

Cap.3 - Dinâmica Relativística



Figure 38-1 Einstein in the early 1900s, at his desk at the patent office in Bern, Switzerland, where he was employed when he published his special theory of relativity.

A partir da lei de conservação do momento linear e usando as transformações de coordenadas da cinemática relativística, nós encontramos a expressão para o momento linear relativístico como:

$$\vec{p} = \gamma m_0 \vec{v}$$

E sabendo que:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

e usando o Teorema do Trabalho-Energia,

Encontramos a energia cinética relativística:

ou:

$$K = E - m_0 c^2$$

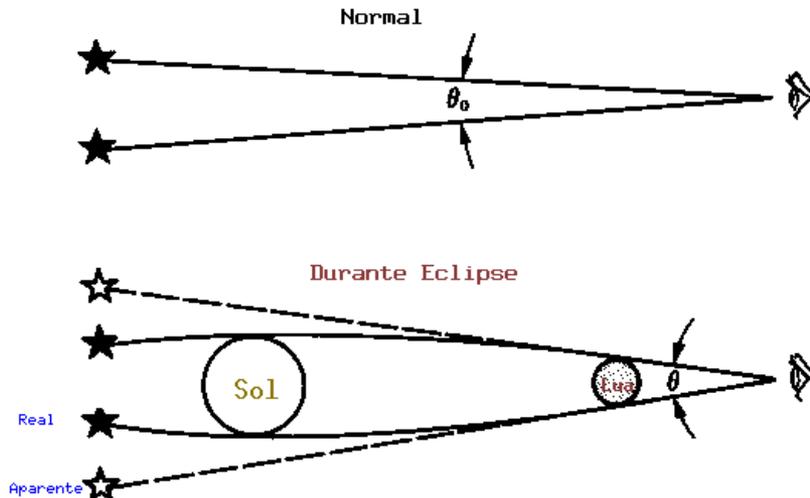
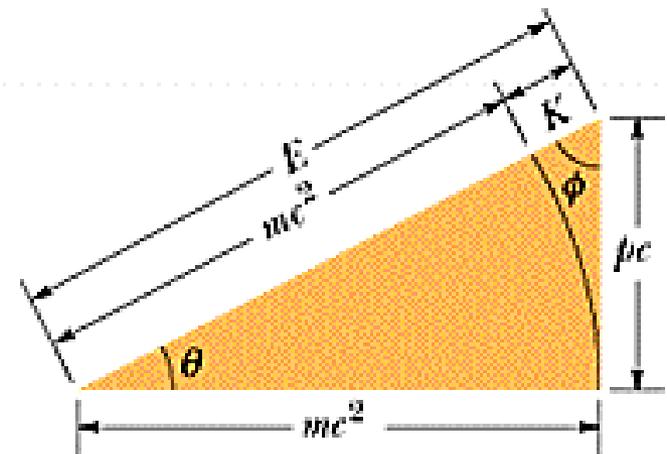
$$K = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} - 1 \right]$$

onde $E = \gamma m_0 c^2 = mc^2$ é Energia total da partícula (Equivalência Massa-energia)

Momento e energia cinética

Como relacionar P e K?

$$E^2 = (pc)^2 + (mc^2)^2.$$



A previsão da relatividade geral de que um raio de luz é desviado ao passar por um corpo massivo foi confirmada em 1919 por uma expedição dupla chefiada pelo astrônomo inglês *Sir Arthur Stanley Eddington* (1882-1944), a Sobral, no Ceará, e à ilha de Príncipe, na África, para medir a posição das estrelas durante um eclipse total do Sol.

Energia Relativística – Exemplo 2

Um elétron é acelerado a partir do repouso por um potencial de 10^4 V. Qual a sua energia cinética, velocidade e “massa relativística” no final da aceleração?

$$K = |qV_0| = (1,6 \times 10^{-19})(10^4) = 1,6 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$K = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} - 1 \right] = mc^2 - m_0 c^2$$

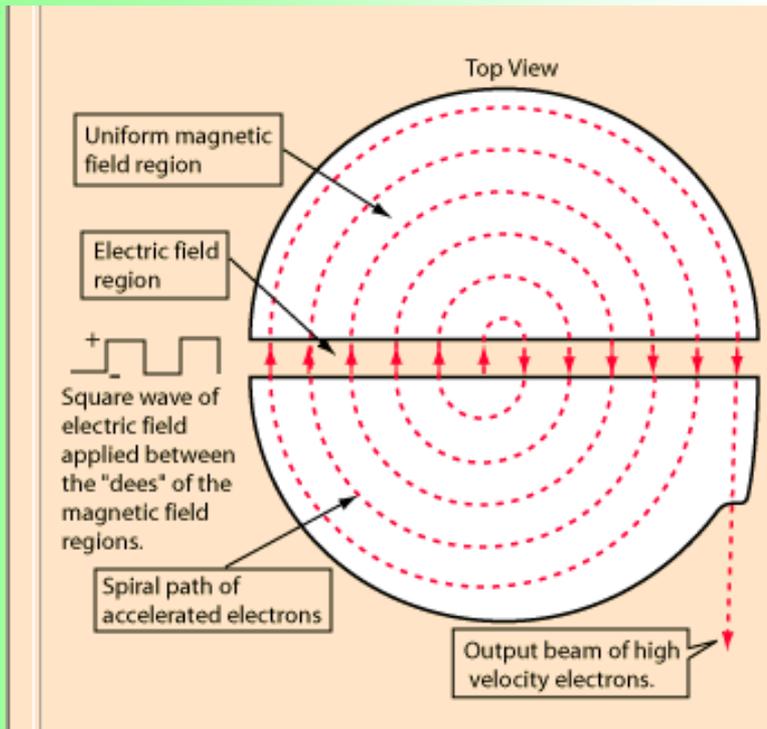
$$\frac{K}{c^2} = m - m_0 \Rightarrow m = (9,109 + 0,178) \times 10^{-31} = 9,287 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

um “aumento” de 2% na massa.

$$m = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} m_0 c^2 \Rightarrow \frac{u^2}{c^2} = \left[1 - \left(\frac{m_0}{m} \right)^2 \right] \Rightarrow u = 0.195c$$

Energia Relativística – Exemplo 3

Um elétron penetra, com velocidade u , em uma região de campo magnético uniforme constante perpendicular a velocidade do elétron. Calcule o Raio do movimento circular do elétron, considerando efeitos relativísticos.



$$\vec{F} = q\vec{u} \times \vec{B}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{\gamma m} - \frac{\vec{u}}{\gamma m c^2} \left(\frac{\vec{F} \cdot \vec{u}}{c^2} \right)$$

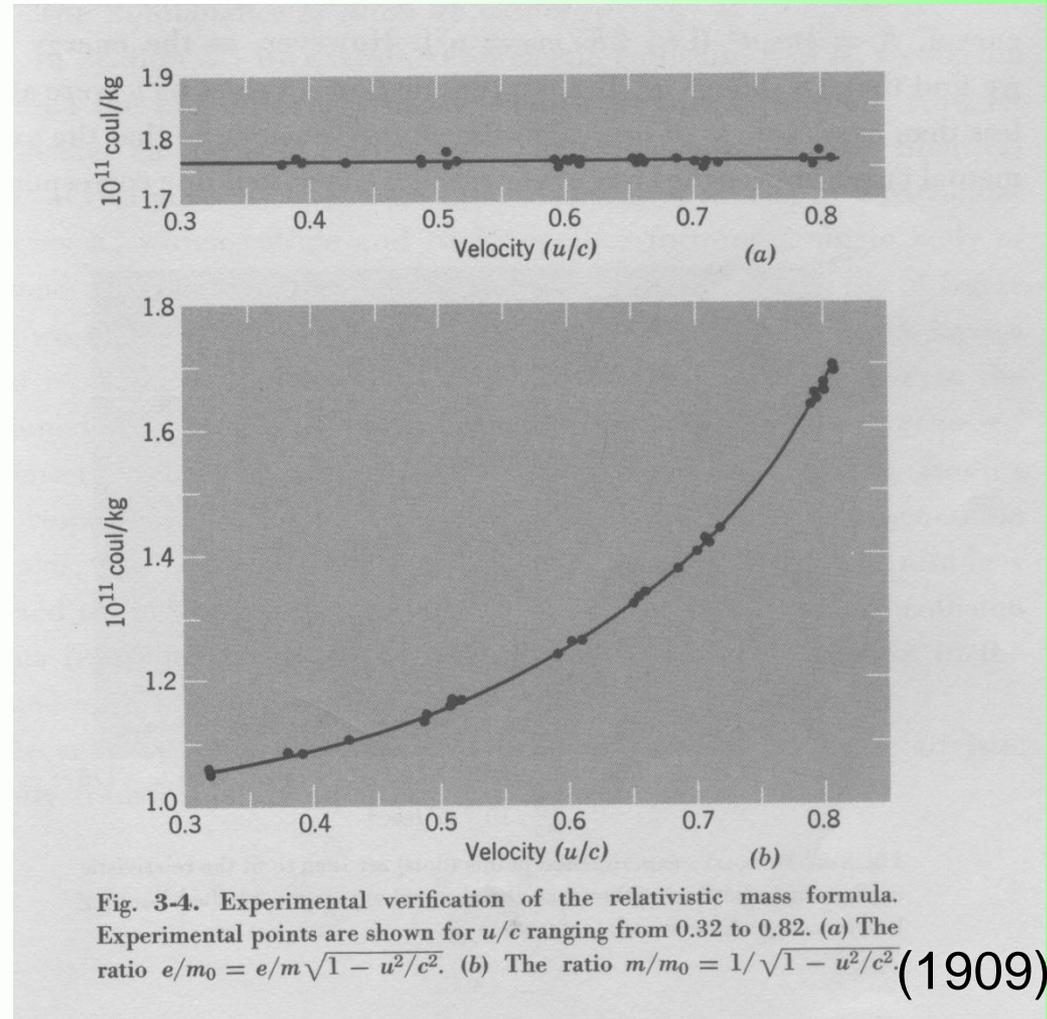
$$a = \frac{F}{\gamma m} = \frac{u^2}{R}$$

$$\frac{quB}{\gamma m_0} = \frac{u^2}{R} \Rightarrow R = \frac{\gamma m u}{qB} = \frac{p}{qB}$$

Energia Relativística – Exemplo 3 – Os resultados de Bucherer

Um elétron penetra, com velocidade u , em uma região de campo magnético uniforme constante perpendicular a velocidade do elétron. Calcule o Raio do movimento circular do elétron, considerando efeitos relativísticos.

$$R = \frac{\gamma m u}{qB} = \frac{p}{qB}$$



Trasnformações para as componentes de Momento e Energia

A partir das expressões do momento e da Energia Total Relativísticos e das transformações de velocidade, pode-se obter:

$$p_x' = \gamma \left(p_x - v \frac{E}{c^2} \right)$$

$$p_y' = p_y$$

$$p_z' = p_z$$

$$E' = \gamma (E - v p_x)$$

$$x' = \gamma (x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma (t - vx/c^2)$$

Analogia entre as transformações p_x , p_y , p_z e E/c^2 e x , y , z e t .

Trasnformações para as componentes da Força

Usando a relação entre força e momento e as transformações de velocidade:

$$F_x' = F_x + \frac{u_y v}{(c^2 - u_x' v)} F_y - \frac{u_z v}{(c^2 - u_x v)} F_z$$

$$F_y' = \frac{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}{(1 - u_x v / c^2)} F_y$$

$$F_z' = \frac{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}{(1 - u_x v / c^2)} F_z$$

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma(t - vx / c^2)$$

Onde F_i and F_i' mantêm a forma:

$$F_i = \frac{d}{dt} (mu_i) \quad \text{e} \quad F_i' = \frac{d}{dt} (mu_i')$$

A young girl with dark hair, wearing a bright yellow turtleneck sweater, is holding a small, fluffy white puppy. She is looking slightly to the right of the camera with a neutral expression. The background is dark and indistinct. The image is overlaid with two speech bubbles and a thought bubble.

Até a
próxima!!

A velocidade da luz
é sempre a mesma,
que baba?
Até eu poderia ter
pensado nisso!!!