تقلص الطول (تقلص لورنس)

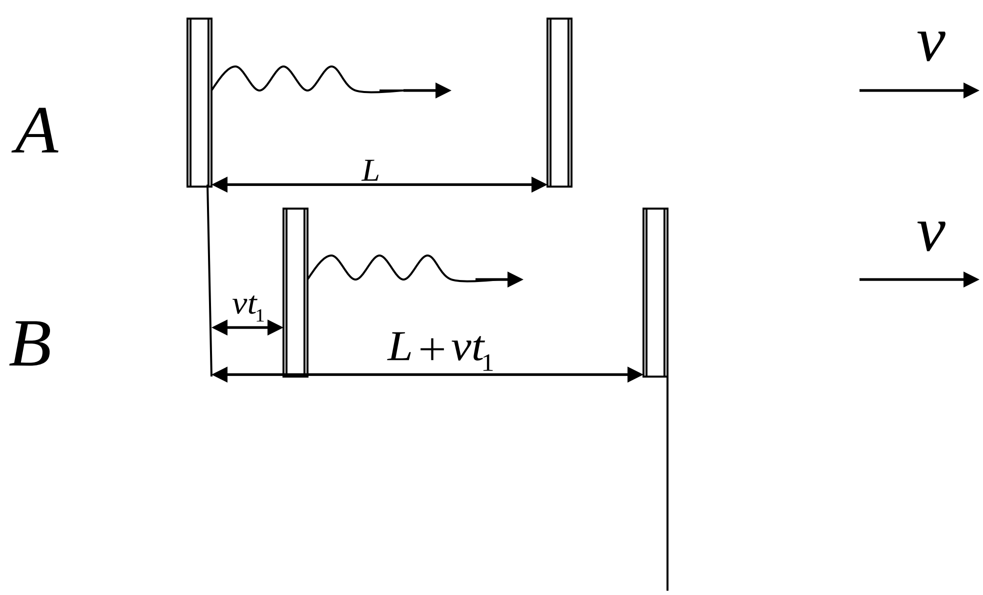
نسبية الطول (الإنكماش الطولي)

كما وجدنا في الموضوعات السابقة أن الفترة الزمنية بين حدثين هو نسبي وتعتمد على محاور اسناد المراقب، وكذلك وجدنا أن حدوث حدثين في نفس اللحظة هو امر نسبي أيضاً لان نفس اللحظة لمراقب تكون غير ذلك لمراقب آخر متحرك بسرعة بالنسبة للحدثين. في هذا الموضوع سنجد أيضا ان الطول أو المسافة بين نقطتين هي من الأمور النسبية وتعتمد على محاور اسناد المراقب الذي يقيس المسافة.

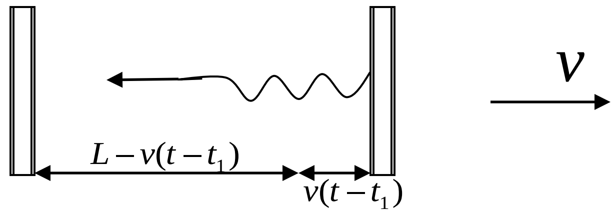
في البداية **سنعرف الطول الأصلي proper length على انه الطول الذي يقيسه المراقب الثابت بالنسبة للجسم المراد قياس طوله أو الثابت بالنسبة للنقطتين المراد تحديد المسافة بينهما.** ولا يعني الطول الاصلي بأنه المسافة التي يقيسها المراقب بين نقطتين في نفس اللحظة. حيث تثبت النظرية النسبية الخاصة أن الاجسام تنكمش في اتجاه حركتها. وهنا لا نقصد بالانكماش الناتج عن تغير درجات الحرارة أو غير ذلك، وولكن الانكماش هنا يعتمد فقط على سرعة الجسم بالنسبة للمراقب الثابت مهما كانت نوع مادة الجسم.

اشتقاق معادلة تقلص الطول (تقلص لورنس):

تصور ان هناك ساعة ضوئية مكونة من مراتين المسافة بينهما (L) موضوعة في مركبة فضائية سرعة هذه المركبة (v) بحيث ان الاشارة الضوئية للساعة تسير ذهابا وايابا بموازاة خط سير المركبة الفضائية (شكل A ادناه).



C



تبدأ الاشارة من المراة الخلفية في زمن مقداره ($t = 0$) وتصل الى المراة الامامية في زمن مقداره ($t = t_1$) وبذلك تقطع الاشارة مسافة مقدارها (ct_1)(لماذا؟) ، في حين تبتعد المراة الامامية مسافة مقدارها (vt_1) خلال نفس الفترة الزمنية (شكل B اعلاه). عليه يكون:

$$ct_1 = L + vt_1 \Rightarrow ct_1 - vt_1 = L \Rightarrow t_1(c-v) = L$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{L}{c-v} ------------------(1)$$

بعد ان تصل الاشارة المراة الامامية تنعكس لتصل المراة الخلفية عند زمن (t) وبذلك تقطع مسافة مقدارها { $c(t-t_1)$ } حيث ان :

$$c(t-t_1) = L - v(t-t_1)$$

حيث { $v(t-t_1)$ }تمثل المسافة التي تقطعها المراة الخلفية نحو الشعاع المنعكس خلال الفترة الزمنية ($t-t_1$) (شكل C اعلاه) .

$$c(t-t_1) + v(t-t_1) = L \Rightarrow (t-t_1)(c+v) = L$$

$$\Rightarrow t - t_1 = \frac{L}{c+v}$$

$$\Rightarrow t = \frac{L}{c+v} + t_1 ....(2)$$

حيث ان (t) يمثل الزمن الكلي لحركة الاشارة الضوئية ذهابا وايابا

نعوض المعادلة (1) في (2) نحصل على :

$$t = \frac{L}{c+v} + \frac{L}{c-v} = \frac{L(c-v)+L(c+v)}{(c+v)(c-v)} = \frac{Lc-Lv+Lc+Lv}{c^2-v^2}$$

$$= \frac{2Lc}{c^2-v^2} = \frac{2Lc/c^2}{(c^2-v^2)/c^2} = \frac{2L/c}{\frac{c^2}{c^2}-\frac{v^2}{c^2}}$$

$$t = \frac{2L/c}{1-\frac{v^2}{c^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ومن اشتقاق تمدد الزمن عندنا المعادلة (2) وفحواها

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

عليه ومن تعويضها في معادلة (3) اعلاه نحصل:

$$\frac{2L/c}{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{2L^{\backslash}/c}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{L}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = L^{\backslash}$$

$$\Rightarrow L = L^{\backslash}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

$$or\ \frac{L}{L^{\backslash}} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

والمعادلة رقم (4) تمثل تقلص لورنس

ويكون الطول L أقل من الطول $L^{\backslash}$ الذي يقيسه المراقب $O^{\backslash}$ حيث أن المقدار تحت الجذر يكون دائماً أقل من الواحد.

مثال:

جسم يسير بسرعة (0.9c) ما هي نسبة تقلص طوله الى الطول الاصلي عند السكون؟

الحل:

$$\frac{L}{L^{\backslash}}=\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}=\sqrt{1-\frac{(0.9c)^2}{c^2}}=\sqrt{1-\frac{(0.9)^2c^2}{c^2}}$$

$$\Rightarrow\frac{L}{L^{\backslash}}=\sqrt{1-0.81}=\sqrt{0.19}=0.436$$

$$\Rightarrow\frac{L}{L^{\backslash}}=0.436*100\%=43.6\%$$

إذن سيقصر طوله بنسبة 43.6% من طوله الأصلي عند السكون

ملاحظة :

- ان الضوء الذي يصل الكاميرا او العين من اجزاء الجسم البعيدة ينبعث في وقت اسبق من وقت انبعاث الضوء من اجزاء الجسم القريبة ولذلك فان الصورة المتكونة في الكاميرا تكون مركبة.

- الاشعة الصادرة من اجزاء الجسم المختلفة لتكوّن الصورة في لحظة معينة تصدر من الجسم عندما يكون الاخير في مواضع مختلفة ، هذه الظاهرة تؤدي الى تمدد الطول الظاهري للجسم باتجاه حركته ، ونتيجة لهذا فان جسم ذا ثلاث ابعاد كمكعب يمكن ان يشاهد منحرفا ومتغير الشكل بمقدار يعتمد على **زاوية النظر و النسبة (v/c) .** وعليه فان شكل جسم متحرك يظهر مختلفا عن شكله في حالة السكون ولكن بطريقة مختلفة.