

4302212 – Física IV

Décima primeira lista de exercícios

1. Explique, com as suas palavras, como o fenômeno da polarização da luz foi preponderante para as interpretações da luz tanto como partícula, na época de Newton, como onda, diante dos resultados obtidos por Young, Faraday e Maxwell.
2. Por que, diante do comportamento ondulatório da luz, pareceu razoável supor a existência do éter? Aliás, o que era esse éter e como os campos eletromagnéticos eram interpretados neste contexto?
3. O primeiro método bem sucedido para medir a velocidade da luz, usando técnicas puramente terrestres, foi desenvolvido por Fizeau em 1849. Além de um feixe de luz, os principais ingredientes do seu aparato experimental eram uma roda dentada e um espelho plano que, além de paralelos entre si, precisavam ser concêntricos a um eixo comum, que chamaremos de z , conforme exemplifica a Figura 1.

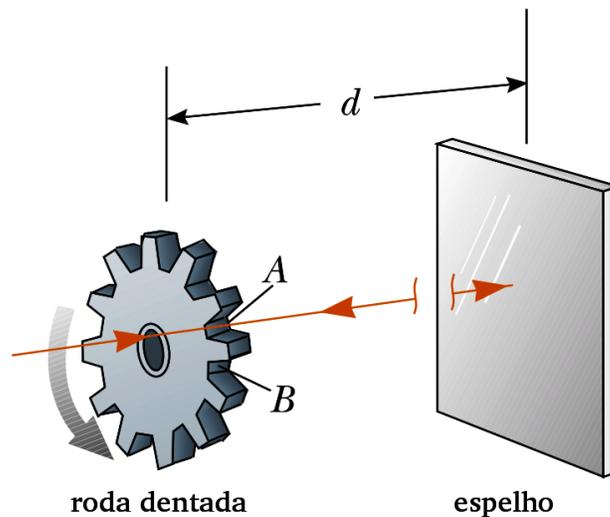


Figura 1

- (a) Explique detalhadamente não apenas a importância desses três ingredientes (feixe de luz, roda dentada e espelho) no experimento de Fizeau, mas toda a lógica que permite estimar a velocidade da luz.
- (b) Diante da necessidade de obter indícios experimentais sobre a existência do éter, calcule o tempo total que a luz leva para percorrer a mesma distância relacionada ao item (a) quando se leva em consideração que a Terra se move pelo éter paralelamente ao eixo z com uma velocidade de módulo v .
- (c) Diante apenas do resultado que você obteve no item (b) e não de quaisquer outras considerações, como você justifica o fato do experimento de Fizeau não ter trazido qualquer evidência sobre a presença do éter no Século XIX?
4. O experimento mais famoso relacionado à propagação da luz, visando a detecção de algo que apontasse para a existência do éter, foi o de Michelson-Morley, realizado usando o mesmo aparato construído por Michelson para estudar os padrões relacionados à interferência da luz.
- (a) Descreva, com as suas palavras, a estrutura geral do interferômetro criado por Michelson.
- (b) Por que esse aparato de Michelson foi utilizado para procurar indícios sobre a existência do éter? Justifique a sua resposta também matematicamente, calculando não apenas quanto tempo leva para que cada feixe do interferômetro retorne ao espelho semitransparente que o compõe, mas a diferença que existe entre esses tempos. Para isso admita que a Terra se move pelo suposto éter paralelamente a um dos braços do interferômetro com uma velocidade de módulo v .
5. Uma das tentativas de conciliar os resultados que foram observados nos experimentos de Fizeau e de Michelson-Morley com a existência de um éter foi feita pelo Lorentz, com a sua Teoria do Elétron. Tratou-se de uma teoria preliminar que acabou

sendo muito importante ao desenvolvimento da Teoria da Relatividade já que, além dela ter apontado para a necessidade de uma reflexão mais profunda sobre os conceitos de tempo e espaço, ela já deixava explícita a existência de uma contração do espaço e de uma dilatação do tempo. No caso, essas contração e dilatação, que ocorriam simultaneamente e que poderiam ser observadas por alguém que estava em repouso no éter, eram as grandes responsáveis pela velocidade da luz ser sempre medida com o mesmo valor em todos os referenciais que se movem com uma velocidade, não nula e de módulo v , em relação ao éter.

- (a) Admitindo que l_0 é o valor de um comprimento no referencial do laboratório, mostre como a contração $l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ desse comprimento, que é aferida por alguém que vê esse laboratório se movendo do referencial do éter, justifica o resultado de Michelson-Morley. Ou seja, mostre que essa contração faz com que a diferença de tempo, que você calculou no item (b) do Exercício 4, se anule.
- (b) Usando o resultado que você obteve no item (b) do Exercício 3, mostre que a contração $l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ e a dilatação temporal

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

que são aferidas por alguém que observa o laboratório, lá de um referencial que está em repouso no éter, implicam que qualquer tentativa de calcular a velocidade da luz sempre tratá o mesmo resultado. Aqui, T_0 se refere a um intervalo de tempo arbitrário que é medido no referencial do laboratório.

6. Uma das grandes vantagens do experimento de Michelson-Morley é que ele se esquivava de qualquer necessidade de sincronizar relógios como aquela que é necessária, por exemplo, por alguém que, acreditando na existência de um suposto éter, deseja medir o que seria o valor verdadeiro da velocidade da luz que se propaga entre dois pontos distintos do laboratório. Entretanto, vale notar que, apesar da di-

ficuldade para se realizar este experimento, não existe qualquer impedimento para que possamos avaliar teoricamente qual é a diferença de tempo que precisa existir entre dois relógios A e B , que foram sincronizados no referencial do laboratório quando postos um ao lado do outro, mas que passam a se mover entre si.

- (a) Considerando a situação bem confortável onde a velocidade $\delta\vec{v}$ com que o relógio B se distancia de A tem a mesma direção da velocidade \vec{v} do laboratório em relação ao suposto éter, calcule quais são as frequências f_A e f_B que alguém, que observa todo esse movimento do referencial do éter, associa respectivamente aos ponteiros dos relógios A e B .
- (b) Considerando que $|\delta\vec{v}| \ll |\vec{v}|$, calcule o resultado aproximado de $f_A - f_B$ expandindo as raízes quadradas envolvidas em potências de $\delta\vec{v}$.
- (c) Levando em conta que, depois de transcorrido um intervalo de tempo τ para um observador que está no referencial do éter, ele nota que os relógios estão separados por uma distância $l = \tau \cdot |\delta\vec{v}|$, calcule qual é a diferença de fase $\Delta\phi$ que esse observador associa aos ponteiros do relógio. Expresse $\Delta\phi$ em função de l e f_A .
- (d) Admitindo que, para esse observador, a diferença nas leituras do tempo entre esses dois relógios pode ser estimada como $t_A - t_B = \Delta\phi/f_A$, expresse essa diferença de tempo em função de l_0 já que, para esse observador, vale a contração $l = l_0\sqrt{1 - v^2/c^2}$.