinates : او الدليلات . يعني ان المسافة نسبية

٤ً : الحجم نسبي لا مطلق . وذلك يتعارض ومبدأ نيوتن القائل بثبوت المادة

٥ً : الشكل نسبي . فالدائرة في عين زيد مع هيكل اسناد واحد ، قد تكون اهليليجاً في عين عمرو مع هيكل اسناد آخر . والمربع في نظر هذا قد يكون مستطيلاً قائم الزوايا في عين ذاك

نسبية الزمان[1] : اذا كان هنالك ساعتان من معمل واحد ومن تركيب واحد ومزايا واحدة في كل شيء ولكن احداهما في جيب كاتب على كرسيه ، والاخرى في جيب طيار يقطع ٦٠٠ كيلو متر في الساعة . فان الاولى تسبق الثانية سرعة وكلما زادت سرعة الوسط بطؤت حركة الساعة ، وحركة المعدة ونبض القلب — وعلى ذلك قد يولد اثنان في ساعة واحدة ويموتان في ساعة واحدة . ومع ذلك يكون احدهما قد عاش سبعين سنة والآخر قد عاش سنة واحدة لان الاول عاش في ارضنا ، والآخر في جرم سريع الحركة جداً بالنسبة الى حركة ارضنا والمفروض ان سرعته ١٦١٠٠٠ ميل في الثانية . فسنة هنالك تعدل سبعين سنة في ارضنا

القطار متحرك ——— متر على القطار

مكانه على الارض ثابت ——— متر على الارض

كما يراه انسان على الارض ——— متر على القطار

القطار ساكن ——— متر على الارض

الارض متحركة ——— متر على الارض

(ش ٢)

نسبية الحجم : انظر (ش ٢) فان المتر الواحد يظهر لك في حال اسراعه نصف متر

النسبية العامة

وموضوعها الحركة من حيث هي قياسية او دورانية او لولبية او غير ذلك

(١) انظر ٣٨ من كتاب ادنتن The Nature of the Physical World

بسط الكلام فيها الاستاذ اينشتين في كتابه المذكور آنفاً ص ٥٩ — ١٠٥. وتمهيداً لها اوجه نظر القارىء الى : « الابعاد الاربعة »

ان فضاء نيوتن هو فضاء اقليدسي ، ثلاثي الابعاد ، طول وعرض وعمق. على هذا جرى العلماء من ايام اقليدس الى ١٩٠٥ لما ابرز منكوفسكي رأيهُ في عالمنا . يقول اينشتين ان المادة ساكنة في جو اقليدسي ، لا تؤلف عالماً . لان ليس عالمنا عالم جمود واستقرار ؛ بل هو عالم حادثة ، فلا تكفي الابعاد الثلاثة لتعيين الحادثة ، بل تلزم اضافة بعد رابع اليها هو الزمان

فالجراف تسبلين وهو طائر من فريدركسهافن الى نيويورك بطريق روسيا فسيبيريا فاليابان فالباسيفيك ، لا يمكن تعيين موقعه دون ذكر الزمان ، فلا يفيد قولنا ان الجراف تسبلين هو في طول كذا وعرض كذا وارتفاع كذا ، ما لم نقل « في وقت كذا » . لانهُ في كل ثانية يشغل حيزاً يختلف عما قبله

قال منكوفسكي ان الزمان وحده ، او المكان وحده ، او المادة وحدها ، وهم وخيال ، ما لم تجتمع الثلاثة معاً . (كتاب النسبية والكون ص ٩٨)

ويقول اينشتين : عالمنا امتداد زماني مكاني . وفضاء اقليدس ليس عالماً لانهُ ثلاثي الابعاد . فالعالم في عرف منكوفسكي : مشهد الظاهرة : ولا تكون الظاهرة دون زمان ، كما انها لا تكون دون مكان . وكلام اينشتين هذا يوافق رأي « كنت » الفيلسوف الالماني العظيم ، الذي يرى ان المكان والزمان ملابسان لا يمكن فهم شيء في عالم المادة من دونهما فعالمنا زماني مكاني رباعي الابعاد (ط : ع : س : ز) وهي احرف ترمز الى الطول والعرض والسمك والزمان على الترتيب

بدأ اينشتين الكلام في النسبة العامة في الفصل الثامن عشر من كتابه . قال : لقد كان مبدأ النسبية الخاصة محور ابحاثنا السالفة . ومفواه ان « كل حركة هي نسبية » وسواء اتخذنا المحطة او القطار المتحرك حركة نسبية موقتاً لنا ، فالنواميس العامة هي هي بحكم الاختبار ، المبني على هيكل اسناد غليلي ، ساكناً او متحركاً حركة قياسية . ولا يشمل الاجسام المتحركة حركات منوعة . كما نعني بالنسبية العامة . وفي هذه نواميس الظاهرات الطبيعية هي هي سواء قيست بدليل اسنادم او م المتحرك نسبيًّا « ايَّة حركة ايما كان »

وبعبارة اخرى : جميع الاجسام ساكنة الدليلات (هياكل الاسناد Co-ordinates) او متحركتها « اي نوع من الحركة » هي صالحة لوصف الظاهرات الطبيعية (اي لتأليف النواميس الطبيعية العامة مهما يكن نوع حركتها) وتلا ذلك كلامه في الفصل ١٩ في منطقة الجذب gravitational field وهنا يصدم نيوتن صدمة عنيفة . بأن الجاذبية والاستمرار سيَّان . قال : اقلتنا حجراً من يدنا فسقط على الارض . ولماذا ؟ الجواب العادي عن هذه المسألة هو : ان الارض جذبته : ولكن الطبيعيات الحديثة تصوغ الجواب في صورة اخرى . لان درس الظاهرات الكهربائية درساً دقيقاً اثبت لنا

استحالة الفعل من بعد دون واسطة توصل اثر الفاعل الى المفعول به . فاذا جذب الحديد مغنطيساً دون اتصاله به فلا تقول اذ ذاك بالفعل عن بعد . بل نرى مع فاراداي ان المغنطيس ينشىء حوله شيئاً طبيعيًّا ندعوه المنطقة المغنطيسية magnetic field : فيجذب الحديد ضمن حدود هذه المنطقة . على هذا النحو تحسب تأثيرات الجاذبية . فان الكرة الارضية تنشىء حولها منطقة جذب . وضمن حدود تلك المنطقة تفعل في الحجر ، الذي وأيناه يهبط الى سطح الارض . ونعلم بالاختبار ان ذلك الجذب ينقص كلما بعدت المادة عن الارض (بدليل خفة الوزن كلما علونا)

على ان فعل الجاذبية في منطقتها يخالف فعل الكهربائية في منطقتها ، ويخالف كذلك فعل المغنطيسية في منطقتها ، وذلك في انهُ يحدث حركة متسارعة — كما في الاجسام الساقطة . ولا يتوقف ذلك على حجم المادة الساقطة ولا على نوعها . فجميع الاجسام تسقط بسرعة واحدة على سطح الارض . كتلة الحديد كقصاصة الورق حيث لا هواء يؤثر في هبوط الورقة مثلاً

فالجاذبية والاستمرار سيان . وقد مثل على ذلك في الفصل العشرين بمثل الصندوق المائل . قال ما خلاصته : —

لنفرض ان الفضاء خالٍ من الاجرام . فلا شموس ، ولا سيارات ، ولا اقمار ، ولا ولا . . . ليس هناك الاَّ صندوق هائل في عرض الفضاء ، في سقفه حلقة كبيرة معلقة بحبل ، لا يراها الذين هم في الصندوق . حيث لا اجرام هنالك فليس ثمة جذب يهبط بالمواد الى اسفل نحو المركز . فتبقى الاشياء في الصندوق حيث وضعناها في منتصفه او فوق ذلك . ولا تهبط الى ارضه ولا تميل الى احدى الجهات الاربع ضمن الصندوق

ولكن في ذات يوم جذبت قوة عالية الصندوق بواسطة الحبل المربوط بالحلقة . فارتفع الصندوق مقسوراً . اما الاشياء التي ضمنه فظلت حيث هي . فلما ارتفع الصندوق صدمت ارضه تلك الاشياء . فنقول انها قد هبطت ، لاننا لم نشعر بحركة ارتفاع الصندوق ، بل شعرنا بهبوط الاشياء على ارضه وقد نعلل تلك الظاهرة بتعليل مألوف عندنا وهو : ان قوة خافية تحت الصندوق جذبت الاشياء التي فيهِ الى اسفل

وسواء كان الصندوق قد جذب الى فوق بالحبل ، او ان الاشياء قد جذبت الى اسفل بقوة خافية ، على الحالين ان الاشياء لاذت بأرض الصندوق . ولا مزية لاحد التفسيرين على اخيهِ . فالاستمرار والجاذبية سيان : (طبيعيات عامة : ص ٦٨٥)

***

على هذا النحو يمكن تجريد مبدأ النسبية فيشمل كل الحركات في الكون . وعليه فالمنطقة الجاذبية ظاهرة لا غير . يلي ذلك تبيان اينشتين عجز النسبية الميكانيكية والنسبية الخاصة عن تفسير الكون ، واحتياجنا الى النسبية العامة . وهو موضوع الفصل ٢١ . قال : —

يتلخص ناموس الميكانيكا الكلاسيكية بهذا النص — تستمر الذرات المادية المتباعدة سائرة في خطوط مستقيمة، او تبقى ساكنة : وقد ابنا ان ذلك يصح في وسط ساكن، او سائر سيراً قياسيًّا فاذا اختلفت الاقيسة باختلاف الاوساط تخلف هذا الحكم . فاذا راقبنا تلك الذرات من وسط سريع الحركة تشعر انهُ ساكن ، ظهرت لنا تلك الذرات متحركة لا ساكنة

وقد ذكر هنا مثال الحلل فيها ماء موضوعة على مصابيح الطبخ وهي اكفاء في كل شيء . الاّ ان الماء جعل يتبخر ويغلي في بعض الحلل دون البعض الآخر . ولدى التفحص وجدنا تحت الحلل الساخنة المياه ، شيئاً صاعداً من المصابيح ازرق اللون ، في صورة شعاع . فسبناه علة غليان الماء . وان لم يسبق لنا مثل ذلك الاختبار . لذلك ارتأى ا . ماش انهُ يجب ان تبنى الميكانيكا على اسس جديدة . تنطبق على قواعد النسبية العامة

مستندات اينشتين في تأييد النسبية العامة ثلاثة :

الاول : انحراف اشعة النور لدى مرورها بجسم في عرض الفضاء وقد اباح بالمعادلات الرياضية ان ذلك الانحراف يجب ان يكون ١٫٧٠ وقد اثبت ذلك رصد كسوف الشمس سنة ١٩١٩ . (راجع الكون المتسدد ص ١) . الثاني: تعليل عقدة عطارد (الكون المتسدد ص ٢٥) . افلاك السيارات حول الشمس اهليليجيات وتكون السيارات في اقرب موقع من الشمس في نقطة خاصة في فلكها لا تتجاوزها ، والشمس في محترقها الاقرب الى السيار . وهذا الحكم نافذ في كل السيارات الاّ عطارد . فان تلك النقطة تنحرف نحو ٤٣" في كل قرن . هذه هي عقدة عطارد . وقد حار العلماء في امرها

فلما وضع اينشتين قواعد النسبية العامة اباح بالادلة الراهنة لزوم ذلك الانحراف لوجود شيء في الفضاء يوجبه . الاّ ان مقداره في غير عطارد زهيد جدًّا لا يشعر به . فعلل اينشتين بالنسبية ما كان يحسب عند العلماء من الشواذ

الثالث : حيود الفسحات المظلمة في خطوط فرنهوفر نحو الاحمر . وهذا من ادق مباحث النسبية واعمقها . وهو يتناول الظاهرة البصرية والظاهرة المغنطيسية معاً

***

يصحب التيار الكهربائي حتماً فعلٌ مغنطيسيٌّ فلو كان جسم مشحون كهربائية ساكناً فليس هنالك حقل مغنطيسي . ولكن لو راقب ذلك الجسم مراقب في جرم متحرك حركة سريعة جدًّا . وهو يشعر ان موطنه ساكن وان الارض الحاملة الجسم المكهرب هي المتحركة تلك الحركة السريعة جدًّا لشهد الحقل المغنطيسي وشهد معه حيود فسحات فرنهوفر المظلمة نحو الطيف الاحمر . وهذه المستندات الثلاثة اي انحراف الاشعة وتعليل عقدة عطارد وحيود الفسحات المظلمة في خطوط فرنهوفر نحو الاحمر ، جاءت مؤيدة لنظرية اينشتين . والذي اعلمه ان جمهرة العلماء الطبيعيين في كل الدنيا قد قبلوها كقضية راهنة