

النسبية بين النظرية والتطبيق

أحمد محمود عبد اللطيف

قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة بابل

◆ ان النظرية النسبية لأينشتاين تعد بحق واحدة من أعظم إنجازات العقل البشري على مر العصور.

◆ وهي تكون مع النظرية الكمية أساس الفيزياء الحديثة.

◆ إن أهمية النظرية النسبية لا تكمن في أساسها المحكم ونتائجها العلمية والتطبيقية فحسب، بل أن لها أبعادا فلسفية عميقة، فقد أحدثت زلزالا ثوريا في نظرتنا إلى مفاهيم كانت تعتبر مطلقة لغاية بداية القرن العشرين مثل الزمان والمكان وهندسة الفضاء.

النظرية النسبية
تتكون من جزأين هما
النسبية الخاصة
والنسبية العامة

النسبية الخاصة

◆ وضعها أينشتاين عام ١٩٠٥ ، وهي تختص بالمراجع القصورية التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض بسرعة ثابتة، وتستند على فرضيتين أساسيتين:

١. إن قوانين الفيزياء لها صيغ متكافئة في جميع المحاور المتحركة بسرعة ثابتة بالنسبة لبعضها البعض.
٢. إن سرعة الضوء في الفراغ لها قيمة مطلقة بالنسبة لجميع المراجع بغض النظر عن سرعتها النسبية.

أهم نتائج النسبية الخاصة

أولاً:- إن الزمن ليس مطلقاً بل يعتمد على السرعة النسبية فهو يتباطأ في المراجع التي تتحرك بسرعة (v) حسب العلاقة:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \dots \dots \dots (1)$$

◆ وحسب هذه المعادلة فإن سفينة فضائية افتراضية لو انطلقت بسرعة مقاربة لسرعة الضوء، واستغرقت رحلتها عدة أسابيع بالنسبة لراكبيها، فإنها عندما ترجع للأرض تكون قد انقضت مئات السنين على سطح الأرض!!

◆ ولكن كيف يمكن التحقق من هذه النتيجة عمليا؟

◆ إن أول من قام بهذا هو العالم آيفز (Ives) عام ١٩٣٦

حيث استطاع ان يعجل ذرات الهيدروجين إلى سرع هائلة، وحسب مدة ذبذبة الالكترتون، فوجدها أطول من مدة ذبذبة الكترون الذرة الساكنة، وبما يتفق تماما مع المعادلة (1)

◆ وعلى الرغم من أن الزمن نسبي، إلا أن تسلسل الأحداث هو نفسه لجميع المراقبين بغض النظر عن حالتهم الحركية.

◆ وهذا يعني إن الزمن لا يمكن أن يعود للخلف.

◆ كذلك فإنه ليست هناك إمكانية للتنبؤ بأحداث المستقبل.

- ◆ أن المعادلة (٢) يمكن بواسطتها أن نفسر اضمحلال الميزونات μ . فهذه الجسيمات الأولية تتكون في طبقات الجو العليا، وعلى ارتفاع يزيد على (٦) كم، بواسطة الجسيمات السريعة للأشعة الكونية.
- ◆ وهي تتحرك بسرعة:

$$2.994 \times 10^8 \text{ m / s}$$

أي ما يعادل (٠.٩٩٨) من سرعة الضوء.
ولكن هذه الجسيمات تضمحل بمتوسط عمر قصير قدره

$$t_o = 2 \times 10^{-6} \text{ s}$$

◆ أي أنها تتحرك خلال هذه المدة مسافة قدرها:

$$y = vt_o = 2.994 \times 10^8 \times 2 \times 10^{-6} = 600m$$

اذن فكيف تصل إلى سطح الأرض؟
أن حل هذا الأشكال يمكن بالرجوع للمعادلة (٢)

$$y = y_o \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

$$y_o = \frac{y}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} = \frac{600}{\sqrt{1 - (0.998)^2}} = 9.5km$$

◆ ثالثاً:- زيادة الكتلة بزيادة السرعة

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \dots\dots\dots(3)$$

الاثبات العملي:

١. تجارب (Kaufmann) عام ١٩٠٦.
٢. تجارب (Bucherer) عام ١٩٠٩.
٣. نموذج سمر فيلد عام ١٩١٦ وانشقاق خطوط طيف الهيليوم الذي اكتشف من قبل (Paschen) عام ١٩١٦.
٤. المختبر الوطني في (Brookhaven) عام ١٩٥٢ تمكن من تعجيل البروتونات الى ٩٥% من سرعة الضوء فزادت الكتلة ثلاثة أضعاف.

٥. أما معهد التكنولوجيا في كاليفورنيا فقد تمكن عام ١٩٥٢ من
تجديد الإلكترونات إلى سرعة ٩٩.٩٩٩٩٩% من سرعة
الضوء فزادت الكتلة ٩٠٠ مرة!

رابعاً:- علاقة الكتلة بالطاقة

$$E = mc^2 \dots\dots\dots (4)$$

هذه المعادلة تعد من أشهر المعادلات في تاريخ العلم.
فعلى الرغم من بساطتها الظاهرية، إلا إنها تحمل مضامين
ثورية؛

- ◆ فقد أثبتت أن الكتلة والطاقة وجهين لعملة واحدة.
- ◆ وفتحت المجال لإنتاج الطاقة النووية.
- ◆ وأمكن من خلالها تفسير أصل طاقة الشمس والنجوم، فالشمس مثلا تفقد يوميا (4×10^{11}) طنا من كتلتها لتحولها إلى طاقة.
- ◆ ومع ذلك فإن هذا الرقم لا يدعو للقلق، فإن الشمس يقدر لها أن تستمر في الحياة إلى عدة مليارات من السنين.

◆ وقبل أن ننهي كلامنا عن النسبية الخاصة، نطرح هذا اللغز الحسابي:

$$1 + 1 = ? 1$$

في الرياضيات هذا غير ممكن، ولكن في النسبية فإن هذا جائز:

$$v_x = \frac{v_x + v}{1 + \frac{v v_x}{c^2}}$$

$$v_x = \frac{c + c}{1 + \frac{cxc}{c^2}} = \frac{2c}{2} = c$$

النسبية العامة

- ◆ لا تقل النسبية العامة ثورية عن النسبية الخاصة بمنطلقاتها ونتائجها وتفسيراتها الفلسفية.
- ◆ وقد وضعها أينشتاين عام ١٩١٦ ليعمم الحالة إلى المراجع التي تتحرك بالنسبة لبعضها البعض بتعجيل.
- ◆ الأساس التجريبي الوحيد لهذه النظرية هو تكافؤ الكتلة القصورية مع الكتلة الثقالية.
- ◆ الكتلة القصورية هي مقياس لمقاومة الأجسام لتأثير القوى وهي تظهر في قانون نيوتن الثاني ($F = ma$).

◆ الكتلة التثاقلية هي مصدر المجال الجذبي، وهي تظهر في قانون الجذب العام: $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

◆ ولكي نوضح مبدأ تكافؤ الكتلة القصورية مع الكتلة التثاقلية، نضرب المثالين الآتيين:

١. مركبة فضائية تتحرك خارج نطاق الجاذبية بتعجيل $9.8m/s^2$ ، فإن رواد الفضاء سيشعرون أنهم على سطح الأرض.

٢. مصعد يسقط سقوط حر، فإن ركاب المصعد يشعرون بانعدام الوزن!

◆ من مبدأ تكافؤ الكتلة القصورية مع الكتلة الثقالية، أنطلق أينشتاين، ومن خلال رياضيات معقدة، في بناء النسبية العامة.

◆ والتي فسّر من خلالها الجاذبية على أساس إنها مجال يحيط بالكتل مشابه للمجال الكهربائي المحيط بالشحنات.

◆ أي إنه أستبدل نظرية نيوتن في الجذب من قوة متبادلة إلى مجال جذبي تكونه الكتل، فتتحرك الأجسام على أساس تغير هذا المجال.

◆ فالجاذبية عند نيوتن قوة، ولكنها عند أينشتاين مجال.

- ◆ والجاذبية في النسبية العامة أكثر شمولاً و دقة من قانون الجذب العام لنيوتن.
- ◆ فقد استطاعت هذه النظرية تفسير لغز كوكب عطارد، الذي ينحرف مساره بمقدار 43 ثانية قوسية ($\frac{1}{3600}$ من الدرجة) كل 100 عام.
- ◆ حيث إن المعادلة الأكثر دقة للقوة بين جسمين حسب النسبية العامة هي:

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^{2.00000016}} \dots \dots \dots (5)$$

◆ وإذا كانت الكتل تسبب مجالات جاذبية حولها وتسبب تحديدا في الزمكان الرباعي الأبعاد حولها، فهذا يقودنا إلى الاستنتاج المنطقي التالي:

◆ إن هندسة إقليدس لم تعد دقيقة لوصف الفضاء الكوني، وعليه فإن زوايا المثلث ليست بالضرورة تساوي ١٨٠ درجة، وإن محيط الدائرة ($\delta \neq 2 \Pi r$) وإن المستقيمات المتوازية يمكن أن تلتقي!

◆ إذن فهندسة الكون الدقيقة هي هندسة ريمان المنحنية، والفضاء الكوني هو فضاء منكوفسكي رباعي الأبعاد.

◆ ولكن ما هو الإثبات العملي لذلك؟

◆ فإذا كان الفضاء محدباً، فإن شعاع الضوء سوف لن يسير بخط مستقيم، بل بمسار منحنى.

◆ وهذا ما تم إثباته عملياً، ففي عام ١٩١٩ قامت بعثتان بريطانيتان تضمان أشهر الفلكيين (أحدهما ذهبت إلى البرازيل والأخرى إلى غينيا) بتحديد موقع أحد النجوم بالنسبة إلى خلفية المجرات؛ مرة بوجود الشمس (أثناء الكسوف) و مرة أخرى بغيابها:

◆ فتبين للبعثتين أن هناك انحرافاً في مسار الضوء نتيجة لمروءه قرب مجال الجاذبية للشمس، وهذا الانحراف مقداره ١.٧٤ ثانية قوسية، وهو بالضبط ما تنبأت به النسبية العامة!!

- ◆ ومن النتائج الأخرى المتوقعة من خلال النسبية العامة، هي تباطؤ الزمن عند ازدياد الكتلة.
- ◆ و قد حسب أينشتاين الزمن في الشمس، فوجد أن الثانية هناك تساوي 1.000002 ثانية أرضية.
- ◆ وللتحقق من هذه النتيجة عمليا، فقد حاول العلماء تحليل الذبذبات القادمة من الشمس، ولكن الفرق الضئيل في التردد جعل من إمكانية التحسس بهذا الفرق صعبة.
- ◆ ولذلك تحولت الأنظار إلى نجوم الأقزام البيضاء وهي نجوم ذات كثافة هائلة، وأحدها هو الشعري اليمانية الذي تبلغ كثافته 25000 مرة بقدر كثافة الشمس.

◆ وبتحليل طيف الضوء القادم من هذا النجم، وجد أن هناك
اختلافاً واضحاً في تردد طيف العناصر مقارنة مع نظيراتها
على الأرض، وكان هذا دليلاً قوياً على صحة تنبؤات النسبية
العامة في تباطؤ الزمن عند الكتل الكبيرة.

وَشَكَرُوا الْحَسَنَ

إِصْفَاءُكُمْ