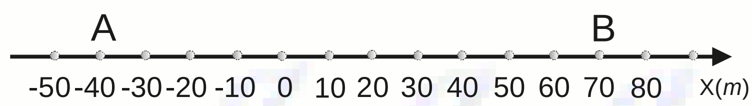
01. Uma partícula desloca-se sobre uma reta na direção x. No instante t_1 = 1,0 s, a partícula encontra-se na posição A e no instante t_2 = 6,0 s encontra-se na posição B, como indicadas na figura abaixo. Determine a velocidade média da partícula no intervalo de tempo entre os instantes t_1 e t_2.



Solução

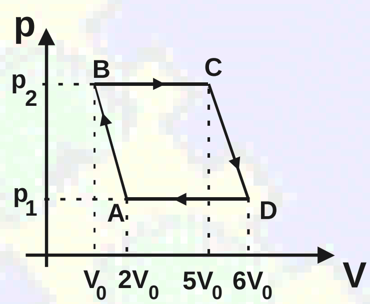
Para solucionar esta questão, é necessário o conhecimento da definição de velocidade média.

A velocidade média é definida como $v_m = \Delta x / \Delta t$,

onde $\Delta x = 70 - (-40) = 110\ m$ e $\Delta t = 6 - 1 = 5\ s$, logo, $v_m = (110 / 5)\ s = 22\ m/s$.

Pontuação: Até dez pontos.

02. Um gás ideal sofre as transformações mostradas no diagrama da figura abaixo.



Determine o trabalho total realizado durante os quatro processos termodinâmicos A→B→C→D→A.

Solução

Para solucionar essa questão, necessita-se do conhecimento sobre gases ideais e primeira Lei da Termodinâmica.

$W_{total} = W_{ciclo} = (6V_0 - 2V_0)(p_2 - p_1) = 4V_0 (p_2 - p_1)$. (Área do paralelogramo)

Pontuação: Até dez pontos.

03. Uma lente delgada convergente (n=1,52) tem uma distância focal de 40 cm quando imersa no ar. Encontre sua distância focal, quando ela estiver imersa num fluido que tem índice de refração n_f =1,31.

Solução

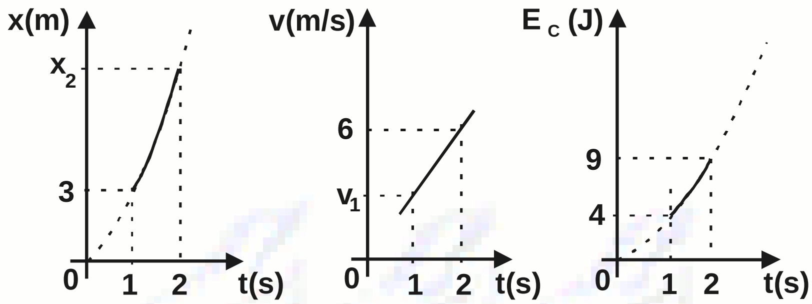
A solução dessa questão envolve o conhecimento teórico sobre ótica geométrica. Usando-se a fórmula $\frac{1}{f} = (n - 1)(1/R_1 - 1/R_2)$, em ambos os casos, e notando-se que R_1 e R_2 permanecem os mesmos, no ar e no fluido, podemos escrever que:

$f_{fluido} / f_{ar} = (n - 1) / (n' - 1)$, onde n' é o índice de refração da lente relativo ao fluido

n' =1,52/1,31 = 1,16. Dessa forma, encontra-se $f_{fluido} = 3{,}25\ f_{ar} = 130$ cm

Pontuação: Até dez pontos.

04. Os gráficos da posição *x(t)*, da velocidade instantânea *v(t)* e da energia cinética $E_c(t)$, de uma partícula, em função do tempo, são mostrados na figura abaixo.



Determine:

A) a velocidade da partícula em t=1,0 s.
B) a aceleração instantânea da partícula.
C) a força resultante que atua na partícula.
D) o valor da posição da partícula em t = 2,0 s.
E) a velocidade média no intervalo de tempo entre t_1 = 1,0 s e t_2 = 2,0 s.

Solução
Para solucionar esta questão, recorre-se ao conhecimento teórico de cinemática e conservação de energia, além de interpretação de gráficos.

A) Dos gráficos de *v(t)* e $E_c(t)$ temos: $\frac{1}{2}$ m 36 = 9 $\Rightarrow$ m = 0,5 kg e $\frac{1}{2}(0,5)v_1^2 = 4 \Rightarrow v_1 = 4,0$ m/s.

B) $a = (v_2 - v_1)/\Delta t = (6 - 4)/1 = 2,0$ m/s^2

C) F = ma = (0,5) 2 = 1,0 N

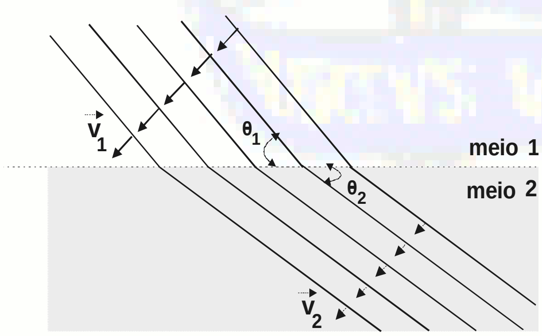
D) No gráfico de *x(t)*, verifica-se que *x* varia quadraticamente com o tempo, e a velocidade linearmente. Então,

$$x(t) = v_0t + \frac{1}{2}at^2, \text{ logo } x(t= 2s) = 2.2+(0,5).2.2^2 = 8,0 \text{ m}$$

E) $v_m = \Delta x/\Delta t$ = (8 – 3)/1 = 5,0 m ou $v_m = (6 + 4) / 2 = 5,0$ *m*

Pontuação: Até dois pontos por item

05. A figura abaixo mostra frentes de onda passando de um meio 1 para um meio 2. A velocidade da onda no meio 1 é v_1= 200,0 m/s, e a distância entre duas frentes de ondas consecutivas é de 4,0 cm no meio 1.



Considere senθ_1= 0,8 e senθ_2=0,5 e determine:

A) os valores das freqüências f_1, no meio 1, e f_2, no meio 2.
B) a velocidade da onda no meio 2.
C) a distância **d** entre duas frentes de ondas consecutivas no meio 2.

D) o índice de refração n_2, do meio 2.

Solução
A solução dessa questão envolve o conhecimento teórico sobre ondas e fenômeno de refração.

A) $f_1 = v_1/\lambda_1 = 200/4 = 50\ Hz$ e $f_2 = 50$ Hz, pois as freqüências não mudam, quando as ondas passam de um meio para outro.

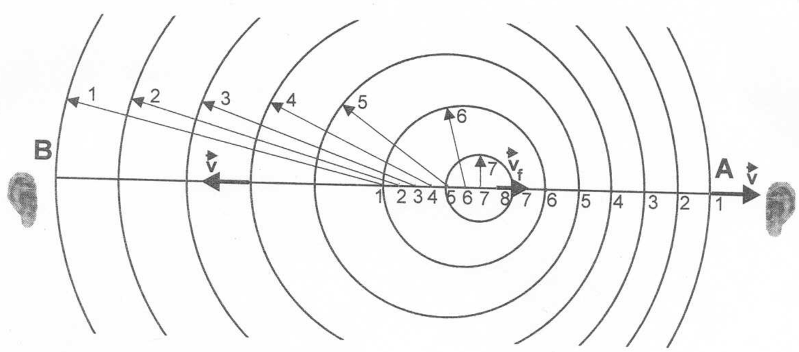
B) $\text{sen}\,\theta_1 (v_2) = \text{sen}\,\theta_2 (v_1)$, logo, $v_2 = 100/0{,}8 = 125$ m/s

C) $\mathbf{d}.f_2 = v_2$,, então, $\mathbf{d} = 125/50 = 2{,}5$ m

D) $n_1 v_1 = n_2 v_2$, então, $n_2 = (200/125)n_1 = 1{,}6\ n_1$.

Pontuação: Item A até três pontos; item B até dois pontos; item C até três pontos; item D até dois pontos.

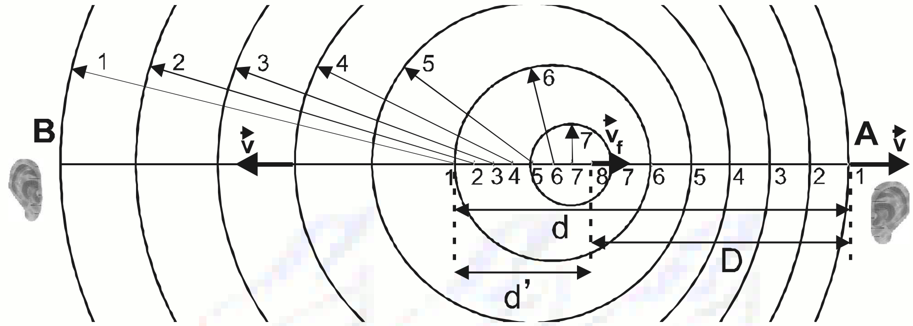
06. A figura abaixo mostra frentes de onda sucessivas emitidas por uma fonte puntiforme em movimento, com velocidade v_f para a direita. Cada frente de onda numerada foi emitida quando a fonte estava na posição identificada pelo mesmo número. A distância percorrida em 0,9 segundos, pela fonte, medida a partir da posição indicada pelo número 1 até a posição indicada pelo número 8, é de 9,0 m, e a velocidade da onda é de 20,0 m/s.



Determine:

A) a velocidade v_f da fonte.
B) o comprimento de onda medido pelo observador A.
C) a freqüência medida pelo observador B.
D) a freqüência da fonte.

Solução
A solução dessa questão exige o conhecimento teórico sobre Efeito Doppler em ondas sonoras.



A) A velocidade da onda é de 20,0 m/s. Observando-se a figura, verifica-se que num mesmo intervalo de tempo Δt, a onda percorre uma distância $2x$, e a fonte, uma distância x, então: $2x = v\Delta t$ e $x = v_f \Delta t \Rightarrow v_f = v/2 = 10{,}0$ m/s

B) D = Nλ, onde N é o número de ondas, que é igual a 8, da figura. D = d – d' e d = $v\Delta t$ = 20(0,9) = 18,0 m e d'= v_f Δt = 10.(0,9) =9,0 m, então, D = 18 – 9 = 9,0 m e $\lambda_A = \frac{D}{N} = \frac{9}{8} = 1{,}125\,\text{m}$

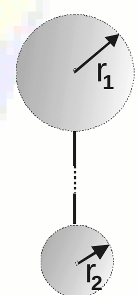
C) D' = d + d'= $v\Delta t + v_f \Delta t$ = 20.(0,9) + 10.(0,9) = 27,0 m , mas D' = Nλ_B e $\lambda_B = v/f_B$
λ_B=27/10 = 2,7 m e f_B= 20/2,7 = 7,4 Hz.

D) $f_B = v/(v + v_f)\, f_0 \Rightarrow f_B = [(20+10)/20]$ 7,4 = 11,1 Hz

D é a distância entre a primeira e a última frente de onda emitida no intervalo de tempo Δt para o observador A.
D' é a distância entre a primeira e a última frente de onda emitida no intervalo de tempo Δt para o observador B.
d é a distância percorrida pela primeira frente de onda no mesmo intervalo de tempo Δt.
d' é a distância percorrida pela fonte no mesmo intervalo de tempo Δt.
f_B é a freqüência medida pelo observador B.

Pontuação: Item A até três pontos; item B até dois pontos; item C até três pontos; item D até dois pontos.

07. Duas esferas condutoras de raios $\mathbf{r_1}$ e $\mathbf{r_2}$ estão separadas por uma distância muito maior que o raio de qualquer das duas esferas. As esferas estão conectadas por um fio condutor, como mostra a figura ao lado. Se as cargas das esferas em equilíbrio são, respectivamente, $\mathbf{q_1}$ e $\mathbf{q_2}$, determine:



A) a razão entre as cargas $\mathbf{q_1}$ e $\mathbf{q_2}$.

B) a razão entre as intensidades do campo elétrico na superfície das esferas em função de $\mathbf{r_1}$ e $\mathbf{r_2}$

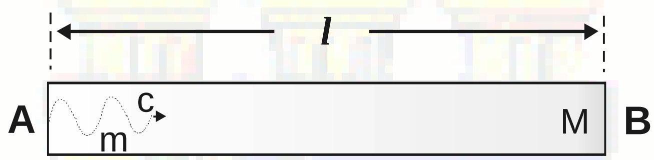
Solução
Resolver essa questão significa ter conhecimento teórico sobre carga elétrica, fenômenos eletrostáticos, condutores, campo e potencial elétrico.

A) Como as esferas condutoras estão conectadas por fio condutor, elas estarão em um mesmo potencial: $V=k\, q_1/r_1 = k\, q_2/r_2 \Rightarrow q_1/q_2 = r_1/r_2$.

B) Como as esferas estão muito distantes uma da outra, suas superfícies estarão uniformemente carregadas, e podemos escrever o módulo do campo elétrico em suas superfícies da seguinte forma: $E_1= k\, q_1/r_1^2$ e $E_2= k\, q_2/r_2^2 \Rightarrow E_1/E_2=(q_1/r_1^2)\,(r_2^2/q_2)$. Substituindo-se q_1/q_2, obtemos $E_1/E_2= r_2/r_1$.

Pontuação: O item A até cinco pontos, o item B até cinco pontos.

08. Na extremidade esquerda de uma caixa fechada, de comprimento ***l*** e massa **M**, mostrada na figura abaixo, ocorre a emissão de um pulso de radiação eletromagnética com energia **E**. A radiação é absorvida na extremidade direita da caixa. Determine a massa **m,** transferida da extremidade esquerda para a extremidade direita da caixa pelo pulso de radiação eletromagnética. Considere **M** muito maior que **m.**



Solução
A solução dessa questão requer o conhecimento sobre Mecânica Relativística, mais especificamente emissão de luz e teoria da Relatividade Restrita.

A radiação carrega energia e momento e, quando ocorre a emissão, a caixa recua de maneira que o momento total do sistema permanece constante. No instante em que a radiação é absorvida no lado direito da caixa, o seu momento cancela o momento da caixa que entra em repouso. No intervalo de tempo em que a radiação se movia de um lado ao outro da caixa, a caixa deslocou-se de uma distância *x*. O centro de massa do sistema não se move, tendo em vista que não existe força resultante na direção do movimento. Consideremos, por simplicidade, os lados da caixa como se não tivessem massa, portanto, as paredes laterais da caixa, A e B, têm cada uma massa **M/2,** e o centro de massa do sistema encontra-se no centro da caixa, a uma distância ***l*/2** de cada extremidade. De acordo com a conservação do momento linear, temos: $p_{caixa}= p_{radiação}$

$\mathbf{(M - m)}\boldsymbol{v}\mathbf{ = E/c}$ onde $E/c = p_{radiação}$ e v é a velocidade de recuo da caixa.

Então, $v = E/(M - m)c \approx E/Mc$, pois M é muito maior que m.

A caixa e a radiação se movem durante um tempo $t = \boldsymbol{l/c}$ e $\boldsymbol{x} = vt \Rightarrow x = E\boldsymbol{l}/\mathbf{Mc^2}$ **(1)**
Como o centro de massa não se move, podemos escrever:

$$\left(\frac{1}{2}M - m\right)\left(\frac{1}{2}\boldsymbol{l} + \boldsymbol{x}\right) = \left(\frac{1}{2}M + m\right)\left(\frac{1}{2}\boldsymbol{l} - x\right) \Rightarrow x = \mathbf{m}\,\boldsymbol{l}\,/\,\mathbf{M} \quad \mathbf{(2)}$$

Comparando **(1)** com **(2)**, temos $\mathbf{m = E/c^2}$

Pontuação: Até dez pontos.