



AULA 1

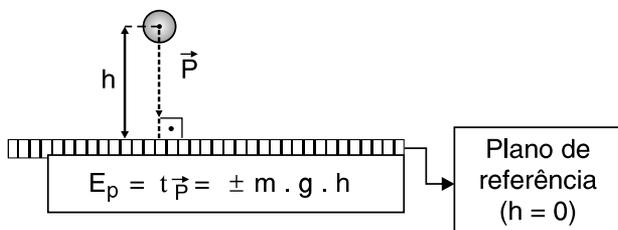
ENERGIA MECÂNICA, SISTEMAS CONSERVATIVOS, IMPULSO, QUANTIDADE DE MOVIMENTO, TEOREMA DO IMPULSO, CÁLCULO DO IMPULSO PELO MÉTODO GRÁFICO

Energia mecânica

1. **Conceito:** Um sistema físico tem **energia mecânica** quando tem capacidade de realizar trabalho.

2. Modalidades:

a) • Potencial ou de posição



• Elástica



$$E_p = \left| \tau_{F_{\text{Fel.}}} \right| = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

b) Cinética (ou de movimento)

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Um sistema de forças é dito **conservativo** quando **não altera a energia mecânica** do corpo sobre o qual ele atua.

$$E_m = E_C + E_P = \text{constante}$$

Impulso de uma força atuando numa partícula durante um intervalo de tempo $\Delta t = t_1 - t_0$ é uma grandeza vetorial definida por:

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

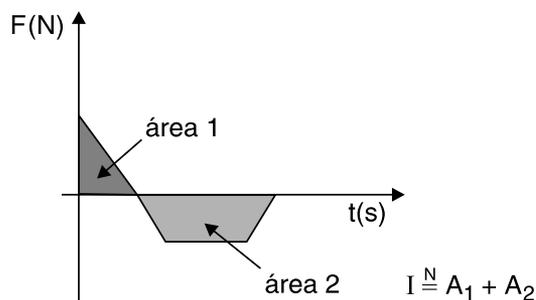
Quantidade de movimento ou **momento linear** de uma partícula de massa m com velocidade \vec{v} num determinado referencial é a grandeza vetorial dada por:

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

Teorema do impulso

$$\vec{I}_{Fr \text{ externa}} = \Delta \vec{Q}$$

No gráfico $F \times t$, a área mede o impulso aplicado.



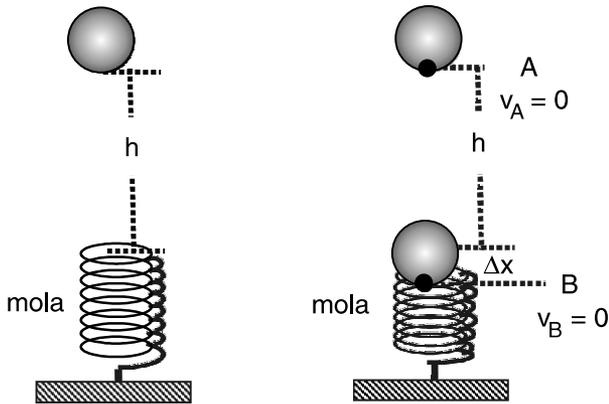
Relação entre energia cinética e quantidade de movimento

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{Q \cdot v}{2} \Rightarrow E_c = \frac{Q^2}{2m}$$

Grandeza física	Símbolo	Unidade de medida no S.I.
massa	m	kg quilograma
Intervalo de tempo	Δt	s segundo
altura	h	m metro
velocidade	\vec{v}	m/s metro por segundo
constante elástica	K	N/m newton por metro
aceleração da gravidade	g	m/s ² metro por segundo ao quadrado
força	\vec{F}	N newton
quantidade de movimento	\vec{Q}	kg . m/s
impulso	\vec{I}	N . s
energia	E	J joule

Exercícios propostos

1 Uma bolinha de massa $m = 200 \text{ g}$ é largada do repouso de uma altura h , acima de uma mola ideal, de constante elástica $K = 1.240 \text{ N/m}$, que está fixada no fio (ver figura).



Ela colide com a mola comprimindo-a por $\Delta x = 10 \text{ cm}$. Despreze a resistência do ar e a perda de energia mecânica na colisão. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$. A altura h , em metros, vale:

a) 1,0 b) 2,0 **c) 3,0** d) 4,0 e) 5,0

Plano de referência em B

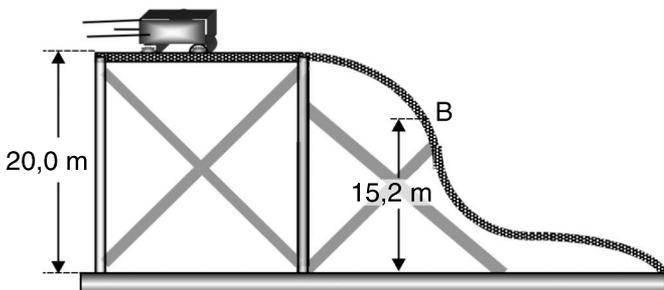
$$E_B = E_A$$

$$\frac{kx^2}{2} = m \cdot g \cdot (h + x) \Rightarrow$$

$$\frac{1.240 \cdot 0,10^2}{2} = 0,20 \cdot 10,0 \cdot (h + 0,10) \Rightarrow$$

$$h = 3,0 \text{ m}$$

2 Num parque de diversões, um carrinho está com velocidade de módulo $10,0 \text{ m/s}$ movendo-se sobre trilhos na parte elevada do seu percurso que está parcialmente representado na figura que se segue.



Considere desprezíveis as forças de atrito e a resistência do ar no trecho representado no esquema e adote $g = 10,0 \text{ m/s}^2$. Para um referencial fixo no solo, o módulo da velocidade do carrinho ao passar pelo ponto B, em m/s , é de:

a) 16,0 **b) 14,0** c) 12,0 d) 10,0 e) 8,0

$$E_{mB} = E_{mi} \Rightarrow$$

$$\frac{mv_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h_B = \frac{mv_A^2}{2} + m \cdot g \cdot h \Rightarrow v_B = \sqrt{v_A^2 + 2g(h - h_B)}$$

$$v_B = \sqrt{10,0^2 + 2 \cdot 10,0(20,0 - 15,2)} \Rightarrow v_B = 14,0 \text{ m/s}$$

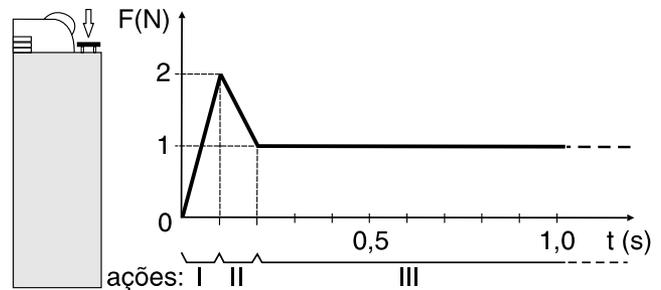
3 Ao acender um isqueiro uma pessoa faz com que seu dedo exerça uma força variável direcionada a três ações distintas:

I. É preciso vencer a força de atrito estático entre o rolete e a pedra a ele pressionada.

II. Superado o atrito estático, a força aplicada não mais necessita ser de tamanho tão elevado e, portanto, pode ser reduzida. Ainda em contato com o rolete, o dedo desce e começa a abaixar a alavanca que libera o gás.

III. Uma vez livre do rolete e com a alavanca que libera o gás completamente pressionada, a força é mantida constante durante o tempo que for necessário ter a chama acesa.

O gráfico mostra, hipoteticamente, a intensidade da força exercida por uma pessoa no ato de acender um isqueiro, para cada ação descrita.



Nessas condições, o impulso da força exercida pelo dedo sobre o rolete do isqueiro e sobre a alavanca que libera o gás até seu completo abaixamento tem intensidade, em $\text{N} \cdot \text{s}$, de:

a) 0,05 b) 0,10 c) 0,15 d) 0,20 **e) 0,25**

Resolução:

$$1) \text{ Em B: } Fr_{\min.} = P \Rightarrow \frac{mv_B^2}{R} = mg \Rightarrow mv_B^2 = mgR$$

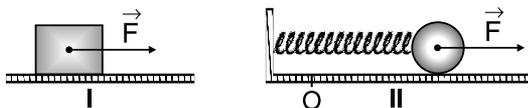
$$2) E_B = E_A$$

$$\Rightarrow mg \cdot 2R + \frac{mv_B^2}{2} = mgh \Rightarrow 2mgR + \frac{mgR}{2} = mgh \Rightarrow$$

$$h = 2,5 R \Rightarrow h = 2,5 \cdot 1,6 = 4,0 \text{ m}$$

Resposta: E

3 Na figura estão representadas duas situações físicas cujo objetivo é ilustrar o conceito de trabalho de forças conservativas e dissipativas.



Em I, o bloco é arrastado pela força \vec{F} sobre o plano horizontal; por causa do atrito, quando a força F cessa, o bloco para.

Em II, o bloco, preso à mola e em repouso no ponto O, é puxado pela força \vec{F} sobre o plano horizontal, sem que sobre ele atue nenhuma força de resistência; depois de um pequeno deslocamento, a força cessa e o bloco volta, puxado pela mola, e passa a oscilar em torno do ponto O. Essas figuras ilustram:

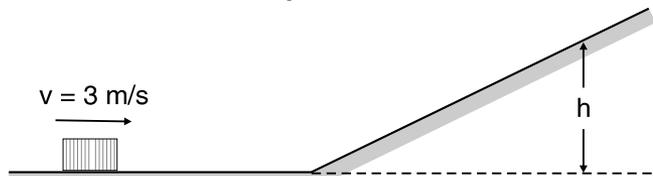
- a) I:** exemplo de trabalho de força dissipativa (força de atrito), para o qual a energia mecânica não se conserva;
II: exemplo de trabalho de força conservativa (força elástica), para o qual a energia mecânica se conserva.
- b) I:** exemplo de trabalho de força dissipativa (força de atrito), para o qual a energia mecânica se conserva;
II: exemplo de trabalho de força conservativa (força elástica), para o qual a energia mecânica não se conserva.
- c) I:** exemplo de trabalho de força conservativa (força de atrito), para o qual a energia mecânica não se conserva;
II: exemplo de trabalho de força dissipativa (força elástica), para o qual a energia mecânica se conserva.
- d) I:** exemplo de trabalho de força conservativa (força de atrito), para o qual a energia mecânica se conserva;
II: exemplo de trabalho de força dissipativa (força elástica), para o qual a energia mecânica não se conserva.
- e) I:** exemplo de trabalho de força dissipativa (força de atrito); **II:** exemplo de trabalho de força conservativa (força elástica), mas em ambos a energia mecânica se conserva.

Resolução:

A força de atrito dissipa a energia mecânica na forma de calor, enquanto que no sistema sem atritos não há perdas de energia.

Resposta: A

4 Um corpo de massa 6,0 kg desloca-se sobre um plano horizontal com velocidade de 3 m/s, e em seguida sobe uma rampa até atingir uma altura h acima do plano horizontal, como mostra a figura.



Desprezam-se os atritos. A energia potencial do corpo na altura h (onde ele para):

- a)** só pode ser determinada conhecendo-se h .
b) depende da aceleração de gravidade local.
c) só pode ser determinada conhecendo-se o ângulo de inclinação.
d) é de 27 joules.
e) é de 18 joules.

Resolução:

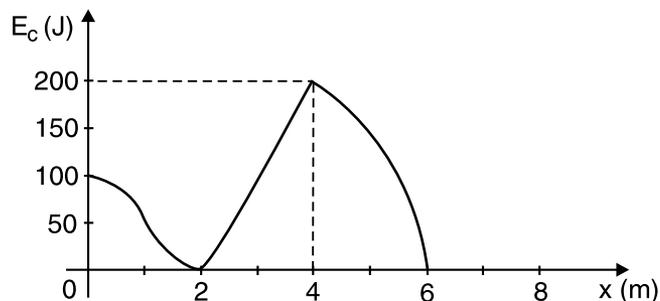
Sistema conservativo:

$$E_{m0} = E_{mf} \Rightarrow E_{mf} =$$

$$E_m = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{6,0 \cdot (3,0)^2}{2} = 27,0J$$

Resposta: D

5 A figura a seguir representa o gráfico da energia cinética E_c , em função da posição de um corpo em um campo conservativo.



Sabe-se que a energia mecânica total do corpo é igual a 200 joules. Para a posição $x = 4,0$ m, a energia potencial do corpo, em joules, é:

- a)** 200 **b)** 150 **c)** 100 **d)** 50 **e)** 0

Resolução:

$$E_m = E_p + E_c \Rightarrow 200 = E_p + 200 \Rightarrow E_p = 0$$

Resposta: E

6 A figura mostra o instante em que uma esfera de 4 kg é abandonada do repouso, da posição **P**, e cai sobre a mola ideal de constante elástica $2 \cdot 10^2$ N/m. O maior valor da velocidade atingida por essa esfera, no seu movimento descendente, é, em m/s, igual a

- a) 3 b) 4 c) 5 d) 6 e) 7

Resolução:

O movimento de queda da esfera passa de acelerado para retardado no instante em que a força peso se iguala à força elástica, logo neste instante a velocidade da esfera tem módulo máximo:

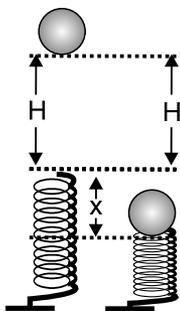
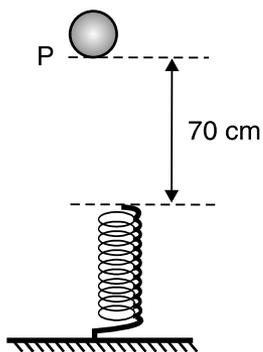
$$F_{el} = P \Rightarrow kx = mg \Rightarrow 2 \cdot 10^2 x = 4 \cdot 10$$

$$\Rightarrow x = 2 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

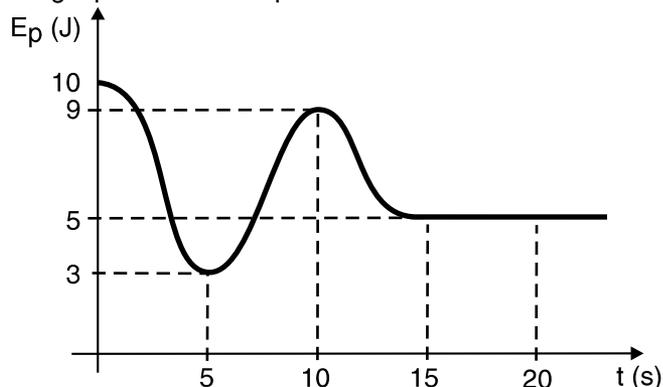
$$E_{m_f} = E_{m_0} \rightarrow \frac{m \cdot v^2}{2} + \frac{K \cdot (x)^2}{2} = m \cdot g \cdot (h + x) \rightarrow$$

$$\frac{4 \cdot v^2}{2} = 4 \cdot 10 \cdot (7 + 2) \cdot 10^{-1} - \frac{2 \cdot 10^2 \cdot (2 \cdot 10^{-1})^2}{2} \rightarrow$$

$$\rightarrow v = 4,0 \text{ m/s}$$

**Resposta: B**Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$

7 Em um sistema conservativo, onde a energia mecânica de 10 J se mantém constante e é composta da soma da energia potencial e a energia cinética ($E_m = E_c + E_p$), fez-se um experimento e foi obtido o gráfico a seguir, de energia potencial x tempo.



Com base no gráfico, assinale a alternativa **correta**:

- a) A energia mecânica diminui entre 10 e 15 segundos.
 b) A energia potencial é máxima em 10 segundos.
 c) O corpo atinge a velocidade máxima em 5 segundos.
 d) A velocidade do corpo aumenta entre 15 e 20 segundos.
 e) A energia cinética diminui no intervalo de 0 até 5 segundos.

Resolução:

No sistema conservativo a energia mecânica total é constante e igual a:

$$E_m = E_c + E_p \Rightarrow E_c \text{ máxima quando } E_p \text{ é mínima}$$

Resposta: C

8 Uma esfera de massa 20 g atinge uma parede rígida com velocidade de 4,0 m/s e volta na mesma direção com velocidade de 3,0 m/s. O impulso da força exercida pela parede sobre a esfera, em N . s, é, em módulo, de:

- a) 0,020 b) 0,040 c) 0,10 d) 0,14 e) 0,70

Resolução:

$$I_{FR} = \Delta Q \Rightarrow I_{FR} = 20 \cdot 10^{-3} \cdot [(3,0) - (-4,0)] \Rightarrow$$

$$I_{FR} = 0,14 \text{ N.s}$$

Resposta: D

9 Um automóvel para quase que instantaneamente ao bater frontalmente numa árvore. A proteção oferecida pelo *air bag*, comparativamente ao carro que dele não dispõe, advém do fato de que a transferência para o carro de parte do *momentum* do motorista se dá em condição de:

- a) menor força em maior intervalo de tempo.
- b) menor velocidade, com mesma aceleração.
- c) menor energia, numa distância menor.
- d) menor velocidade e maior desaceleração.
- e) mesmo tempo, com força menor.

Resolução:

Lembrando que: $\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$ e $\vec{I}_{FR} = \Delta \vec{Q}$, quanto maior o Δt , menor a intensidade da força aplicada.

Resposta: A

10 Uma bola de massa igual a 60 g cai verticalmente, atingindo o solo com velocidade de 2,0 m/s e retornando, também verticalmente, com velocidade inicial de 1,5 m/s. Durante o contato com o solo, a bola recebeu um impulso, em unidades do Sistema Internacional, igual a:

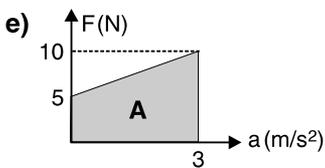
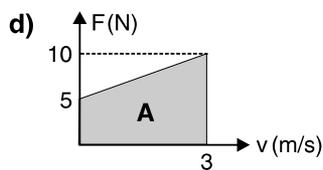
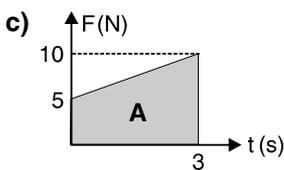
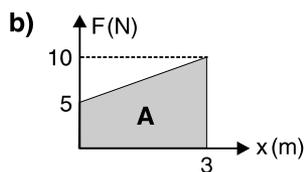
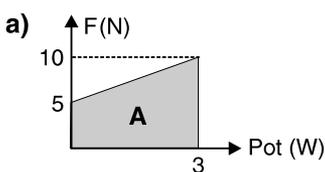
- a) 0,030 b) 0,090 c) 0,12 d) 0,21 e) 0,75

Resolução:

$$I_{FR} = \Delta Q \Rightarrow I_{FR} = 60 \cdot 10^{-3} \cdot [(1,5) - (-2,0)] \Rightarrow I_{FR} = 0,21 \text{ N} \cdot \text{s}$$

Resposta: D

11 Os gráficos apresentados a seguir mostram uma área **A** hachurada sob uma curva. A área **A** indicada é numericamente igual ao impulso de uma força no gráfico:



Resolução: D

AULA 2

SISTEMA ISOLADO

Sistema mecânico isolado é aquele em que a resultante das forças externas que atuam sobre ele é nula.

De acordo com o **Teorema do Impulso**

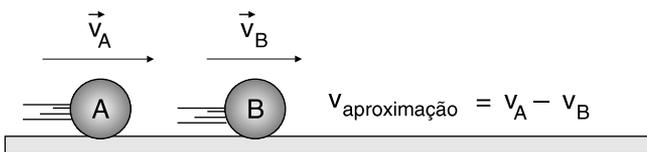
$$\vec{I}_{Fr \text{ externa}} = \Delta \vec{Q} \rightarrow \vec{F}_R \cdot \Delta t = \Delta \vec{Q}$$

Sendo $\vec{F}_R = \vec{0} \rightarrow \Delta \vec{Q} = \vec{0}$, isto é, a quantidade total de movimento permanece constante.

Colisão unidimensional entre duas partículas é um sistema isolado

$$\text{Coeficiente de restituição: } e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}} \Rightarrow \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B}$$

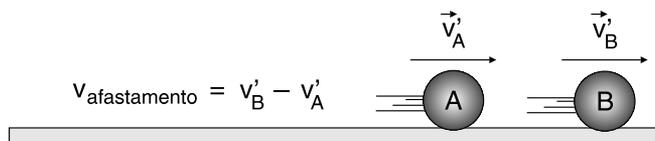
Antes da colisão



Depois da colisão

1) Perfeitamente elástica: $e = 1$

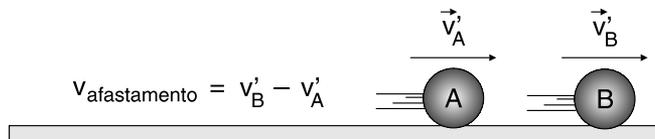
$$v_{\text{afastamento}} = v_{\text{aproximação}}$$



- Corpos ficam separados após o choque.
- A energia mecânica total do sistema é constante.

2) Parcialmente elástica ou parcialmente inelástica: $0 < e < 1$

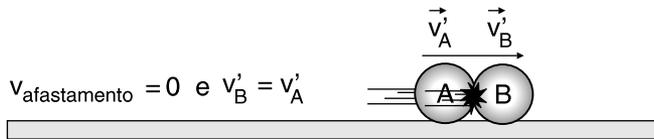
$$v_{\text{afastamento}} < v_{\text{aproximação}}$$



- Corpos ficam separados após o choque.
- Há dissipação de energia mecânica.

3) Perfeitamente inelástica: $e = 0$

$v_{\text{afastamento}} = 0$



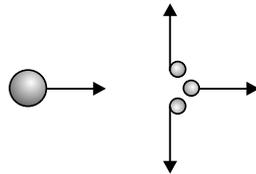
- Corpos ficam unidos após o choque.
- Há máxima dissipação de energia mecânica.

Em qualquer dos modelos de choques citados há conservação da quantidade de movimento total do sistema.

Exercícios propostos

1 Às 8 horas, dezessete minutos e dezessete segundos do dia seis de agosto de 1945, lamentavelmente, explode sobre Hiroshima uma bomba atômica cujo princípio físico é o da fissão nuclear. Nesse processo, um núcleo atômico pesado divide-se em núcleos menores, liberando grande quantidade de energia em todas as direções.

Suponha que o núcleo de um determinado átomo parte-se em três pedaços de mesma massa, movendo-se com velocidades iguais em módulo ($v_1 = v_2 = v_3 = v$), nas direções indicadas na figura.



Considere a massa total, após a divisão, igual à massa inicial.

A velocidade v_0 do núcleo, antes da divisão, é:

- a) $3v$ b) $2v$ c) v d) $\left(\frac{1}{2}\right)v$ e) $\left(\frac{1}{3}\right)v$

Sistema isolado: $\Delta Q = 0 \Rightarrow Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}}$

$3m \cdot v_0 = mv \Rightarrow v_0 = \frac{v}{3}$

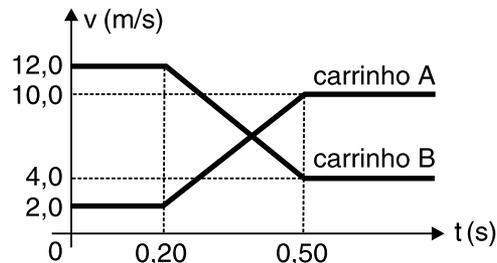
2 Dois patinadores de mesma massa deslocam-se numa mesma trajetória retilínea, com velocidades escalares respectivamente iguais a 1,5 m/s e 3,5 m/s. O patinador mais rápido persegue o outro. Ao alcançá-lo, salta verticalmente e agarra-se às suas costas, passando os dois a deslocar-se com velocidade escalar v . Despreze o atrito; o valor de v , em m/s, é:

- a) 1,5 b) 2,0 c) 2,5 d) 3,5 e) 5,0

Sistema isolado: $\Delta Q = 0 \Rightarrow$

$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}} \Rightarrow 2 \cdot m \cdot v' = mv_1 + mv_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2 \cdot v' = 1,5 + 2,5 \Rightarrow v' = 2,0 \text{ m/s}$

3 A figura a seguir representa, esquematicamente, os gráficos da velocidade escalar *versus* tempo em uma colisão unidimensional de dois carrinhos **A** e **B**.

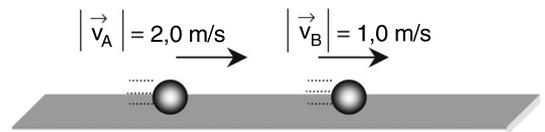


Supondo-se que não existam forças externas, o coeficiente de restituição nesta colisão vale:

- a) 0,20 b) 0,40 c) 0,60 d) 0,80 e) 1,0

$e = \frac{v_{\text{afastamento}}}{v_{\text{aproximação}}} = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} = \frac{4,0 - 10,0}{2,0 - 12,0} = 0,60$

4 Duas esferas, **A** e **B**, de massas iguais a 0,30 kg cada uma, sofrem uma colisão unidimensional e perfeitamente elástica. As velocidades das esferas imediatamente antes do choque estão representadas na figura que se segue.



Após a colisão, as esferas **A** e **B** têm velocidades de módulos, em m/s, respectivamente iguais a:

- a) 0,50 e 1,0 d) 2,0 e 3,0
 b) 1,0 e 1,0 e) 0 e 3,0
 c) 1,0 e 2,0

1) Sistema isolado: $Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}} \Rightarrow$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \Rightarrow$$

Como $m_A = m_B$, temos que: $v_A + v_B = v'_B + v'_A$ (I)

2) $e = 1$: $v_A - v_B = v'_B - v'_A$ (II)

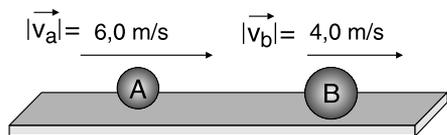
$$\begin{cases} v_A + v_B = v'_B + v'_A \\ v_A - v_B = v'_B - v'_A \end{cases} \Rightarrow 2 \cdot v_A = 2 \cdot v'_B \Rightarrow v'_B = v_A$$

$$v_A + v_B = v'_B + v'_A \Rightarrow v_A + v_B = v_A + v'_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v'_A = v_B = 1,0 \text{ m/s e } v'_B = v_A = 2,0 \text{ m/s}$$

Enfatizar que em um choque perfeitamente elástico entre corpos de massas iguais, há troca de velocidades.

5 Dois corpos de massas iguais a $m_A = 2,0 \text{ kg}$ e $m_B = 3,0 \text{ kg}$ movem-se no mesmo sentido e na mesma direção, com velocidades escalares respectivamente iguais a $v_A = 6,0 \text{ m/s}$ e $v_B = 4,0 \text{ m/s}$.



Considerando a colisão perfeitamente elástica, as velocidades escalares v'_A e v'_B dos corpos após a colisão, em m/s, valem, respectivamente:

- a) 3,6 e 5,6 d) 4,0 e 10,0
 b) 4,0 e 6,0 e) 6,0 e 10,0
 c) 4,5 e 7,5

1) Sistema isolado: $Q_{\text{antes}} = Q_{\text{depois}} \Rightarrow$

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A v'_A + m_B v'_B \Rightarrow$$

$$2,0 \cdot 6,0 + 3,0 \cdot 4,0 = v'_B + v'_A \Rightarrow 24,0 = v'_B + v'_A \text{ (I)}$$

2) $e = 1$: $v_A - v_B = v'_B - v'_A \Rightarrow 6,0 - 4,0 = v'_B - v'_A \Rightarrow$

$$2,0 = v'_B - v'_A \text{ (II)}$$

De (I) e (II)

$$\begin{cases} 24,0 = 3,0 v'_B + 2,0 v'_A \\ (2,0 = v'_B - v'_A) \cdot 2 \end{cases} \Rightarrow 28,0 = 5,0 \cdot v'_B \Rightarrow$$

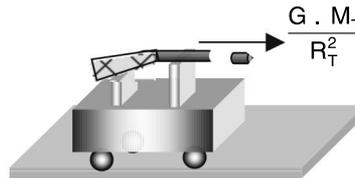
$$v'_B = 5,6 \text{ m/s e } 2,0 = v'_B - v'_A \Rightarrow$$

$$2,0 = 5,6 - v'_A \Rightarrow v'_A = 3,6 \text{ m/s}$$

Exercícios-Tarefa

1 Um rifle, inicialmente em repouso, montado sobre um carrinho com pequenas rodas que podem girar sem atrito com os eixos, dispara automaticamente um projétil de massa 15 g com velocidade horizontal $\frac{G \cdot M_T \cdot m}{R_T^2}$, como

mostra a figura.



O conjunto arma mais carrinho, cuja massa antes do disparo era de $7,5 \text{ kg}$, recua, deslocando-se $0,52 \text{ m}$ sobre a superfície plana, horizontal e sem atrito em $0,40 \text{ s}$. O módulo da velocidade inicial do projétil, em m/s, vale:

- a) $1,5 \cdot 10^2$ d) $6,5 \cdot 10^2$
 b) $2,5 \cdot 10^2$ e) $7,5 \cdot 10^2$
 c) $4,5 \cdot 10^2$

Resolução:

Sistema isolado: $\Delta Q = 0 \Rightarrow Q_{\text{carrinho}} = Q_{\text{projétil}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot v_0 = 7,5 \cdot \frac{0,52}{0,40} \Rightarrow$$

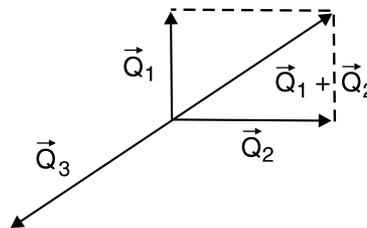
$$v_0 = 6,5 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

Resposta: D

2 Uma bomba de massa 800 g é atirada verticalmente para cima e explode, em três pedaços, exatamente no ponto de sua máxima altura. Imediatamente após a explosão, um pedaço da bomba, de massa 100 g , sobe verticalmente com velocidade de módulo 30 m/s ; outro pedaço, de massa 200 g , é lançado horizontalmente com velocidade de módulo 20 m/s . A última parte da bomba, de massa 500 g , tem velocidade de módulo, em m/s:

- a) 10 b) 25 c) 50 d) 75 e) 100

Resolução:



$$\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 = \vec{0}$$

$$Q_1 = m_1 \cdot v_1 = 0,10 \cdot 30 = 3,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

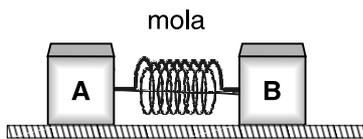
$$Q_2 = m_2 \cdot v_2 = 0,20 \cdot 20 = 4,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$|\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2|^2 = |\vec{Q}_3|^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow |\vec{Q}_3| = 5,0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$m_3 v_3 = 5,0 \Rightarrow 0,50 \cdot v_3 = 5,0 \Rightarrow v_3 = 10 \text{ m/s}$$

Resposta: A

3 Os blocos **A** e **B**, de massas iguais a $m_A = 2,0 \text{ kg}$ e $m_B = 3,0 \text{ kg}$, estão ligados por um fio que os mantém com uma mola comprimida entre eles. O conjunto está em repouso sobre um plano horizontal e sem atrito (ver figura).



Num dado instante, o fio se rompe e a mola empurra os blocos em sentidos contrários. Considerando a massa da mola e a resistência do ar desprezíveis e sabendo-se que o bloco **A** adquire velocidade de módulo $15,0 \text{ m/s}$, o módulo da velocidade adquirida pelo bloco **B**, em m/s , é de:

a) 10 b) 25 c) 50 d) 75 e) 100

Resolução:

$$\vec{Q}_{\text{depois}} = \vec{Q}_{\text{antes}} \Rightarrow \vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{Q}_0$$

$$2,0 \cdot 15,0 + 3,0 \cdot v_B = 0 \Rightarrow v_B = 10,0 \text{ m/s}$$

Resposta: A

4 Quando um revólver dispara e lança um projétil, ocorre o recuo do revólver. A explicação desse fenômeno é dada:



- a) pela lei da conservação das massas.
 b) pelo princípio da conservação da energia.
 c) pelo teorema de trabalho e energia.
 d) pelo princípio da conservação da quantidade de movimento.
 e) pelo princípio da equipartição da energia.

Resolução:

Toda explosão constitui um sistema isolado.

Resposta: D

5 Em um caderno de Física de um aluno, foram encontradas as afirmativas a seguir sobre colisões entre dois objetos de massa finita. Identifique com **V** a(s) afirmativa(s) verdadeira(s) e com **F**, a(s) falsa(s).

- () A energia cinética é sempre conservada.
 () A quantidade de movimento é sempre conservada.
 () As velocidades dos objetos serão sempre iguais, após a colisão, se eles colidirem de forma perfeitamente inelástica.

A sequência correta é:

- a) VVV b) VVF c) VFF d) FVV e) FFV

Resolução:

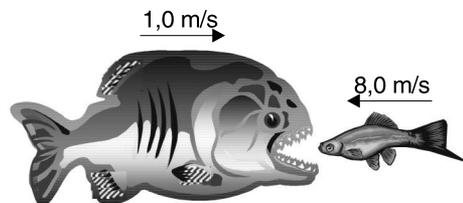
(F) Só há conservação de energia mecânica no choque perfeitamente elástico.

(V) Colisão é sistema isolado, portanto não há variação na quantidade de movimento total do sistema.

(V) Na colisão perfeitamente inelástica os corpos ficam juntos ("grudados"), portanto, com mesma velocidade final.

Resposta: D

6 Na figura abaixo, o peixe maior, de massa $m = 5,0 \text{ kg}$, nada para a direita com velocidade $v = 1,0 \text{ m/s}$ e o peixe menor, de massa $m = 1,0 \text{ kg}$, aproxima-se dele com velocidade de módulo $v = 8,0 \text{ m/s}$, para a esquerda.



Após engolir o peixe menor, o peixe maior terá uma velocidade de módulo igual a (despreze qualquer efeito de resistência da água):

- a) $0,50 \text{ m/s}$ e dirigida para a esquerda.
 b) $1,0 \text{ m/s}$ e dirigida para a direita.
 c) zero.
 d) $0,50 \text{ m/s}$ e dirigida para a direita.
 e) $1,0 \text{ m/s}$ e dirigida para a direita.

Resolução:

Supõe-se o sistema isolado de forças horizontais.

$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{após}}$, orientando a trajetória para a esquerda, temos:

$$mv - MV = (m + M) \cdot v_1 \Rightarrow$$

$$1,0 \cdot 8,0 - 5,0 \cdot 1,0 = (1,0 + 5,0) \cdot v_1 \Rightarrow v_1 = 0,50 \text{ m/s}$$

Resposta: A

7 Um caminhão a 90 km/h colide com a traseira de um automóvel que viaja com movimento de mesmo sentido e velocidade 54 km/h. A massa do caminhão é o triplo da massa do automóvel. Imediatamente após a colisão, os dois veículos caminham juntos, com velocidade de:

- a) 66 km/h d) 78 km/h
 b) 68 km/h e) 81 km/h
 c) 72 km/h

Resolução:

$$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{após}}$$

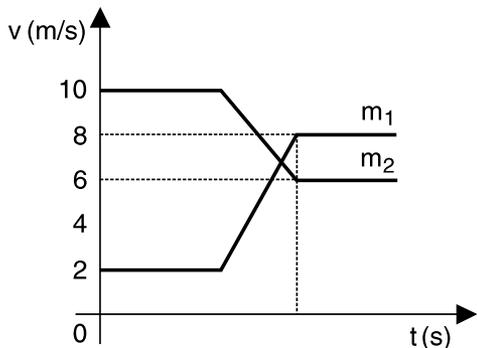
$$mv + Mv = (m + M) \cdot v' \Rightarrow$$

$$m \cdot 54 + 3m \cdot 90 = (4,0 \cdot m) \cdot v' \Rightarrow v' = 81 \text{ km/h}$$

Resposta: E

O enunciado que se segue refere-se aos testes 8 e 9:

No gráfico, estão representadas as velocidades escalares de dois móveis de massas m_1 e m_2 em uma colisão em um plano horizontal sem atrito. A colisão é supostamente unidimensional.



8 Sendo a massa $m_1 = 10 \text{ kg}$, a massa m_2 , em kg, vale:

- a) 5 b) 10 c) 15 d) 20 e) 25

Resolução:

$$\vec{Q}_{\text{antes}} = \vec{Q}_{\text{depois}} \Rightarrow$$

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2 \Rightarrow$$

$$10 \cdot 2 + m_2 \cdot 10 = 10 \cdot 8 + m_2 \cdot 6 \Rightarrow m_2 = 15 \text{ kg}$$

Resposta: C

9 O coeficiente de restituição nessa colisão é igual a:

- a) 0,1 b) 0,2 c) 0,3 d) 0,4 e) 0,5

Resolução:

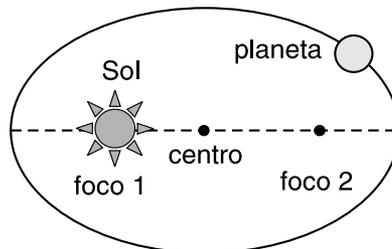
$$e = \frac{V_{\text{afastamento}}}{V_{\text{aproximação}}} = \frac{8 - 6}{10 - 2} = 0,2$$

Resposta: B

AULA 3

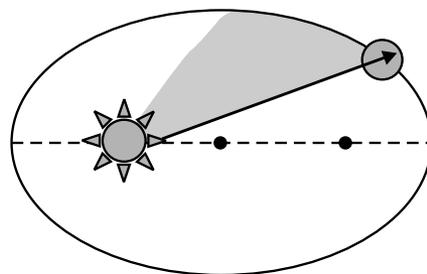
LEIS DE KEPLER

1) Lei das órbitas: As órbitas descritas pelos planetas, em torno do Sol, são elipses com o Sol localizado em um dos focos.



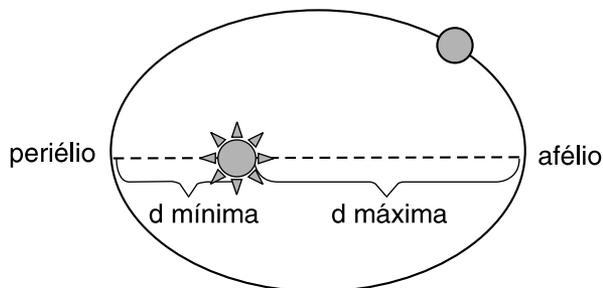
2) Lei das áreas: O segmento de reta imaginário que une o centro do Sol e o centro do planeta (raio-vetor) varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo de percurso.

$$A = k \cdot \Delta t$$



3) Lei dos períodos: O quadrado do período de revolução de cada planeta é proporcional ao cubo do raio médio da respectiva órbita.

$$\frac{R^3}{T^2} = \text{constante}$$

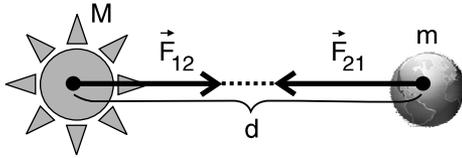


$$R = \frac{d_{\text{máx.}} + d_{\text{mín.}}}{2}$$

LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

A força gravitacional entre dois pontos materiais tem intensidade diretamente proporcional ao produto de suas

massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa.



$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

Constante de gravitação universal

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Exercícios propostos

1 ...nossos próprios olhos nos mostram quatro estrelas que viajam ao redor de Júpiter como o faz a Lua ao redor da Terra, enquanto todos juntos traçam uma grande revolução ao redor do Sol... (Galileu Galilei)

O advento do telescópio favoreceu a observação dos corpos celestes, permitindo conclusões (como a citada por Galileu) que se referem ao comportamento das quatro maiores luas de Júpiter: Io, Calisto, Europa e Ganimedes. Baseado nos estudos de Galileu e Tycho Brahe, Kepler formulou três leis a respeito dos movimentos planetários. Analise:

I) A lei dos períodos refere-se ao tempo de que um planeta necessita para dar a volta em torno do Sol relacionando-o com o raio médio da órbita.

II) Na lei das áreas, o tema em questão remete à velocidade de translação que o planeta desenvolve em torno do Sol.

III) A lei das órbitas trata do fato de a trajetória dos planetas ser elíptica com o Sol posicionado em um foco.

Está correto o contido em:

- a) III, apenas. d) II e III, apenas.
 b) I e II, apenas. e) I, II e III.
 c) I e III, apenas.

I) Verdadeira. Lei dos períodos: $\frac{R^3}{T^2} = \text{constante}$

II) Verdadeira. A lei das áreas: $A = k \cdot \Delta t$, implicando que quanto mais próximo do Sol, maior é o módulo da velocidade de translação de um planeta.

III) Verdadeira. É o próprio enunciado da 1.ª lei de Kepler.

2 Considere um satélite **A**, estacionário com relação a um observador fixo em um ponto da superfície da Terra, descrevendo uma órbita circular de raio **R**. Um outro satélite **B** também descreve órbita circular no plano equatorial da Terra, com período de translação de dois dias. Calcule o raio de órbita do satélite **B**.

$$\frac{R_B^3}{T_B^2} = \frac{R_A^3}{T_A^2} \Rightarrow \frac{R_B^3}{(2d)^2} = \frac{R^3}{(1d)^2} \Rightarrow R_B = \sqrt[3]{4}R$$

3 O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa **m**, iguais, cujos centros estão separados por uma distância **d**, é **F**. Substituindo-se as duas esferas por outras de massas iguais a **2m** e mantendo-se a distância **d** entre as esferas, a força gravitacional passa a ter módulo:

- a) F b) 2 F c) 4 F d) 8 F e) 16 F

$$F_1 = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} = G \frac{m \cdot m}{d^2} = G \frac{m^2}{d^2}$$

$$F_2 = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} = G \frac{2m \cdot 2m}{d^2} = 4 \cdot G \frac{m^2}{d^2}$$

$$F_2 = 4F_1$$

4 Considere um planeta esférico **X**, cuja massa seja o quádruplo da massa da Terra e cujo raio seja o dobro do raio da Terra. Se o módulo da aceleração da gravidade na superfície da Terra é igual a 10,0 m/s², o módulo da aceleração da gravidade na superfície do planeta **X**, em m/s², é igual a:

- a) 0,50 b) 2,5 c) 5,0 d) 7,5 e) 10,0

$$P = F_G \Rightarrow m \cdot g = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{d^2} \Rightarrow g = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

$$g_X = G \cdot \frac{4M_T}{(2R)^2} \Rightarrow g_X = G \cdot \frac{M}{R^2} = 10,0 \text{ m/s}^2$$

4 Um cometa está em órbita elíptica em torno do Sol. No periélio a distância entre o Sol e o cometa vale d e a força gravitacional entre eles tem intensidade F . No afélio a distância entre o Sol e o cometa vale $2d$ e a força gravitacional entre eles tem intensidade:

- a) $\frac{F}{8}$ b) $\frac{F}{4}$ c) $\frac{F}{2}$ d) F e) $2F$

Resolução:

$F = d^2 \Rightarrow$ a força gravitacional varia com o inverso do quadrado da distância. Ao dobrarmos a distância, a força terá sua intensidade reduzida à quarta parte.

Resposta: B

5 Um planeta x tem massa $M_x = 8 \cdot M$ e raio $R_x = 5R$, sendo M e R a massa e raio respectivos do planeta Terra. Considerando a aceleração da gravidade na Terra de módulo igual a $10,0 \text{ m/s}^2$, o módulo da aceleração da gravidade no planeta x é, em m/s^2 , igual a:

- a) 3,2 b) 4,0 c) 4,5 d) 5,0 e) 5,4

Resolução:

$$\frac{g_x}{g_T} = \frac{G \frac{8M}{(5R)^2}}{G \frac{M}{(R)^2}} \rightarrow \frac{g_x}{10,0} = \frac{8}{25} \rightarrow g_x = 3,2 \text{ m/s}^2$$

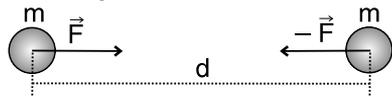
Resposta: A

6 O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa m , iguais, cujos centros estão separados por uma distância d , é F . Substituindo-se uma das esferas por outra de massa $2m$ e reduzindo-se a distância entre as esferas para $\frac{d}{2}$, a força gravitacional

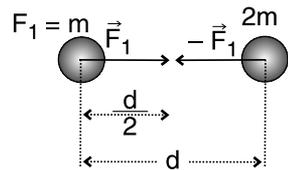
passa a ter módulo:

- a) F b) $2F$ c) $4F$ d) $8F$ e) $16F$

Resolução:



$$F = \frac{Gm \cdot m}{d^2}$$



$$\frac{G \cdot m \cdot 2m}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2Gm \cdot m}{\frac{d^2}{4}} = \frac{8Gm \cdot m}{d^2}$$

$$F_1 = 8F$$

Resposta: D

7 Com um algarismo significativo, a distância que separa a Lua da Terra (centro a centro) é $4 \times 10^8 \text{ m}$, a massa da Terra é $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ e a constante da gravitação universal é $7 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$. O módulo da velocidade com que a Lua realiza revoluções em torno da Terra, em km/s , é

a) 1 b) 20 c) 300 d) 4.000 e) 10.000

Resolução:

$$F_{RC} = F_G \Rightarrow \frac{mv^2}{R} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow v = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}}$$

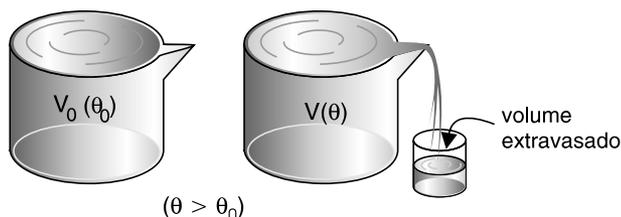
$$v = \sqrt{7 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 10^8}} = 1.10^3 \text{ m/s}$$

Resposta: A



AULA 1

1 Consideremos um recipiente totalmente cheio de um líquido, numa temperatura inicial θ_0 . Ao elevarmos o conjunto (líquido + frasco) para uma temperatura θ ($\theta > \theta_0$), notamos que ocorre um **extravasamento parcial desse líquido**.



Analise as proposições referentes ao fenômeno apresentado.

I) O volume extravasado não depende do volume inicial V_0 .

II) O coeficiente de dilatação volumétrica do líquido é maior que o coeficiente de dilatação volumétrica do material que constitui o recipiente.

III) Se $\theta = 2\theta_0$, a dilatação aparente será $2V_0$.

IV) O volume extravasado fornece a dilatação aparente sofrida pelo líquido.

São corretas apenas

- a) II e IV. d) I e IV.
b) I e III. e) I, III e IV.
c) I, II e III.

I) Incorreta.

O volume extravasado é a dilatação aparente calculada pela expressão

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta\theta$$

II) Correta.

O líquido dilatou mais que o recipiente.

III) Incorreta.

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} (2\theta - \theta)$$

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \theta$$

ΔV_{ap} será igual a $2V_0$ apenas para $\gamma_{ap} \cdot \theta = 2,0$

IV) Correta.

Enunciado para as questões 2 e 3:

Um recipiente possui em seu interior um líquido, sendo que ambos se encontram em equilíbrio térmico e possuem o mesmo volume de 5,0 litros. Os coeficientes de dilatação volumétrica do recipiente e do líquido são, respectivamente, iguais a $0,25 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ e $1,75 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

2 Determine o coeficiente de dilatação aparente do líquido.

$$\gamma_{ap} = 1,75 \cdot 10^{-5} - 0,25 \cdot 10^{-5}$$

$$\gamma_{ap} = 1,50 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

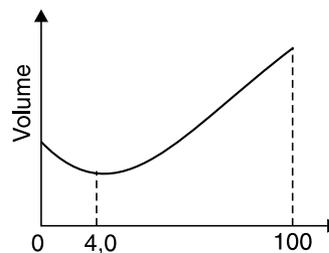
3 Determine o volume que transborda quando o sistema é aquecido e sofre uma variação de 100°C em sua temperatura.

$$DV_{ap} = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta V_{ap} = 5,0 \cdot 1,50 \cdot 10^{-5} \cdot 10^2$$

$$\Delta V_{ap} = 7,50 \cdot 10^{-3} \text{ L}$$

4 No que diz respeito à dilatação térmica, a água possui um comportamento anômalo, ou seja, ela se comporta de maneira diferente da maioria das substâncias. O gráfico a seguir mostra como varia o volume de uma dada massa de água sob pressão normal. Observe que entre $4,0^\circ\text{C}$ e 100°C a água comporta-se como a maioria das substâncias: ocorre um aumento no volume com o aumento da temperatura. No entanto, entre 0°C e $4,0^\circ\text{C}$, a água comporta-se de forma inesperada: com o aumento da temperatura, a água sofre uma redução de volume. Portanto, a água ocupa o menor volume a $4,0^\circ\text{C}$.

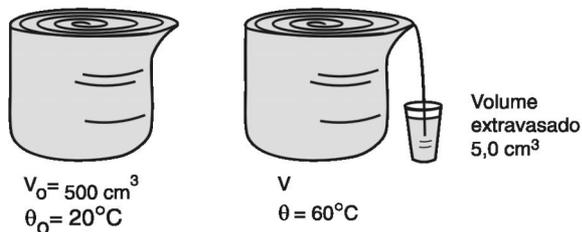


De acordo com o texto, assinale a alternativa correta.

- a) Entre $4,0^\circ\text{C}$ e 100°C , a massa da água aumenta.
b) Entre 0°C e $4,0^\circ\text{C}$, o volume da água aumenta.
c) Ao aquecermos uma certa massa de água numa panela, o nível da água sobe entre 0°C e $4,0^\circ\text{C}$.
d) O coeficiente de dilatação volumétrica da água é variável entre 0°C e 100°C .
e) A $4,0^\circ\text{C}$, a densidade da água é mínima.

Exercícios-Tarefa

1 Consideremos um recipiente totalmente cheio de um líquido, numa temperatura inicial θ_0 . Ao elevarmos a temperatura do conjunto (líquido + frasco) para uma temperatura θ ($\theta > \theta_0$), notamos que ocorre um extravasamento parcial desse líquido, como mostra a figura a seguir. Antes do aquecimento temos uma coluna líquida de altura h_1 .



É correto afirmar que

- a) o volume extravasado não depende do volume inicial V_0 .
- b) a dilatação aparente vale $5,0 \text{ cm}^3$.
- c) o volume final V vale 495 cm^3 .
- d) o frasco dilatou mais que o líquido.
- e) o volume extravasado é igual à dilatação real do líquido quando o frasco contrai o seu volume.

Resolução:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V - V_0$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 5,0 \text{ cm}^3 \text{ (volume que transborda)}$$

Resposta: B

2 Os automóveis modernos têm seus tanques de combustível feitos de plástico, de dilatação volumétrica praticamente desprezível. Considere um tanque com capacidade máxima de 100 litros completamente cheio de gasolina à temperatura de 17°C , cujo coeficiente de dilatação volumétrica vale $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Calcule o volume de combustível extravasado quando a temperatura atingir 27°C .

Resolução:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 100 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot (27 - 17)$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 10^3 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta V_{\text{ap}} = 1,0 \text{ L}$$

Resposta:

$$\Delta V_{\text{ap}} = 1,0 \text{ L}$$

3 Um recipiente de vidro de 150 cm^3 está completamente cheio de um líquido a 20°C . Aquecendo-se o conjunto a 120°C , transbordam 15 cm^3 do líquido. Determine o coeficiente de dilatação aparente do líquido.

Resolução:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot \Delta\theta$$

$$\gamma_{\text{ap}} = \frac{\Delta V_{\text{ap}}}{V_0 \cdot \Delta\theta} = \frac{15}{150 \cdot 100} = \frac{15}{15 \cdot 10^3}$$

$$\gamma_{\text{ap}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Resposta:

$$\gamma_{\text{ap}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

4 O coeficiente de dilatação real de um líquido é igual ao triplo do coeficiente de dilatação linear do recipiente que o contém. Determine o valor do coeficiente de dilatação aparente do líquido.

Resolução:

$$\gamma_{\text{aparente}} = \gamma_{\text{real}} - \gamma_{\text{recipiente}}$$

$$\gamma_{\text{aparente}} = 3\alpha_{\text{recipiente}} - \gamma_{\text{recipiente}}$$

$$\gamma_{\text{aparente}} = \gamma_{\text{recipiente}} - \gamma_{\text{recipiente}}$$

$$\gamma_{\text{aparente}} = 0$$

Resposta:

$$\gamma_{\text{aparente}} = 0$$

5 Um recipiente de vidro, de volume 400 cm^3 , está completamente cheio com um líquido a 20°C . Quando o líquido e o recipiente são aquecidos a 90°C , o volume de líquido que transborda é de 28 cm^3 . Calcule o coeficiente de dilatação aparente do líquido.

Resolução:

$$\Delta V_{\text{ap}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap}} \cdot \Delta\theta$$

$$\gamma_{\text{ap}} = \frac{\Delta V_{\text{ap}}}{V_0 \cdot \Delta\theta} = \frac{28}{400 \cdot (90 - 20)}$$

$$\gamma_{\text{ap}} = \frac{28}{400 \cdot 70} = \frac{28}{28000} = \frac{1}{1000}$$

$$\gamma_{\text{ap}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

Resposta:

$$\gamma_{\text{ap}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

AULA 2

1 O nível de ruído dos veículos automotores é medido em decibéis (dB). Observe os valores a seguir:

carro de luxo	60 dB (a 80 km/h)
caminhão pesado	90 dB (a 80 km/h)

Sabendo-se que, para cada 10 decibéis de aumento do nível sonoro a intensidade do som é multiplicada por 10, determine quantas vezes o som do caminhão pesado é mais intenso que o do carro de luxo.

$$\Delta S = 90 - 60$$

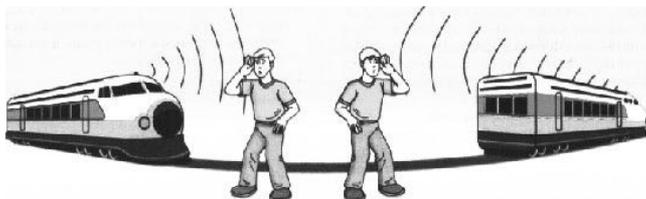
$$\Delta S = 30 \text{ dB}$$

$$I = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot I_0$$

$$I = 10^3 I_0$$

(1 000 vezes mais intenso)

2 O desenho a seguir mostra um trem (fonte sonora) aproximando-se e depois se afastando de um observador. Observa-se numa situação assim algo conhecido como efeito Doppler. Sobre ele é correto afirmar que a frequência percebida pelo observador



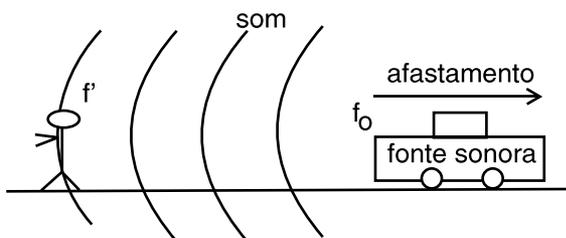
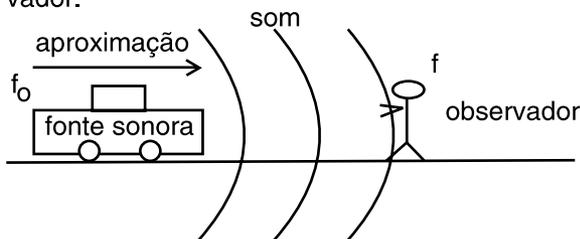
- a) é mesma quando o trem se aproxima e quando se afasta.
- b) é menor quando o trem se aproxima e maior quando se afasta.
- c) é maior quando o trem se aproxima e menor quando se afasta.**
- d) não depende de o trem estar se aproximando ou se afastando.
- e) é o dobro da emitida pelo trem em qualquer situação.

3 A figura a seguir representa uma fonte sonora movimentando-se em relação a um observador em repouso em relação à Terra.

Sejam:

f_0 : frequência do som emitido pela fonte;

f e f' : frequências aparentes do som recebidas pelo observador.



Pode-se afirmar que

- a) $f_0 = f = f'$.
- b) $f > f_0$ e $f_0 > f'$.**
- c) $f_0 > f > f'$.
- d) $f' > f$.
- e) $f = f'$.

4 O som de um avião que se aproxima de um observador em repouso em relação à Terra é diferente de quando o avião se afasta do observador. Sendo f a frequência do som ouvido pelo piloto desse avião, f_1 , a frequência do som percebido pelo observador quando o avião se aproxima e f_2 a frequência do som percebido pelo observador quando o avião se afasta, pode-se afirmar que

- a) $f > f_1$.
- b) $f_2 > f_1$.
- c) $f_2 > f$.
- d) $f_1 > f$.**
- e) $f_1 = f_2$.

5 A figura abaixo representa um observador que se afasta de uma fonte sonora que emite um som de frequência constante f_F .



Em relação à frequência percebida pelo observador (f_O), é correto afirmar que

- a) $f_F = f_O$.
- b) $\frac{f_O}{f_F} > 1$.
- c) f_O aumenta com o aumento do módulo da velocidade do observador.
- d) f_O relaciona-se com um som mais grave que o som produzido pela fonte.**
- e) para perceber f_O , o observador "corta" mais frentes de onda do que "cortaria" se estivesse em repouso.

6 No esquema a seguir, **A** é uma ambulância que se move a 30 m/s e **C** é um carro que se move em sentido oposto ao movimento da ambulância com velocidade de módulo 10 m/s.



A ambulância, tocando sirene, emite um som de frequência 900 Hz. Se o módulo da velocidade do som no ar (suposto parado) é de 330 m/s, calcule a frequência aparente do som ouvido pelo motorista **C** depois do cruzamento do carro **C** com a ambulância.

$$\frac{f_0}{v_{\text{som}} \pm v_C} = \frac{f_f}{v_{\text{som}} \pm v_A}$$

$$\frac{330 - 10}{f_0} = \frac{330 + 30}{900}$$

$$\frac{f_0}{320} = \frac{900}{360}$$

$$f_0 = 800 \text{ Hz}$$

Exercícios-Tarefa

Com base nos dados do enunciado a seguir e em seus conhecimentos sobre ondulatória, responda aos testes de 1 a 4: A rede de lanchonetes mais famosa no Brasil lançou, na embalagem de um de seus produtos dedicado ao público infantil, uma série de curiosidades sobre as ondas sonoras, reproduzidas a seguir:

SONOROS & CURIOSOS

Cadê o som que estava aqui?

A VELOCIDADE DO SOM NO AR É DE 330 METROS POR SEGUNDO, OU 1.188 QUILOMETROS POR HORA!

Era uma vez sete notas musicais...

AS NOTAS MUSICAIS – DÓ, RÉ, MI, FÁ, SOL, LÁ E SI – FORAM BATIZADAS NO SÉCULO XI. ELAS ERAM AS INICIAIS DE UM HINO CANTADO POR CRIANÇAS.

FIQUE QUIETO E ESCUTE!

(uma tabelinha para você não ficar surdo)
A gente pode medir a água por litro, a avenida por metro e o feijão por quilo. O som é medido por decibéis (não se mede com balança nem com régua, mas com um aparelhinho especial). Esta tabelinha é para dar uma ideia do "tamanho" do som de algumas coisas.

Decibéis	
TURBINA DE AVIÃO FUNCIONANDO DENTRO DO SEU QUARTO	VULCÃO EXPLODINDO DE LAVA
140	130
120	110
110	100
90	80
70	60
50	40
30	20
10	5
0	0

1 Quando uma fonte sonora emite uma nota com frequência constante e se afasta de um observador em repouso, com velocidade de módulo igual a 20 m/s, é correto afirmar que

- a) o módulo da velocidade do som no ar, nas proximidades da fonte, passa a valer 1152 km/h.
- b) a frequência aparente percebida pelo observador vale 350 Hz.
- c) a frequência aparente percebida pelo observador não se altera em relação à frequência da fonte.
- d) o som percebido pelo observador é mais grave que o som emitido pela fonte (Efeito Doppler-Fizeau).
- e) o comprimento de onda do som percebido pelo observador é menor que o comprimento de onda do som emitido pela fonte.

Resolução:

Segundo o Efeito Doppler-Fizeau no movimento relativo de **afastamento** entre o observador e a fonte, a frequência emitida por esta **diminui**.

Resposta: D

2 A variação da frequência entre uma nota musical e outra representa uma variação da

- a) altura do som.
- b) amplitude do som.
- c) intensidade do som.
- d) reverberação do som.
- e) polarização do som.

Resolução:

A qualidade fisiológica do som ligada à **frequência** é a **altura**.

Resposta: A

3 Num coral infantil, é possível distinguir algumas vozes, mesmo quando as crianças emitem notas musicais de mesma frequência e intensidades iguais. A diferenciação é possível, pois esses sons possuem

- a) alturas diferentes.
- b) sonoridades diferentes.
- c) comprimentos de ondas diferentes.
- d) períodos diferentes.
- e) timbres diferentes.

Resolução:

A qualidade fisiológica do som que distingue sons de mesma frequência (altura) e mesma intensidade (volume), mas emitidos por fontes diferentes é o **timbre**.

Resposta: E

4 Assinale a alternativa correta:

- a) Os sons mais agradáveis para o ouvido humano encontram-se entre 110 dB e 140 dB.
- b) Ao descascar uma banana, você produz um som tão intenso quanto o de uma torneira pingando.
- c) Entre o cochicho ao pé do ouvido e a conversa de uma pessoa ao seu lado dentro do cinema, há uma variação de 70 dB na sonoridade.
- d) Os sinais de alerta, como despertadores e campainhas de telefone, possuem nível sonoro de 40 dB.
- e) A intensidade do som não depende da distância, da potência nem do local onde são emitidos.

Resolução:

Observando a escala de decibéis da figura, tem-se:

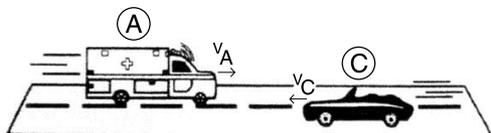
$$\Delta S_{(\text{sonoridade})} = S_{\text{conversa}} - S_{\text{cochicho}}$$

$$\Delta S = 90 - 20$$

$$\Delta S = 70 \text{ dB}$$

Resposta: C

5 No esquema a seguir, **A** é uma ambulância que se move a 30 m/s e **C** é um carro que se move em sentido oposto do movimento da ambulância, com velocidade de módulo 10 m/s.



A ambulância, tocando a sirene, emite um som de frequência 1800 Hz. Se o módulo da velocidade do som no ar é de 330 m/s, calcule a frequência aparente do som ouvido pelo motorista de **C antes** do cruzamento de seu carro com a ambulância.

Resolução:

$$\frac{f_C}{V_{\text{som}} \pm V_C} = \frac{f_A}{V_{\text{som}} \pm V_A}$$

$$\frac{f_C}{330 + 10} = \frac{1800}{330 - 30}$$

$$\frac{f_C}{340} = \frac{1800}{300}$$

$$f_C = 2040 \text{ Hz}$$

Resposta:

$$f_C = 2040 \text{ Hz}$$

6 Considere dois veículos, **A** e **B**, trafegando em sentidos opostos ao longo de uma mesma rodovia retilínea, situada num local em que o som se propaga com velocidade de intensidade 330 m/s.

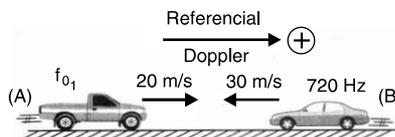
O veículo **A** é uma caminhonete que se desloca com velocidade de módulo constante igual a 20 m/s e o veículo **B** é um automóvel, que tem o sistema de escapamento danificado e se desloca com velocidade de módulo constante igual a 30 m/s.

Sabendo-se que o motor de **B** emite um ronco de grande intensidade, de frequência constante igual a 720 Hz, e que **A** cruza com **B**, pede-se determinar a variação aparente na frequência percebida pelo motorista de **A** para o ronco do motor **B** entre a aproximação e o afastamento dos dois veículos.

Resolução:

$$\frac{f_0}{V \pm V_0} = \frac{f_F}{V \pm V_F}$$

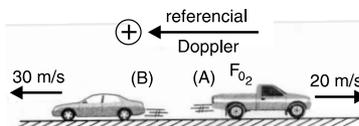
(I) Aproximação entre A e B



$$\frac{f_{01}}{330 + 20} = \frac{720}{330 - 30}$$

$$f_{01} = 840 \text{ Hz}$$

(II) Afastamento entre A e B



$$\frac{f_{02}}{330 - 20} = \frac{720}{330 + 30}$$

$$f_{02} = 620 \text{ Hz}$$

$$(III) \Delta f = f_{02} - f_{01} \rightarrow \Delta f = (620 - 840) \text{ Hz}$$

$$\Delta f = -220 \text{ Hz}$$

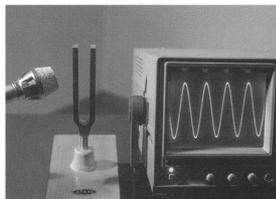
Resposta:

$$\Delta f = -220 \text{ Hz}$$

AULA 3

Enunciado para as questões 1 e 2:

O microfone, o diapasão e o osciloscópio, representados a seguir, produzem o perfil da onda observado na tela.



O diapasão é um instrumento capaz de emitir um som de frequência pura, por isso é usado para a afinação de outros instrumentos musicais.

1 A frequência de vibração do diapasão relaciona-se com
a) a intensidade do som. **d)** a amplitude da onda sonora.
b) o timbre do som. **e)** a polarização do som.
c) a altura do som.

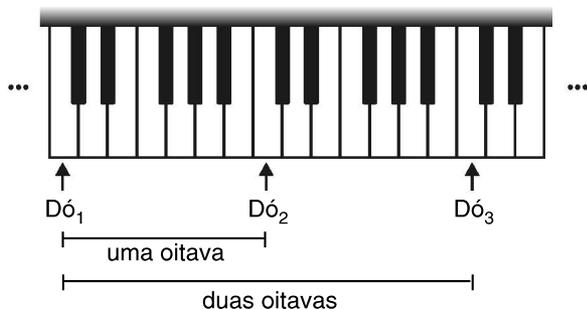
2 A forma da onda obtida no monitor é importante para distinguirmos fontes sonoras que emitem sons com intensidades e comprimentos de ondas iguais. A qualidade fisiológica do som que permite essa distinção é
a) a altura. **d)** a ressonância.
b) o timbre. **e)** a intensidade.
c) a reverberação.

3 Numa conversação normal, uma pessoa emite sons com frequências entre 100 Hz e 200 Hz e sonoridade de 60 dB. As informações acima relacionam-se, apenas, com
a) a altura e o timbre. **d)** o timbre.
b) a altura. **e)** a intensidade e o timbre.
c) a altura e a intensidade.

4 Um tenor e uma soprano emitem a mesma nota com intensidades iguais. É possível distinguir as vozes dos artistas por meio
a) do timbre. **d)** da altura.
b) do nível sonoro. **e)** do intervalo acústico.
c) da frequência.

Enunciado para as questões 5 e 6:

Um intervalo acústico importante da escala musical chamada **natural** é a **oitava**, em que $i = 2$, o que significa que a frequência da nota mais aguda é o dobro da frequência da nota mais grave. Dois **dós** consecutivos num teclado, por exemplo, estão intercalados por uma oitava.



5 A relação entre as frequências do $Dó_3$ e do $Dó_1$ $\left(\frac{f_3}{f_1}\right)$ vale

- a)** $\frac{1}{4}$. **b)** $\frac{1}{2}$. **c)** 1. **d)** 2. **e)** 4.

Entre f_1 e f_3 há duas oitavas, assim:

$$\frac{f_3}{f_1} = 2^i$$

$$\frac{f_3}{f_1} = 2 \cdot 2$$

$$\frac{f_3}{f_1} = 4$$

6 Assinale a afirmativa correta:

- a)** O $Dó_1$ é mais agudo que o $Dó_3$.
b) O $Dó_2$ é mais grave que o $Dó_1$.
c) O $Dó_3$ é mais alto que o $Dó_1$.
d) O $Dó_3$ possui comprimento de onda maior que o $Dó_2$.
e) O $Dó_3$ e o $Dó_2$ apresentam o mesmo timbre.

7 Um cantor, numa sessão de ensaio, eleva a frequência de sua voz de 80 Hz para 120 Hz e o nível sonoro de 40 dB para 70 dB. Sabendo-se que para cada 10 dB de variação do nível sonoro a intensidade do som é multiplicada por 10, determine:

- a)** a variação na altura do som;
b) a intensidade final do som, conhecida a intensidade inicial I_0 .

a)
 $\Delta f = f_2 - f_1 = 120 - 80$

$$\Delta f = 40 \text{ Hz}$$

b)
 $\Delta S = 70 - 40$

$$\Delta S = 30 \text{ dB}$$

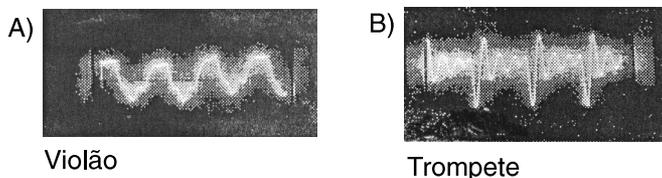
$$I = 10 \cdot 10 \cdot 10 I_0$$

$$I = 1\,000 I_0$$

Exercícios-Tarefa

Enunciado para as questões 1 e 2:

Um violão e um trompete emitem a mesma nota musical com intensidades iguais e produzem os perfis de ondas, nas telas de um osciloscópio, representados a seguir:



- 1** Os sons do violão e do trompete possuem a mesma
- altura.
 - forma de onda.
 - amplitude em todos os pontos da imagem.
 - superposição de harmônicos.
 - capacidade para transportar moléculas de ar do instrumento até o ouvido do observador.

Resolução:

A frequência da nota emitida pelo violão é a mesma da nota emitida pelo trompete. Observar o número de ondas inteiras que aparece no osciloscópio.

Resposta: A

2 As formas de ondas obtidas na tela permitem a distinção visual dos sons dos dois instrumentos. A qualidade fisiológica do som que se relaciona com essa diferenciação é

- a intensidade.
- a altura.
- a ressonância.
- a sonoridade.
- o timbre.

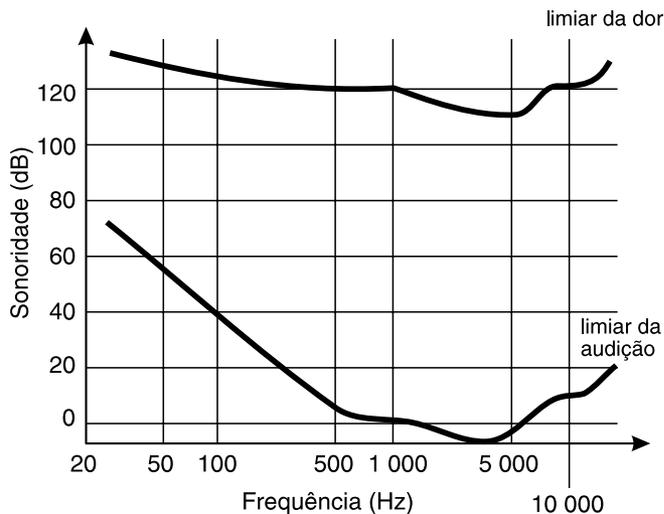
Resolução:

A qualidade fisiológica do som ligada à forma da onda é o **timbre**.

Resposta: E

Enunciado referente às questões 3 e 4:

O gráfico a seguir é um audiograma de um ouvido normal, no qual fica claro que um melhor desempenho ocorre para as médias frequências, entre 1 000 Hz e 5 000 Hz. Na frequência de 1 000 Hz, por exemplo, o ouvido começa a perceber o som praticamente com 0 dB (limiar da audição) e passa a sentir dor a partir de 120 dB (limiar da dor).



3 Assinale a alternativa correta:

- Um som de frequência de 1 000 Hz tem sonoridade compreendida entre 40 dB e 120 dB para os limiares de audição e da dor, respectivamente.
- O limiar da audição é crescente entre 5 000 Hz e 10 000 Hz.
- O ouvido humano percebe facilmente as baixas frequências entre 20 Hz e 100 Hz.
- O limiar da dor é decrescente entre 5 000 Hz e 10 000 Hz.
- Uma onda sonora de 500 Hz e 20 dB não é percebida pelo ouvido humano.

Resolução:

Observando o gráfico, a linha gráfica que representa o limiar da audição é crescente entre 5000 Hz e 10000Hz.

Resposta: B

4 Os sinais sonoros do trânsito, as vozes de locutores, cantores e professores e as transmissões radiofônicas captadas por alto-falantes serão ouvidas com maior facilidade se forem emitidas na faixa de frequências

- de 20 a 50 Hz.
- de 50 a 100 Hz
- de 100 a 500 Hz.
- de 1 000 a 5 000 Hz.
- de 5 000 a 10 000 Hz.

Resolução:

Conforme o enunciado, o melhor desempenho auditivo ocorre para as médias frequências entre 1000Hz e 5000Hz.

Resposta: D

- 5** Em relação às ondas sonoras, a afirmação correta é:
- a) Quanto mais grave é o som, maior será sua frequência.
 - b) Quanto maior a amplitude de um som, mais agudo ele será.
 - c) O timbre de um som está relacionado com sua velocidade de propagação.
 - d) A altura do som depende da frequência do som.
 - e) Sons graves e agudos possuem sempre a mesma intensidade.

Resolução:

A qualidade fisiológica altura do som é ligada diretamente à frequência do som emitido.

Resposta: D

- 6** Quando uma estrela se afasta da Terra, o que ocorre com o espectro da luz emitida por ela?

Resolução:

Segundo o Efeito Doppler, o espectro da luz emitida tem a sua frequência diminuída indo para o **vermelho**.

Resposta:

Desloca-se para o vermelho, que é a cor de menor frequência.

- 7** A diferença entre o som alto e o som baixo é que
- a) o som alto possui maior frequência que o som baixo.
 - b) o som alto é mais intenso que o som baixo.
 - c) o som alto possui maior comprimento de onda que o som baixo.
 - d) o módulo da velocidade do som alto no ar é maior que o módulo da velocidade do som baixo no ar.
 - e) o som baixo é mais intenso que o som alto.

Resolução:

O som alto é produzido por alta frequência. O som baixo é produzido por baixa frequência.

Resposta: A

- 8** Dois instrumentos musicais emitem a mesma nota musical, porém é possível diferenciar o som que está sendo emitido por eles. A propriedade do som que permite diferenciar os dois sons é chamada de

- a) intensidade.
- b) altura.
- c) timbre.
- d) ressonância.
- e) difração.

Resolução:

A qualidade fisiológica do som que diferencia sons de mesma frequência e mesma intensidade emitidos por fontes diferentes é o **timbre**.

Resposta: C