

Aula 12 – Relatividade

Física 4

Ref. Halliday – Volume 4

Sumário

...RELATIVIDADE RESTRITA

- ✓ Uma nova interpretação do momento linear
- ✓ Uma nova interpretação da Energia
- ✓ Momento e Energia Cinética

O que muda em outros conceitos de Física Clássicas com as novas ideias propostas na Teoria da Relatividade Restrita???

Uma nova interpretação do Momento Linear

De que forma a **Lei de Conservação de Momento** foi afetada pela teoria da Relatividade Restrita?

...relembrando $p = mv = m \, dx/dt$ (momento linear clássico)

Para encontrar uma expressão relativística para o momento, partimos da seguinte situação...

Uma nova interpretação do Momento Linear

Para encontrar uma expressão relativística para o momento, partimos da seguinte situação:

-Uma partícula se move com velocidade constante v no sentido positivo do eixo x ;

- Δx é a distância percorrida pela partícula do ponto de vista de um observador externo;

- Δt_0 é o intervalo de tempo necessário para a partícula percorrer do ponto de vista do observador que está se movendo junto com a partícula;

Assim temos: $p = mv = m \frac{\Delta x}{\Delta t_0}$ E como: $\Delta t = \gamma \Delta t_0$

Uma nova interpretação do Momento Linear

De que forma a Lei de Conservação de Momento foi afetada pela teoria da Relatividade Restrita?

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad (\text{Momento relativístico})$$

Como: $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$

Se $v \ll c$, temos que $\gamma \rightarrow 1$ e novamente vamos obter :

$$p = mv \quad (\text{momento clássico})$$

Uma nova interpretação da Energia

Em aproximadamente 1939 Einstein admitiu que (de acordo com a Teoria da Relatividade Restrita, a **massa pode ser considerada uma forma de energia**;

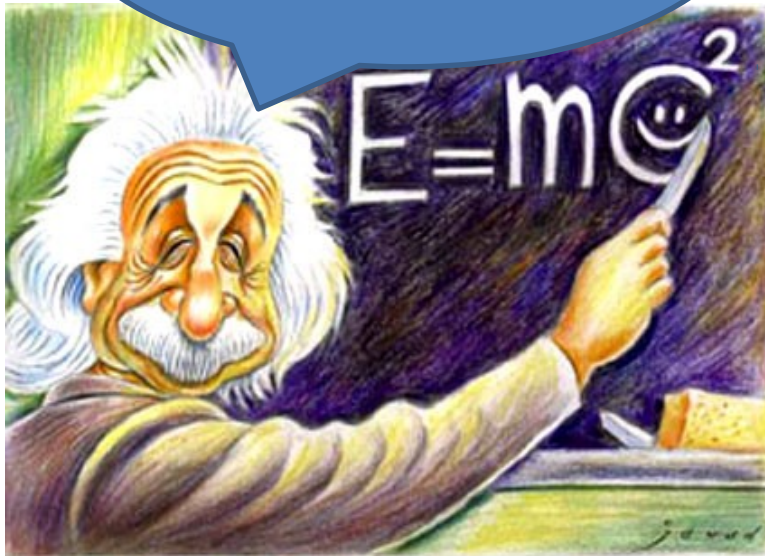
⇒ Em uma **Reação Química** (interação de átomos e moléculas) a massa que se transforma em outras formas de energia (ou vice-versa) é uma fração muito pequena da massa total (dando a impressão de que a energia e a massa são conservadas separadamente);

⇒ Em uma **Reação Nuclear** (interação entre núcleos ou partículas subatômicas) a energia liberada é milhões de vezes maior que em uma reação química, e a variação de massa pode ser facilmente medida;

Uma nova interpretação da Energia

A massa m de um corpo e a energia equivalente E estão relacionadas pela seguinte equação:

Mas, o que significa esta relação?



Uma nova interpretação da Energia

A massa m de um corpo e a energia equivalente E_0 estão relacionadas pela seguinte equação:

$$E_0 = mc^2$$

onde E_0 = energia de repouso.

É a energia que um objeto possui quando está em repouso simplesmente porque possui massa!

Uma nova interpretação da Energia

$$E_0 = mc^2$$

***Consequência positiva** desta descoberta...

- Produção controlada de fissão nuclear (usinas nucleares)

***Consequência negativa** da descoberta

- Bombas atômicas
- No ano de 1945, a equipe liderada por J. Robert Oppenheimer construiu uma bomba de fissão nuclear.



Uma nova interpretação da Energia

Energia Total

Situação: O corpo analisado possui uma energia de repouso E_0 , energia cinética K e, energia potencial nula. Neste caso a energia total é:

$$E_{total} = E_0 + K = mc^2 + K = \gamma mc^2$$

A energia total de um *sistema isolado* é constante

Uma nova interpretação da Energia

Energia Total

Situação: O corpo analisado possui uma energia de repouso E_0 , energia cinética K e energia potencial nula. Neste caso a energia total é:

$$E_{total} = E_0 + K = mc^2 + K = \gamma mc^2$$

Assim, a **energia cinética válida para qualquer valor de velocidade** pode ser definida como:

$$K = mc^2(\gamma - 1)$$

Uma nova interpretação da Energia

ou podemos escrever em função do **Momento e Energia Cinética**

Equações Clássicas ...

$$p = mv, \quad K = \frac{1}{2}mv^2 \quad , \text{assim temos:} \quad p^2 = 2Km$$

Substituindo as equações relativísticas nas equações acima, temos:

$$(pc^2) = K^2 + 2Kmc^2$$

ou

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

Uma nova interpretação da Energia

Exemplo 37.11 (Sears)

- a) calcule a energia de repouso de um elétron em Joule e em elétron-Volt;
- b) Determine a velocidade de um elétron que foi acelerado por um campo elétrico, a partir do repouso, com diferença de potencial igual a 20 kV (típica em um cinescópio de TV) ou 5,0 MV (comum em um tubo de raios-X com alta voltagem).

Uma nova interpretação da Energia

Exemplo 37.12 (Sears)

Colisão relativística – Dois prótons ($m_{\text{próton}} = 1,67 \times 10^{-17}$ kg) estão se movendo inicialmente com velocidades com módulos iguais e sentidos opostos (se aproximando). Depois da colisão eles continuam a existir, porém, ocorre a produção de um pión neutro de massa $m = 2,40 \times 10^{-28}$ kg. Sabendo que os prótons e o pión permanecem em repouso após a colisão, calcule a velocidade inicial dos prótons. A energia é conservada na colisão.