النسبية

المحاضرة الثالثة

الزمن النسبي (تمددالزمن) Time dilation

لقد استخدمنا فرضيات النسبية الخاصة لدراسة كيف ان الحركة النسبية تؤثر قياسات الفترات الزمنية والأطوال .

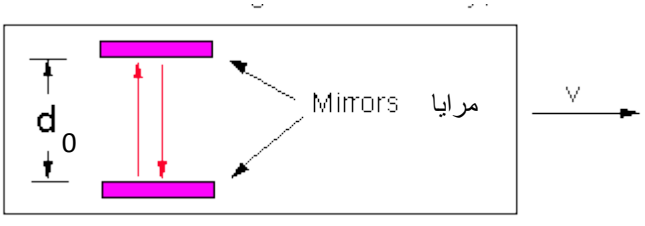
نابض ساعة متحركة بالنسبة لمشاهد يتذبذب بسرعة أبطأ مما لو كانت الساعة ساكنه بالنسبة له اي لو كان شخص على متن طائره يلاحظ فتره زمنيه t_0 بين حدثين في الطائرة فاننا على الأرض سوف نلاحظ فتره زمنيه t اطول من t_0 بين نفس الحدثين .المقدار t_0 ،الذي يحدد الفتره الزمنيه بين حدثين يقعان في نفس المكان بالنسبة لمرجع الراصد ، يدعى بالزمن الحقيقي proper Time بين الحدثين .عندما نرصد الحالة من الارض نلاحظ ان الحدثين اللذين يحددان بداية ونهاية الفترة الزمنية يكونان في موقعين مختلفين . ونتيجة لذلك فان الفترة الزمنية بين الحدثين تظهر اطول من الزمن الحقيقي، هذه الظاهرة تدعى بظاهرة تمدد الزمن .

يمكن اشتقاق معادلة الزمن النسبي بافتراض وجود ساعتين ضوئيتين متماثلتين .

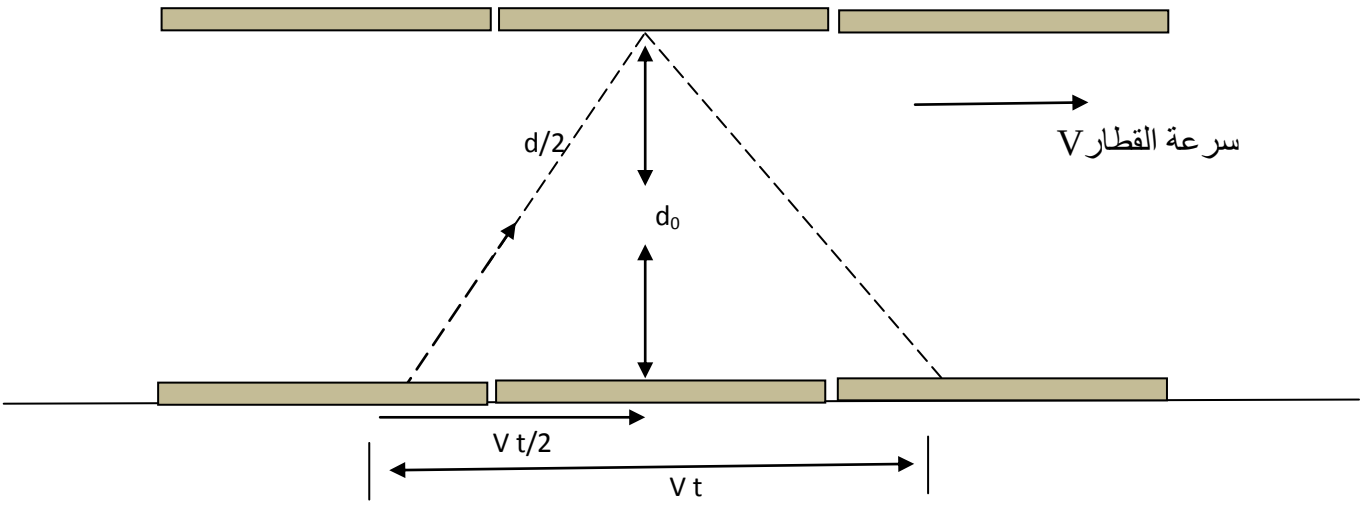
*الساعة الاولى ثابتة على سطح الارض .الساعة الثانية مثبتة داخل قطار يسير بسرعة نسبية(محور الساعة عمودي على الحركة) .

*المراقب الثابت يقيس الزمن اللازم لنبضة الضوء لتصل من المراءة الاولى الى الثانية :

$$t_O = 2d_0 / c \ldots\ldots\ldots (1)$$



المراقب يشاهد الساعة المتحركة بالشكل التالي(حيث ان $t^{\prime}$ الزمن المحسوب من قبل المراقب على سطح الارض ،اي لحظة انطلاق النبضة فان المرايا ستقطع مسافة $V\,t^{\prime}$) :



$$(d/2)^2 = d_0^{\,2} + (\frac{vt}{2})^2$$

$$(\frac{ct}{2})^2 = d_o^{\,2} + (\frac{vt}{2})^2$$

$$\frac{t^2}{4}(C^2-V^2) = d_o^{\,2}$$

$$t^2 = \frac{4d^2}{c^2 - v^2} = \frac{4d^2}{c^2(1-\frac{v^2}{c^2})}$$

$$\boldsymbol{t = \frac{2d_0/c}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}}$$

اذن من المعادلة 1:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

يلاحظ ان:

1 - سرعة الضوء هي اعلى سرعة معروفة وليس هناك جسيم يسير بسرعة الضوء اي ان v<c دائما وهذا يعني ان الكميه تحت الجذر تكون موجبه واقل من الواحد ، اذآ فان الزمن الذي يقيسه المراقب O' اقصر من الزمن الذي يقيسه المراقب O

2 - عندما تكون v<<c (السرعة العادية وتؤول معادلات التحويلات النسبية الى المعادلات الكلاسيكيه وهذا يعني ان المعادلات الكلاسيكيه في حاله خاصة من التحويلات النسبية عندما تكون السرعة صغيره جدآ .

v<<c عندها يكون t=t'

مثال / ما السرعة التي يجب إن تسير بها مركبه فضائيه بالنسبة للأرض لكي يمضي يومان بالنسبة للأرض مقابل كل يوم في السفينة ؟

الحل/

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$2(day) = \frac{1(day)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{3}{4}} \quad c$$

$$v = 2.6 \times 10^8 \text{ m/s}$$

س/H.W مراقب ساكن بالنسبة لبندول ، قيست فترة البندول وهو في مرجعه وكانت 3 ثانية .لو ان البندول تجاوز مراقب ساكن بانطلاق 0.95 C .فكم تكون فترته المقاسة

الاثبات العملي لتمدد الزمن :

* في عام 1971 قام العلماء بتجربة حول نسبية الزمان، فتم وضع أربع ساعات ذرية من السيزيوم على طائرات نفاثة تقوم برحلات منتظمة حول العالم، في اتجاهات شرقية وغربية. وبمقارنة الأزمنة التي سجلتها الساعات على الطائرات مع الزمن الذي سجل بمرصد البحرية الأمريكية، وجد أن الزمن المسجل على الطائرات أبطأ منها على الأرض بفارق ضئيل يتفق مع قوانين النسبية الخاصة.

* وفي عام 1976 وضعت ساعة هيدروجينية في صاروخ وصل إلى ارتفاع 10,000 كيلومتر عن سطح الأرض، حيث أصبحت الساعة على الصاروخ في مجال جاذبي أضعف منها على سطح الأرض (وهذه التجربة لها علاقة بالنظرية النسبية العامة التي تدرس العلاقة بين الزمن والجاذبية). وقورنت إشارات الساعة على الصاروخ بالساعات على الأرض، فوجد أن الساعة على الأرض أبطأ منها على الصاروخ بحوالي 4.5 جزء من عشرة آلاف مليون من الثانية، بما يتفق مع تنبؤات النسبية العامة بدقة عالية. والساعة الهيدروجينية الحديثة تعمل بدقة يعادل فيها الخطأ ثانية واحدة في كل ثلاثة ملايين سنة.

وهذه القياسات تثبت الضاهرة المعروفة بتمدد الزمن، والتي تعد اهم تنبؤات النظرية النسبية. فالتجربة الأولى تثبت أن الزمن (يتمدد) كلما ازدادت سرعة الجسم، أما التجربة الثانية فتثبت أن الزمن يتمدد إذا تعرض الجسم لمجال جاذبي قوي.

وتمدد الزمن ليس مفهوما فيزيائيا نظريا خاصا بالأجسام الدقيقة دون الذرية، وإنما هو تمدد حقيقي في الزمن الذي يحيا فيها الإنسان. فلو زادت سرعة إنسان ما في سفينة فضاء مثلا إلى حوالي 87 % من سرعة الضوء، فإن الزمن يبطأ لديه بمعدل 50 % ولو سافر على السفينة لمدة عشرة أعوام - مثلا - فسيجد ابنه المولود قد أصبح عمره عشرين عاما، أو أن اخاه التوأم يكبره بعشرة أعوام.

اقترح أحد العلماء تصميم سفينة فضائية تعتمد على محرك دمج نووي يستخدم المادة المنتشرة في الفضاء كوقود، وأن يتم التسارع بمعدل يساوي عجلة الجاذبية الأرضية. وفي تصميم كهذا يمكن أن تصل سرعة السفينة إلى سرعة قريبة من سرعة الضوء خلال عام واحد، وبالتالي يبطؤ الزمن إلى حد كبير، وبالنظر إلى التطور المستمر للتكنولوجيا حالياً يصبح من المعقول تماما افتراض إمكانية بناء مثل هذه السفينة الصاروخية في المستقبل.