Intr. a Física Moderna A

Aula - Relatividade das velocidades e Momento relativístico

Quesle S. Martins

www.queslemartins.unir.br

Departamento Acadêmico de Física de Ji-Paraná

Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR

October 6, 2022

Conteúdo

Transformadas de Lorentz

Das Transformadas de Lorentz temos

$$\Delta x = \gamma(\Delta x' + v\Delta t') \tag{1}$$

e

$$\Delta t = \gamma(\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x') \tag{2}$$

Uma rápida combinação entre (1) e (2) pode ser interessante!

Transformadas de Lorentz

Essa combinação pode ser verificada fazendo $\Delta x/\Delta t$, logo

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\gamma(\Delta x' + v\Delta t')}{\gamma(\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x')} \tag{3}$$

Logo (4) se torna,

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(\Delta x' + v\Delta t')}{(\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x')} \tag{4}$$

Uma rápida observação pode ser feita aqui,

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = velocidade$$

Transformadas de Lorentz

Com

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = velocidade$$

estamos tratando diretamente de velocidades relativas, relaciondas das dois sistemas de coordenadas, a exemplo, S e S', como base nas trasnformações de Lorentz.

Transformadas de Lorentz

O passo seguinte é reduzir o lado direito a um termo que expresse algo como velocidade, e isso pode ser feito, dividindo-o por $\Delta t'$. VERIFIQUEM!!!

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(\Delta x' + v\Delta t')/\Delta t'}{(\Delta t' + \frac{v}{c^2}\Delta x')/\Delta t'} \tag{5}$$

Transformadas de velocidas

Assim:

- levando $\Delta t \to 0$;
- levando $\Delta x \to 0$;
- Teremos que $\Delta x/\Delta t \to u$.

A equação (5) se torna,

$$u = \frac{u' + v}{(1 + u'v/c^2)} \tag{6}$$

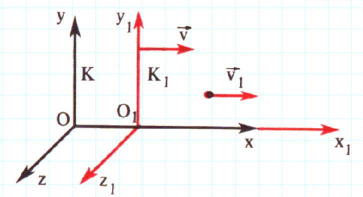
Onde u é a velocidade de uma partícula medida no referencia S, entre os sistemas S e S'. Portanto, u' é a velocidade de uma partícula medida no referencia S'.
v é velocidade do sistema S' em relação a S.

Transformadas de Velocidades

Com base na equação (7)

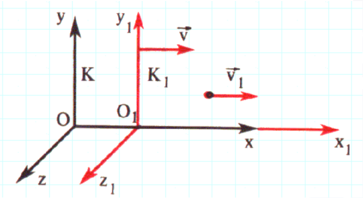
$$u = \frac{u' + v}{(1 + u'v/c^2)} \tag{7}$$

Descreva as velocidades para os dados da figura abaixo.



Transformadas de Velocidades

Descreva as velocidades para os dados da figura abaixo.



$$u_K = \frac{v_1 + v_{K_1}}{(1 + v_1 v_{K_1}/c^2)} \tag{8}$$

- u_K, velocidade da partícula em relação a K;
- v_1, velocidade da partícula em K_1; e
- v_{K_1}, velocidade de K_1.

Relatividades das velocidades

Tendo

$$u = \frac{u' + v}{(1 + u'v/c^2)} \tag{9}$$

e testando $c \to \infty$, vemos que a equação se reduz a

$$u = u' + v \tag{10}$$

que o caso clássico da relatividade das velocidades ($v << c$).

Uma nova interpretação

Sabemos de

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} \tag{11}$$

para

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \tag{12}$$

o momento linear de uma partícula.

Uma nova interpretação

Tomando nota de

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right) \tag{13}$$

o momento clássico de uma partícula, que logo pode se tornar

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t_0}\right) \tag{14}$$

Onde (14) pode apresentar uma abordagem relativística (certo?).

Uma nova interpretação

De

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t_0}\right) \tag{15}$$

temos,

- Δx, distância percorrida pela partícula do ponto de vista de um observado externo; e
- Δt_0, tempo percorrido por um observado que esteja se movendo com a partícula (tempo próprio, partícula em repouso em relação a esse observador).

Uma nova interpretação

Fazendo uma rápida manipulação sem alterar os resultados, podemos ter

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)\left(\frac{\Delta t}{\Delta t_0}\right) \tag{16}$$

e agora nos basta lembrar de

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \tag{17}$$

ou que

$$\gamma = \frac{\Delta t}{\Delta t_0} \tag{18}$$

Substituindo isso em (16)

Uma nova interpretação

Temos uma nova interpretação para o momento linear com base nas transformações de Lorentz.

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t_0}\right)\gamma \tag{19}$$

e logo se tornará

$$p = m\left(\frac{\Delta x}{\Delta t_0}\right)\gamma \tag{20}$$

$$\mathbf{p} = \gamma m\mathbf{v} \tag{21}$$

O caso clássico é dado para $v << c$.

Próxima leitura

- Energia relativistica (energia de repouso);
- Energia cinética relativística;
- Momento e energia cinética (brinde).