

Física IV — 7600008

Quarta Lista — teste no dia 22/10/2019

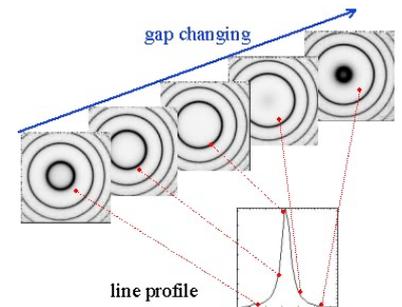
Num interferômetro de Fabry e Perot, a separação entre as lâminas de vidro (chamada de *gap* na figura abaixo, copiada do endereço <https://www.sao.ru/hq/lsvfo/devices/scorpio/ifp/cubes.html>) é d . A luz que ilumina o interferômetro tem comprimento de onda λ , e forma-se um padrão de interferência que depende de d , como ilustrado pelos cinco quadros da figura. (Os padrões mostrados são negativos de fotos: as linhas mais escuras correspondem ao máximo de iluminação, e os pontos mais claros a regiões onde a interferência é destrutiva).

1. Quanto deve ser d para que o centro do padrão tenha mínima intensidade, como no quadro do meio (terceiro quadro) da figura?
2. Ainda no quadro do meio, qual é o ângulo θ que corresponde à primeira circunferência negra (máxima intensidade)?
3. A luz do sódio emitida por lâmpadas de rua tem comprimento de onda $\lambda = 589 \text{ nm}$. Encontre o raio externo ρ_n da n -ésima zona de Fresnel para uma onda plana dessa luz.
4. Um anteparo recebe uma onda plana de comprimento de onda λ , que se propaga normalmente a ele. O anteparo bloqueia totalmente a luz, exceto por uma fenda circular de raio $a = \rho_4$, isto é, a coincide com o raio da quarta zona circular de Fresnel. Ao passar pela fenda ($z = 0$), o campo elétrico é $E(z = 0, t) = E_0 \cos(\omega t)$. Um segundo anteparo, paralelo ao primeiro anteparado e situado a uma distância r_0 à frente, recebe a luz que passa pela fenda. Conforme discutido em classe, a n -ésima zona circular de Fresnel ilumina o centro da imagem no segundo anteparo com um campo elétrico de amplitude proporcional a F_n . A distância entre a n -ésima zona circular e o centro da imagem no anteparo é o raio r_n . Suponha que F_n decaia em proporção a $1/r_n$, isto é,

$$F_n = F_1 \frac{r_1}{r_n}.$$

A partir das expressões para F_1 e para o campo elétrico encontradas em classe, determine o campo elétrico $E(r_n, t)$ no centro da imagem no segundo anteparo.

5. Repita o problema anterior para fenda com raio $a = \rho_5$.
6. Um observador em um laboratório, estacionado em relação ao sistema de coordenadas S do laboratório, vê passar um objeto que se move na direção \hat{x} com velocidade $V = c/2$. Um observador no referencial S' , que se move junto com o objeto, mede o comprimento (dimensão na direção \hat{x}) do objeto e encontra 10 cm. Que tamanho terá o objeto medido no referencial S ?
7. Para resolver o problema anterior, um físico parte da noção de que a medida no referencial S' foi feita no instante t' (isto é, as posições x'_2 , da frente, e x'_1 , de trás, do objeto foram medidas no mesmo instante e o seu comprimento $L' = 10 \text{ cm}$ foi obtido como $x'_2 - x'_1$). A partir da transformação de Lorentz, o físico então determina as coordenadas x_2 e x_1 no sistema S que correspondem a x'_2 e x'_1 , respectivamente. Que comprimento L ele encontra? Esse resultado é incorreto; explique por quê.
8. Considere o exemplo de Einstein discutido em classe: um vagão de trem com comprimento L passa pela plataforma de uma estação com velocidade $V = c/2$. No instante em que o centro do vagão passa pelo chefe da estação, um passageiro no trem acende uma luz exatamente no centro do vagão. O



passageiro toma esse instante como $t' = 0$ e o chefe da estação toma o mesmo instante como $t = 0$. Calcule os instantes $t'_f = t'_t$, medidos no referencial S' do vagão, em que a luz alcança as extremidades da frente e de trás do vagão e calcule os instantes correspondentes t_f e t_t , medidos no referencial do chefe da estação.

9. Esboce dois gráficos $x \times ct$ e $x' \times ct'$. Em cada um deles, mostre (a) a posição da luz em função do tempo; (b) a posição da parede da frente do vagão em função do tempo; e (c) a posição da parede de trás do vagão em função do tempo, desde o momento em que a luz é acesa até os momentos em que ela atinge as paredes. *Sugestão. Nos dois gráficos, a velocidade da luz deve ser a mesma, de forma que os gráficos (a) devem ser iguais nos dois referenciais. Para simplificar, não se preocupe com a contração de Lorentz e some ou subtraia as velocidades como na relatividade de Galileu.*
10. Um referencial S' tem velocidade V em relação ao referencial S de laboratório, na direção \hat{x} . Um segundo referencial S'' tem velocidade W em relação ao referencial S' , também na direção \hat{x} . Considere um evento que aconteceu no ponto x no instante t , no referencial S , no ponto x' no instante t' , no referencial S' e no ponto x'' no instante t'' , no referencial S'' . A transformação de Lorentz permite dizer que

$$\begin{bmatrix} x' \\ t' \end{bmatrix} = M_V \begin{bmatrix} x \\ t \end{bmatrix}$$

e

$$\begin{bmatrix} x'' \\ t'' \end{bmatrix} = M_W \begin{bmatrix} x' \\ t' \end{bmatrix},$$

onde M_V e M_W são da forma da matriz 2×2 deduzida em classe.

- (a) Mostre que a transformação de Lorentz que relaciona x'' e t'' com x e t pode ser escrita como um produto matricial análogo aos dois acima,

$$\begin{bmatrix} x'' \\ t'' \end{bmatrix} = M_{W/V} \begin{bmatrix} x \\ t \end{bmatrix},$$

onde $M_{W/V} = M_W M_V$.

- (b) Se M_W for escrita na forma proposta em classe

$$M_W = \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix},$$

e M_V for escrita analogamente,

$$M_V = \begin{bmatrix} \cos \phi & \text{sen } \phi \\ -\text{sen } \phi & \cos \phi \end{bmatrix},$$

qual será o ângulo que define a matriz $M_{W/V}$?