

حسب النسبية الخاصة الصاروخ المنطلق بالنسبة للأرض الذي له سرعة نسبية يبدو أقل طولاً وأكثر كتلة من الصاروخ المشابهة الذي هو ثابت على الأرض في حين بالنسبة لمشاهد في الصاروخ المنطلق ، يبدو الصاروخ الثابت على الأرض أقصر وذا كتلة اكبر(هذا التأثير،بطبيعة الحال صغير جداً لحالة السرعة الاعتيادية للصواريخ).

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

يمكننا ملاحظة الزيادة النسبية في الكتلة تحدث عندما تكون سرعة الجسم قريبة من سرعة الضوء وقد وجد عملياً عام 1908 من قبل العالم Bucherer إن نسبة شحنة الإلكترون إلى كتلته (  $e/m$  ) للالكترونات السريعة أقل مما هي للالكترونات البطيئة. فسر هذا وفقاً للنظرية النسبية. وتحدث هذه الظاهرة عملياً في حالة الجسيمات الأولية مثل الالكترونات والبروتونات والنيوترونات والميزونات وغيرها.

### الحركة الخطية النسبية

وفقاً لقانون حفظ الطاقة الحركية ( عندما يصطدم جسيमान معزولان فإن كمية حركتهما الكلية المدمجة تبقى ثابتة ) وعلى فرض أن التصادم قد وصف في المرجع S الذي فيه كمية الحركة محفوظة. فإذا حسبنا السرعة في إطار مرجع آخر  $S'$  باستعمال معادلات لورنتز والتعريف الكلاسيكي لكمية الحركة الخطية  $(\vec{p} = m\vec{v})$  نجد أن كمية الحركة المقاسة تكون غير محفوظة في المرجع  $S'$ ، وبما أن قوانين الفيزياء تكون نفسها في جميع المراجع إذن يجب تحويل تعريف كمية الحركة لتحقيق التالي :

#### 1- الحركة الخطية محفوظة

2- عندما  $v \ll c$  فإن هذا المقدار  $v^2/c^2 = 0$  نستنتج أن  $m = m_0$

3- عندما تقترب سرعة الجسم من سرعة الضوء اي ان  $v = c$  فان  $m = \infty$  وهذا يعني ان اي جسم مادي تصبح كتلته غير متناهية عندما يتحرك بسرعه الضوء وهذا لا يحدث ابدا ولذلك فأن سرعة الضوء يمكن اعتبارها السعة الحديه ولا يمكن لأي جسم مادي ادراكها .

اذن الزخم النسبي وفقا للميكانيك الكلاسيكي يعرف الزخم ( p ) لجسيم كتلته (m) وسرعته (v) بما يلي :

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \gamma m v$$

حيث ان :

$\vec{v}$  سرعة الجسم،  $m_0$  كتلته عند السرعة الاعتيادية اي الكتلة السكونيه .

يمكن تعريف القوة النسبية المؤثرة على جسيم كمية حركته الخطية  $\vec{p}$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d}{dt} ( m\vec{v} ) = m \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} \frac{dm}{dt}$$

مثال :اثبت ان الجسم النسبي الذي زخمه ( P ) وكتلته السكونيه (  $m_o$  )  
تعطى سرعته بالعلاقة التالية

$$v = \frac{pc}{(p^2 + m_o^2 c^2)}$$

H.W : ما هي السرعة التي يجب ان يسير بها جسيم كتلته النسبية ضعف كتلته السكونيه ؟