

Boice 3*

Victor Bastos†
(Dated: Janeiro 2019)

I. TRANSFORMAÇÃO *

Sabendo que foi aplicada uma força $\vec{F} = (F_x, F_y)$, demonstre que em um referencial se movendo com uma velocidade $v\hat{x}$ em relação ao primeiro referencial a força é do tipo $\vec{F}' = (F_x, \frac{F_y}{\gamma})$.

II. QUASE GERAL *

Um corpo se move com aceleração própria g , encontre o $x(t)$ no referencial da Terra (referencial inicial do corpo).

III. FOGUETE DE FÓTONS **

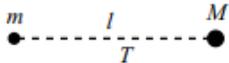
Considere que um foguete converte massa em fótons para acelerar. Seja m a massa instantânea e v a velocidade instantânea do foguete no referencial da Terra. Demonstre que, com $c = 1$, temos:

$$\frac{dm}{m} + \frac{dv}{1-v^2} = 0$$

IV. CORDINHA REAL **

a) Considere uma massa m ligada a uma corda que possui tração constante T . A massa começa junta à extremidade da corda que está presa a uma parede e se afasta com velocidade inicial v . Qual a distância máxima que a massa fica da parede? Quanto tempo a massa leva para alcançar o ponto mais distante?

b) Agora considere que a mesma corda (tração constante T e comprimento l) foi utilizada de outra forma, como a figura abaixo mostra. Supondo que as massas foram abandonadas do repouso, em que ponto as massas m e M se encontram?



V. ENERGIA MÍNIMA ***

Uma massa m com Energia E colide com uma partícula estacionária com massa M . A única coisa que você sabe é a massa total no estado final (chame de $\sum m_i$). Qual a energia E mínima para que o processo seja possível? Qual a energia cinética mínima para o mesmo caso?

VI. REAÇÕES FÍSICAS **

Prótons com energia cinética T atingem um hidrogênio estacionário. Encontre o valor mínimo de T para as seguintes reações:

a) $p + p \rightarrow p + p + p + p$

b) $p + p \rightarrow p + p + \pi^0$

VII. MHS *

Uma partícula está sujeita a uma força do tipo $F = -m\omega^2 x$. A amplitude é b . Mostre que o período é dado pela expressão abaixo, onde $\alpha = 1 + \frac{\omega^2}{2c^2}(b^2 - x^2)$:

$$T = \frac{4}{c} \int_0^b \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 - 1}} dx$$

VIII. DESISTINDO **

Um neutrino ($m_n = 939.5 \frac{MeV}{c^2}$) livre, em repouso decai em três diferentes partículas, um próton ($m_p = 938.0 \frac{MeV}{c^2}$), um elétron ($m_e = 0.5 \frac{MeV}{c^2}$) e um anti-neutrino (m_a). Considere $m_a \ll m_e$ e a velocidade da luz igual a c . Denote por E a energia total do elétron. Encontre o valor máximo de E . Dica: Faça numérico com uma calculadora do lado :)

IX. ESPANADOR DE PÓ **

a) Considere que você resolveu limpar seu quarto usando um espanador, porém, você é tão rápido que faz o espanador se mover com velocidades relativísticas. Considere que o espanador "pega" uma poeira que possui densidade linear de massa igual a λ . Qual a taxa com que a massa do sistema aumenta (No referencial da

* OIFs 2019

†

Terra)?

b) Se a velocidade inicial do espanador é v_o , determine $v(x)$ e $v(t)$.

c) Calcule no referencial da Terra e no referencial do espanador, a força sentida pelo espanador e mostre que são iguais.

X. CARRINHO ****

a) Um carrinho muito longo mesmo se move com velocidade relativística v . Areia é jogada a uma taxa $\frac{dm}{dt} = \sigma$ no referencial da Terra. Assuma que você está parado no chão bem próximo ao ponto que a areia está caindo e que você puxa o carro para fazê-lo andar a uma velocidade v constante. Qual é a força entre o seu pé e o chão? Mostre que em ambos os referenciais, a força é indêntica.

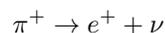
b) Agora, considere que você se move junto com o carro e calcule a força em ambos os referenciais, como no item anterior.

XI. COLISÃO **

Considere que duas partículas ultrarrelativísticas $E \approx pc$ se aproximam e colidem de tal forma que o ângulo entre as direções de suas velocidades é, inicialmente, ϕ . A primeira partícula possui momento p_1 e a segunda, p_2 . Determine o valor máximo para o $\cos\alpha$, onde α é o ângulo entre as velocidades finais das partículas após a colisão.

XII. MAIS COLISÃO **

O pión é uma partícula que possui a massa 273 vezes maior que a massa do elétron. Considere que o neutrino ν possui massa desprezível. A reação abaixo ocorre, com um pión decaindo em um pósitron e um neutrino.



Qual a mínima velocidade do pión para que o pósitron e o neutrino se movam em direções perpendiculares?

XIII. ENTRANDO EM CAMPO 2 *

a) Considere um próton com velocidade v_o prestes a entrar em uma região que possui um campo elétrico E perpendicular a v_o , mas no mesmo plano. O próton possui massa m e carga $+e$ e a velocidade da luz no vácuo é c . Determine o ângulo θ que o vetor velocidade faz com a velocidade inicial como função do tempo.

b) Determine o período generalizado (para o caso relativístico) para o movimento circular de um próton sob ação de um campo magnético constante B em função do raio da trajetória r .

XIV. SÓ TREINO, MESMO *

Um próton de energia total E colide elasticamente com um segundo próton em repouso no referencial do laboratório. Depois da colisão os dois prótons seguem em trajetórias simétricas que fazem um ângulo de $\pm \frac{\phi}{2}$ em relação à trajetória inicial do próton incidente.

a) Considerando como E_o a energia de repouso do próton, demonstre que o ângulo pode ser determinado por:

$$\cos\phi = \frac{E - E_o}{E + 3E_o}$$

b) Qual o valor de ϕ quando o próton incidente é inicialmente acelerado do repouso por uma diferença de potencial

XV. EFEITO MACHIDA **

O efeito fotoelétrico é um processo de emissão de elétrons da superfície de um metal após a absorção de um fóton com energia maior do que a necessária para retirar um elétron livre do metal. A energia mínima necessária para retirar o elétron do metal com energia cinética nula é chamada de função trabalho do metal. Elétrons emitidos pelo efeito fotoelétrico são chamados também de fotoelétrons. Uma fonte emitindo radiação de frequência $f = 7 \times 10^{14} \text{ Hz}$ é incapaz de retirar fotoelétrons da superfície de um certo metal. Em uma tentativa para retirar esses fotoelétrons, a fonte é colocada para se mover em direção à placa metálica.

a) Explique como esse procedimento produz fotoelétrons.

b) Quando a velocidade da fonte é $0,28c$, fotoelétrons começam a ser emitidos pelo metal. Determine a função trabalho do metal.

c) Quando a velocidade da fonte é $0,9c$, determine a energia cinética máxima dos fotoelétrons, em eV .

GABARITO

- 1) Demonstração
 2) $v(t) = \frac{gt}{\sqrt{1+(gt)^2}}$
 3) Demonstração
 4) a) $l = \frac{m(\gamma-1)c^2}{T}$ $\Delta t = \frac{\gamma mv}{T}$
 b) $x = \frac{l(M+\frac{T}{2})}{M+m+Tl}$ do m
 5) $E_{min} = \frac{((\sum m_i)^2 - M^2 - m^2)c^2}{2M}$ e $T_{min} = \frac{((\sum m_i)^2 - (M^2 + m^2 + 2Mm))c^2}{2M}$
 6) a) $T_{th} = 6M_p c^2$ b) $T_{th} = (2M_\pi + \frac{M_\pi^2}{2M_p})c^2$
 7) Demonstração
 8) $E_m = 1.3MeV$
 9) a) $\frac{dm}{dt} = \gamma\lambda v$ b) $v(x) = \frac{v_o}{1+\frac{v_o\lambda x}{p}}$, onde $p = \gamma v_o m v_o$
 para o $v(t)$, integre você. c) $F = \gamma^2 \lambda v^2$
 10) a) $F = \gamma^2 \sigma v$ b) $F = \frac{\sigma v}{1+v}$
 11) $\cos\alpha = 1 - \frac{4p_1 p_2 (1-\cos\phi)}{(p_1+p_2)^2}$
 12) $v = \sqrt{\frac{m_\pi^2 - 2m_e^2}{2m_\pi^2 - 2m_e^2}} = 0,707$
 13) a) $tg\theta = \frac{eEt}{m_o v_o \gamma_o}$ b) $T = \frac{2\pi}{cBe} \sqrt{B^2 e^2 r^2 + m_o^2 c^2}$
 14) a) Demonstração b) $\cos\phi = \frac{e}{e\epsilon + 4E_o}$
 15) a) Efeito Doppler b) $W = 3,86 eV$ c) $K_m = 8,77 eV$