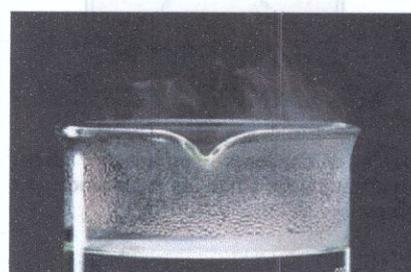


Vaporização: Pode ocorrer de duas maneiras:

1. por **evaporação** - passagem lenta a qualquer temperatura. (A evaporação resfria o líquido).

A velocidade de evaporação (volume de água evaporada na unidade de tempo) depende da :

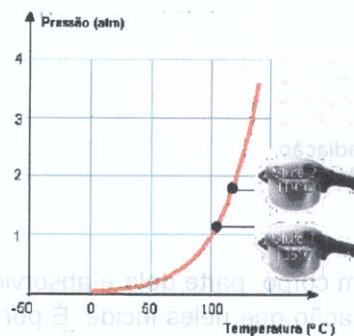
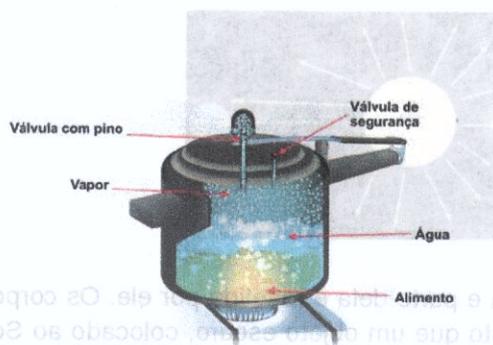
- ✓ **temperatura** (maior temperatura – maior velocidade);
- ✓ **área da superfície livre do líquido** (maior área – maior velocidade);
- ✓ **umidade do ar próxima à superfície do líquido** (maior umidade – menor velocidade);
- ✓ **ventilação do ambiente** (maior ventilação – maior velocidade);
- ✓ **pressão** (maior pressão – menor velocidade).



2. por **ebulição** - passagem rápida a uma temperatura e pressão bem definida para cada líquido. **Um aumento na pressão acarreta aumento na temperatura de ebulição.**

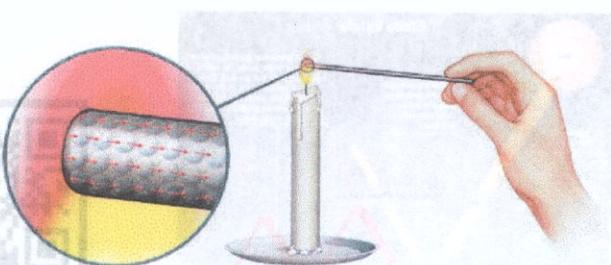
No interior de uma panela de pressão, a água está sujeita a uma pressão maior que 1 atm e, por isso, ferve a uma temperatura superior a 100°C. Em consequência os alimentos cozinham em menos tempo.

No alto do Monte Everest é difícil cozinhar, pois a temperatura da água em uma panela aberta não ultrapassa 72°C.



• Transferência de calor:

Condução: o calor se propaga de molécula em molécula, através de vibrações, sem que elas se movam ao longo do material. Processo típico dos **sólidos**, onde os metais, em geral, possuem boa condutibilidade térmica. Os líquidos, com exceção do mercúrio, são maus condutores de calor por condução.



Convecção: o calor se propaga devido ao movimento do **fluido**. A massa de fluido que está próxima da fonte de calor dilata-se, devido ao aquecimento, tomando-se mais leve que a massa fria que está acima dela, mais pesada. A massa leve sobe, dando lugar a massa fria, ocorrendo assim, movimentação da matéria, denominada corrente de convecção.



Correntes de convecção formadas no interior de uma panela contendo água e aquecida na sua base.



No interior da geladeira formam-se correntes de convecção.

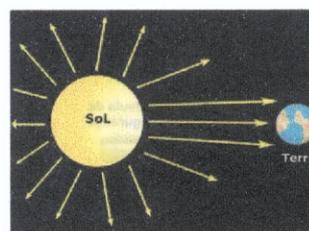


Os aparelhos de ar condicionado operam colocando ar frio dentro de um ambiente. Porém eles causam melhor efeito quando colocados na parte superior de uma sala, porque desta forma provocam a convecção do ar, com a descida do ar frio e a subida do ar quente.

Irradiação: propagação do calor por intermédio de ondas eletromagnéticas. Nesse processo, somente energia se propaga, não sendo necessário nenhum meio material. As ondas, são denominados raios infravermelhos. Qualquer corpo é capaz de emití-las em direção ao espaço que o rodeia.



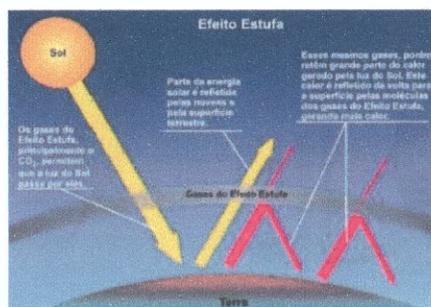
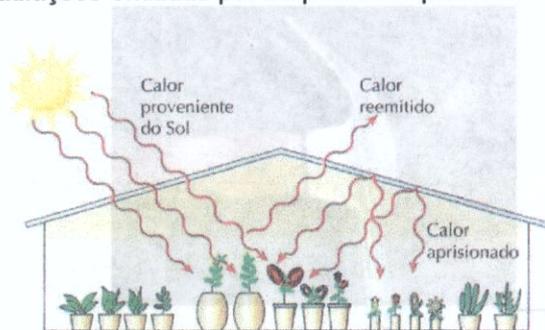
Radiação térmica



Quando a radiação térmica incide em um corpo, parte dela é absorvida e parte dela é refletida por ele. Os corpos escuros absorvem a maior parte da radiação que neles incide. É por isto que um objeto escuro, colocado ao Sol, tem sua temperatura elevada. Por outro lado, os corpos claros refletem quase totalmente a radiação térmica incidente e, por isto, nos climas quente, as pessoas usam frequentemente roupas claras.

CLARAS - refletem mais - absorvem e emitem menos
ESCURAS - refletem menos - absorvem e emitem mais

O efeito estufa: o vidro comum é transparente às radiações de alta temperatura emitidas pelo Sol, mas é opaco às radiações emitidas por corpos a temperaturas muito inferiores à do Sol.



• **Modelagem**

6. UFRGS. Uma barra de gelo de 1 kg, que se encontrava inicialmente a temperatura de -10°C , passa a receber calor de uma fonte térmica e, depois de algum tempo, acha-se totalmente transformada em água a 10°C . Seja Q_g a quantidade de calor necessária para o gelo passar de -10°C a 0°C , Q_f a quantidade de calor necessária para fundir totalmente o gelo e Q_a a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura da água de 0°C até 10°C .

	Calor específico	Calor de fusão
Gelo	2,09 J/(g.°C)	334,40 J/g
Água	4,18 J/(g.°C)	-

Considerando os dados da tabela acima, assinale a alternativa na qual as quantidades de calor Q_g , Q_f e Q_a estão escritas em ordem crescente de seus valores, quando expressos numa mesma unidade.

- (A) Q_g, Q_f, Q_a
- (B) Q_g, Q_a, Q_f
- (C) Q_f, Q_g, Q_a
- (D) Q_f, Q_a, Q_g
- (E) Q_a, Q_g, Q_f

$$Q_g = m \cdot c \cdot \Delta T = 1000 \cdot 2,09 \cdot [0 - (-10)] = 2,09 \times 10^4 \text{ J}$$

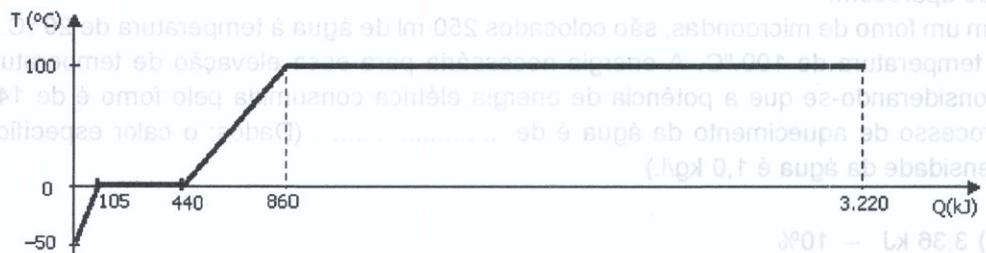
$$Q_f = m \cdot L = 1000 \cdot 334,4 = 33,44 \times 10^4 \text{ J}$$

$$Q_a = m \cdot c \cdot \Delta T = 1000 \cdot 4,18 \cdot (10 - 0) = 4,18 \times 10^4 \text{ J}$$

Resposta: B

7. UFRGS. Uma determinada quantidade de calor é fornecida a uma amostra formada por um bloco de 1 kg de gelo, que se encontra inicialmente a -50°C , até que toda a água obtida do gelo seja completamente vaporizada. O gráfico abaixo representa a variação de temperatura da amostra e a quantidade mínima de calor necessária para completar cada uma das transformações sofridas pela amostra. Nos estágios de fusão e de vaporização registrados no gráfico, quais são, respectivamente, o calor latente de fusão do gelo e o calor latente de vaporização da água, expressos em J/g?

- (A) 105 e 335.
- (B) 105 e 420.
- (C) 105 e 2.360.
- (D) 335 e 420.
- (E) 335 e 2.360.



Fusão : $440 - 105 = 335 \times 10^3 \text{ J}$

$$Q_L = m \cdot L$$

$$335 \times 10^3 = 10^3 \cdot L$$

$$L = 335 \text{ J/g}$$

Vaporização : $3220 - 860 = 2360 \times 10^3 \text{ J}$

$$Q_L = m \cdot L$$

$$2360 \times 10^3 = 10^3 \cdot L$$

$$L = 2360 \text{ J/g}$$

Resposta: E

8. UFRGS. Qual a quantidade de calor necessária para transformar 10 g de gelo à temperatura de 0 °C em vapor à temperatura de 100 °C? (Considere que o calor específico da água é $c_a = 4,2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$, o calor de fusão do gelo é $L_f = 336 \text{ J/g}$ e o calor de vaporização da água é $L_v = 2.268 \text{ J/g}$.)

- (A) 4.200 J.
- (B) 7.560 J.
- (C) 22.680 J.
- (D) 26.040 J.
- (E) 30.240 J.

Substância	Calor específico	Calor de fusão
Gelo	$2,09 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$	$334,40 \text{ J/g}$
Água	$4,18 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$	-

$$Q = Q_L (\text{fusão}) + Q_S + Q_L (\text{vaporização})$$

$$Q = 10 \cdot 336 + 10 \cdot 4,2 \cdot 100 + 10 \cdot 2268$$

$$Q = 3360 + 4200 + 22680$$

$$Q = 30.240 \text{ J}$$

Resposta: E

• **Questões**

L3 Q048. UFRGS. Uma mesma quantidade de calor Q é fornecida a massas iguais de dois líquidos diferentes, 1 e 2. Durante o aquecimento, os líquidos não alteram seu estado físico e seus calores específicos permanecem constantes, sendo tais que $c_1 = 5 c_2$. Na situação acima, os líquidos 1 e 2 sofrem, respectivamente, variações de temperatura ΔT_1 e ΔT_2 , tais que ΔT_1 é igual a

- A) $\Delta T_2 / 5$.
- B) $2 \Delta T_2 / 5$.
- C) ΔT_2 .
- D) $5 \Delta T_2 / 2$.
- E) $5 \Delta T_2$.



L3 Q50. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Em um forno de microondas, são colocados 250 ml de água à temperatura de 20 °C. Após 2 minutos, a água atinge a temperatura de 100.°C. A energia necessária para essa elevação de temperatura da água é Considerando-se que a potência de energia elétrica consumida pelo forno é de 1400 W, a eficiência atingida no processo de aquecimento da água é de (Dados: o calor específico da água é 4,2 kJ/kg.°C, e a densidade da água é 1,0 kg/l.)

- A) 3,36 kJ – 10%
- B) 3,36 kJ – 12%
- C) 8,4 kJ – 5%
- D) 84,0 kJ – 3%
- E) 84,0 kJ – 50%



L3 Q51. UFRGS. A chama de um bico de Bunsen libera 16 kJ de energia por minuto. A energia é toda transferida à massa de 0,3 kg de um líquido cujo calor específico é 2,4 kJ/kg °C. Sabendo-se que o ponto de ebulição desse líquido é 80 °C, quanto tempo transcorre, aproximadamente, até que sua temperatura se eleve de 32 °C até o ponto de ebulição?

- A) 1 296 s
- B) 130 s
- C) 13 s
- D) 2,16 s
- E) 0,13 s



L3 Q066. UFRGS. Materiais com mudança de fase são bastante utilizados na fabricação de tecidos para roupas termorreguladoras, ou seja, que regulam sua temperatura em função da temperatura da pele com a qual estão em contato. Entre as fibras do tecido, são incluídas microcápsulas contendo, por exemplo, parafina, cuja temperatura de fusão está próxima da temperatura de conforto da pele, 31°C. Considere que um atleta, para manter sua temperatura interna constante enquanto se exercita, libere $1,5 \times 10^4$ J de calor através da pele em contato com a roupa termorreguladora e que o calor de fusão da parafina é $L_F = 2,0 \times 10^5$ J/kg. Para manter a temperatura de conforto da pele, a massa de parafina encapsulada deve ser de, no mínimo,

- A) 500 g.
- B) 450 g.
- C) 80 g.
- D) 75 g.
- E) 13 g.



L3 Q073. UFRGS. Um ebulidor cede energia a 100 g de água a um taxa constante em relação ao tempo. Para elevar a temperatura de cada grama de água de 15 °C a 100 °C, são necessários 360 J de energia. Sabendo-se que para evaporar completamente as 100 g de água, após atingidos os 100 °C, transcorre seis vezes mais tempo que para elevar sua temperatura de 15 °C a 100 °C, o calor de vaporização da água pode ser estimado em

- A) 60 J/g
- B) 480 J/g
- C) 600 J/g
- D) 1 800 J/g
- E) 2 160 J/g



L3 Q74. PUCRS. Nuvens são constituídas por gotículas de água (portanto em fase líquida) que se originam da condensação do vapor de água, o qual é invisível, pois é formado por moléculas de água isoladas e distanciadas umas das outras. Com base nessas informações, considere a seguinte situação: Uma massa de ar ascendente quente e úmido, ao encontrar o ar frio e seco numa altitude superior, permite a formação de uma pequena nuvem com 10,0kg de água em 226s (aproximadamente 3,8 minutos). Sendo $-2,26 \times 10^6$ J/kg o calor de condensação da água, a potência em módulo desenvolvida na formação da nuvem é de

- A) 2,26kW
- B) 22,6kW
- C) 1,00kW
- D) 10,0kW
- E) 100kW



Parte 4

Termodinâmica

- Equação de Clapeyron: **$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$**

R - constante universal dos gases perfeitos = 0,082 atm . L / mol . K = **8,31 J / mol . K**

- Equação geral dos gases ideais



$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} = \dots = \frac{P_n \cdot V_n}{T_n} = n \cdot R$$

ATENÇÃO! Utilize a temperatura em **kelvin (K)**

- Energia cinética do gás - soma das energias cinéticas de suas moléculas.

$$E_c = \Sigma E_c = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

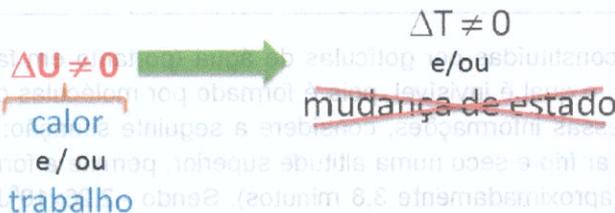
- Energia cinética média por molécula - não depende da natureza específica do gás, mas sim apenas da temperatura absoluta do mesmo.

$$\bar{E}_c = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T = \frac{m \cdot \bar{v}^2}{2}$$

k – constante de Boltzmann
(k = 1,38 x 10⁻²³ J/K)

- Energia interna do gás (U):

$\Delta U > 0$ – aumento de energia interna – aumento de temperatura
 $\Delta U < 0$ – redução de energia interna – redução de temperatura
 $\Delta U = 0$ – energia interna constante – temperatura constante



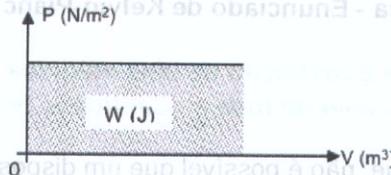
- Quantidade de calor (Q):

$Q > 0$ – calor recebido pelo sistema
 $Q < 0$ – calor cedido pelo sistema
 $Q = 0$ – não há troca de calor

• Trabalho (W):

$$W \text{ (J)} = P \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \Delta V \text{ (m}^3\text{)}$$

(pressão constante)



- compressão** – trabalho realizado sobre o sistema – **ganho de energia** (matemática: $\Delta V < 0 \rightarrow W < 0$)
- expansão** – trabalho realizado pelo sistema – **perda de energia** (matemática: $\Delta V > 0 \rightarrow W > 0$)
- volume constante** – $W = 0$

• 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

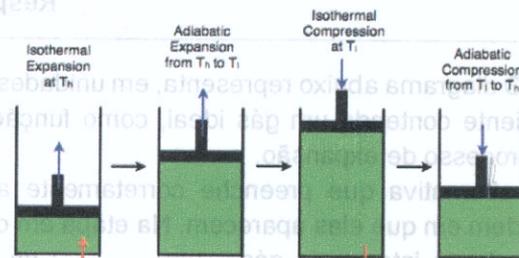
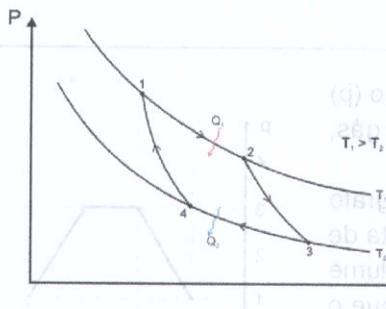
\uparrow 1º \uparrow 3º \uparrow 2º
T **compressão / expansão**

(1 cal = 4,18 J)

TRANSFORMAÇÃO	CARACTERÍSTICA	$\Delta U = Q - W$	W
Isotérmica	T = constante	$\Delta U = 0$	W = Q
Isobárica	P = constante $T \propto V$	$\Delta U = Q - W$	W = P . ΔV
Isométrica	V = constante $P \propto T$	$\Delta U = Q$	W = 0
Adiabática*	Q = 0	$\Delta U = -W$	W \neq 0

- Compressão adiabática $\rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow$ aumento de pressão \rightarrow aumento de temperatura
- Expansão adiabática $\rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow$ redução de pressão \rightarrow redução de temperatura

• **Transformação cíclica** - É um conjunto de transformações, no qual o estado inicial do gás é igual ao estado final. Ou seja, considerando o ciclo todo, a variação da energia interna do gás é nula ($\Delta U = 0$).



$$\Delta U = Q - W = 0 \rightarrow |Q_{TOTAL}| = |W_{TOTAL}|$$

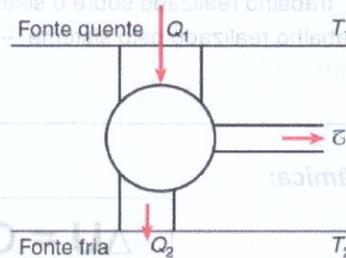
Área da figura

• 2ª Lei da termodinâmica - Enunciado de Kelvin-Planck:

"É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho."

Este enunciado implica que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \times 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \times 100\%$$



Ciclo de Carnot

Numa máquina de Carnot, a quantidade de calor que é fornecida pela fonte de aquecimento e a quantidade cedida à fonte de resfriamento são proporcionais às suas temperaturas absolutas, assim o rendimento de uma máquina de Carnot é:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \times 100\% = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$

Sendo: T_2 = temperatura absoluta da fonte de resfriamento
 T_1 = temperatura absoluta da fonte de aquecimento

• **Modelagem**

9. É correto afirmar que, durante a expansão isotérmica de uma amostra de gás ideal,

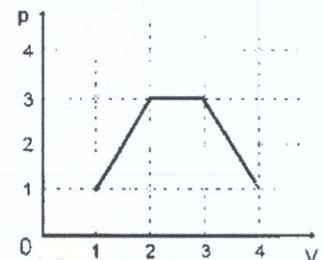
- (A) a energia cinética média das moléculas do gás aumenta.
- (B) o calor absorvido pelo gás é nulo.
- (C) o trabalho realizado pelo gás é nulo.
- (D) o trabalho realizado pelo gás é igual a variação da sua energia interna.
- (E) o trabalho realizado pelo gás é igual ao calor absorvido pelo mesmo.

Duas informações fundamentais no enunciado : expansão (o gás perde energia na forma de trabalho) isotérmica (não ocorre variação na sua energia interna). Para tanto, o gás deve absorver energia na forma de calor no mesmo valor do trabalho por ele realizado.

Resposta: E

10. UFRGS. O diagrama abaixo representa, em unidades arbitrárias, a pressão (p) em um recipiente contendo um gás ideal, como função do volume (V) do gás, durante um processo de expansão.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem. Na etapa em que o volume aumenta de 1 para 2, a energia interna do gás ; na etapa em que o volume aumenta de 2 para 3, a energia interna do gás ; na etapa em que o volume aumenta de 3 para 4, a energia interna do gás



- (A) diminuir - permanece constante - diminuir
- (B) diminuir - permanece constante - aumentar
- (C) aumentar - permanece constante - diminuir
- (D) aumentar - aumentar - aumentar
- (E) aumentar - aumentar - diminuir

Resposta: A

O produto $P \cdot V$ aumenta, determinado que houve uma elevação na temperatura e na energia interna do gás no trecho onde o volume aumenta de 1 para 2. na etapa onde o volume aumenta de 2 para 3 o produto $P \cdot V$ novamente aumenta, determinando uma nova elevação na temperatura do gás e um consequente aumento na sua energia interna. Finalmente no trecho onde o volume aumenta de 3 para 4 o produto $P \cdot V$ reduz, indicando uma redução na temperatura do gás e na sua energia interna.

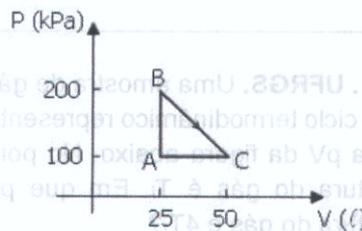
$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Resposta: E

11. UFRGS. Uma amostra de gás ideal, quando submetida à pressão $P_A = 100 \text{ kPa}$, ocupa o volume $V_A = 25 \text{ L}$. O ponto A do diagrama $P \times V$ abaixo representa esse estado. A partir do ponto A, a amostra sofre três transformações termodinâmicas e completa o ciclo que aparece no diagrama.

Qual é o trabalho líquido realizado pelo gás no ciclo completo?

- (A) 1,25 J.
- (B) 2,50 J.
- (C) $1,25 \times 10^3 \text{ J}$.
- (D) $2,50 \times 10^3 \text{ J}$.
- (E) $2,50 \times 10^6 \text{ J}$.



$$W_{\text{CICLO}} = \text{ÁREA DA FIGURA}$$

$$W_{\text{CICLO}} = (25 \times 10^{-3} \cdot 100 \times 10^3) \div 2$$

$$W_{\text{CICLO}} = 1250 \text{ J}$$

Resposta: C

12. UFRGS. Dois recipientes – um contendo gás hélio e o outro contendo gás neônio, ambos constituídos de moléculas monoatômicas – encontram-se à mesma temperatura de 35°C . Nessa temperatura, de acordo com a teoria cinética dos gases, a energia cinética média de uma molécula de hélio é de, aproximadamente, $6,4 \times 10^{-21} \text{ J}$. Segundo a mesma teoria, a energia cinética média de uma molécula de neônio seria de, aproximadamente,

- (A) $0,4 \times 10^{-21} \text{ J}$.
- (B) $6,4 \times 10^{-21} \text{ J}$.
- (C) $12,8 \times 10^{-21} \text{ J}$.
- (D) $25,6 \times 10^{-21} \text{ J}$.
- (E) $102,4 \times 10^{-21} \text{ J}$.

Como a temperatura dos dois gases é a mesma, a energia cinética média por molécula do gás, segundo a Teoria Cinética dos Gases, é a mesma.

Resposta: B

13. A cada ciclo, uma máquina térmica extrai 45 kJ de calor da sua fonte quente e descarrega 36 kJ de calor na sua fonte fria. O rendimento máximo que essa máquina pode ter é de

- (A) 20 %
- (B) 25 %
- (C) 75 %
- (D) 80 %
- (E) 100 %

$$\eta = (W/Q_1) \times 100\% = (9/45) \times 100\% = 20\%$$

Resposta: A

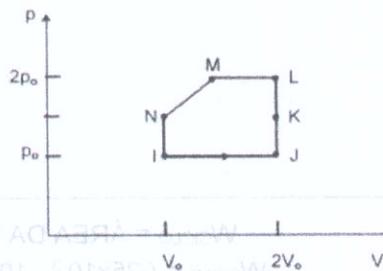
• **Questões**

L3 Q136. UFRGS. Um balão meteorológico fechado tem volume de $50,0 \text{ m}^3$ ao nível do mar, onde a pressão atmosférica é de $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$ e a temperatura é de $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Quando o balão atinge a altitude de 25 km na atmosfera terrestre, a pressão e a temperatura assumem, respectivamente, os valores de $5,0 \times 10^3 \text{ Pa}$ e $-63 \text{ }^\circ\text{C}$. Considerando-se que o gás contido no balão se comporta como um gás ideal, o volume do balão nessa altitude é de

- A) $14,0 \text{ m}^3$.
- B) $46,7 \text{ m}^3$.
- C) $700,0 \text{ m}^3$.
- D) $1.428,6 \text{ m}^3$.
- E) $2.333,3 \text{ m}^3$.



L3 Q141. UFRGS. Uma amostra de gás ideal realiza o ciclo termodinâmico representado no diagrama pV da figura abaixo. No ponto I, a temperatura do gás é T_1 . Em que ponto a temperatura do gás é $4T_1$?



- A) J
- B) K
- C) L
- D) M
- E) N



L3 Q165. PUCRS. A temperatura de um gás é diretamente proporcional à energia cinética das suas partículas. Portanto, dois gases **A** e **B**, na mesma temperatura, cujas partículas tenham massas na proporção de $m_A/m_B = 4/1$, terão as energias cinéticas médias das suas partículas na proporção E_{cA}/E_{cB} igual a

- A) $1/4$
- B) $1/2$
- C) 1
- D) 2
- E) 4



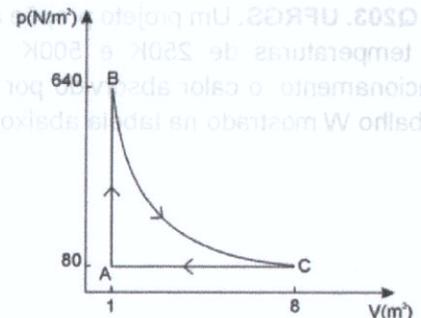
L3 Q183. UFRGS. A figura abaixo apresenta um diagrama p x V que ilustra um ciclo termodinâmico de um gás ideal. Este ciclo, com a realização de trabalho de 750 J , ocorre em três processos sucessivos. No processo AB, o sistema sofre um aumento de pressão mantendo o volume constante; no processo BC, o sistema se expande mantendo a temperatura constante e diminuindo a pressão; e, finalmente, no processo CA, o sistema retorna ao estado inicial sem variar a pressão.



O trabalho realizado no processo BC e a relação entre as temperaturas T_A e T_B são, respectivamente,

- A) 1310 J e $T_A = T_B/8$.
- B) 1310 J e $T_A = 8T_B$.
- C) 560 J e $T_A = T_B/8$.
- D) 190 J e $T_A = T_B/8$.
- E) 190 J e $T_A = 8T_B$.

Processo	Trabalho (J)	Relação de Temperaturas
AB	1310	$T_A = T_B/8$
BC	190	$T_A = T_B/8$
CA	560	$T_A = T_B/8$



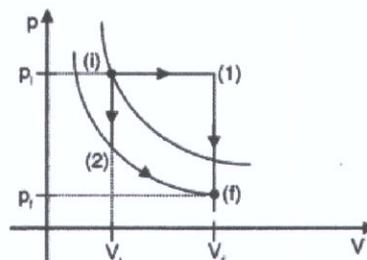
L3 Q191. PUCRS. Ar contido num cilindro com pistão sofre uma compressão adiabática, indo do estado (1,00atm ; 20,0L ; 300K) para o estado (66,3atm ; 1,00L ; 994K), resultando num trabalho de -1 1,7kJ. Assumindo que o ar se comporte como um gás ideal, se a compressão entre os mesmos volumes inicial e final indicados no processo adiabático tivesse sido isotérmica, os valores finais de pressão e temperatura e a variação da energia interna teriam sido, respectivamente,

- A) 1,00atm 994K 11,7kJ
- B) 2,00atm 300K -11,7kJ
- C) 20,0atm 994K zero
- D) 20,0atm 300K zero
- E) 66,3atm 300K zero



INSTRUÇÃO: Responder à questão 194 analisando as afirmações com base no gráfico a seguir, o qual representa a pressão de um gás, que segue a equação de estado do gás ideal, em função do seu volume. No gráfico, os pontos i e f indicam, respectivamente, o estado inicial e final do gás, e as curvas representadas são as isotermas correspondentes às temperaturas T_i e T_f desses estados. Os seguintes processos são descritos no gráfico:

- processo 1** – uma transformação isobárica seguida de uma transformação isovolumétrica.
- processo 2** – uma transformação isovolumétrica seguida de uma transformação isotérmica



- I. Comparando o trabalho W realizado pelo gás em cada processo, verifica-se que $W_1 > W_2$.
- II. Comparando a troca de calor Q com o gás em cada processo, verifica-se que $Q_1 < Q_2$.
- III. Comparando a variação da energia interna ΔU do gás em cada processo, verifica-se que $\Delta U_1 = \Delta U_2$.

L3 Q194. PUCRS. Analisando as afirmativas, pode-se concluir que está/estão correta/s

- A) somente II.
- B) somente III.
- C) somente I e II.
- D) somente I e III.
- E) I, II e III.



L3 Q203. UFRGS. Um projeto propõe a construção de três máquinas térmicas, M_1 , M_2 e M_3 , que devem operar entre as temperaturas de 250K e 500K, ou seja, que tenham rendimento ideal igual a 50%. Em cada ciclo de funcionamento, o calor absorvido por todas é o mesmo: $Q = 20$ kJ, mas espera-se que cada uma delas realize o trabalho W mostrado na tabela abaixo.

Máquina	W
M_1	20 kJ
M_2	12 kJ
M_3	8 kJ

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, verifica-se que somente é possível a construção da(s) máquina(s)

- A) M_1 .
- B) M_2 .
- C) M_3 .
- D) M_1 e M_2 .
- E) M_2 e M_3 .



Respostas dos cases

L3 Q020 – D	L3 Q 030 – C	L3 Q 043 – C	L3 Q 045 – A	L3 Q 048 – A
L3 Q 050 – E	L3 Q 051 – B	L3 Q 066 – D	L3 Q 073 – E	L3 Q 074 – E
L3 Q 136 – C	L3 Q 141 – C	L3 Q 183 – A	L3 Q 183 – A	L3 Q 191 – D
L3 Q 194 – D	L3 Q 203 – C			



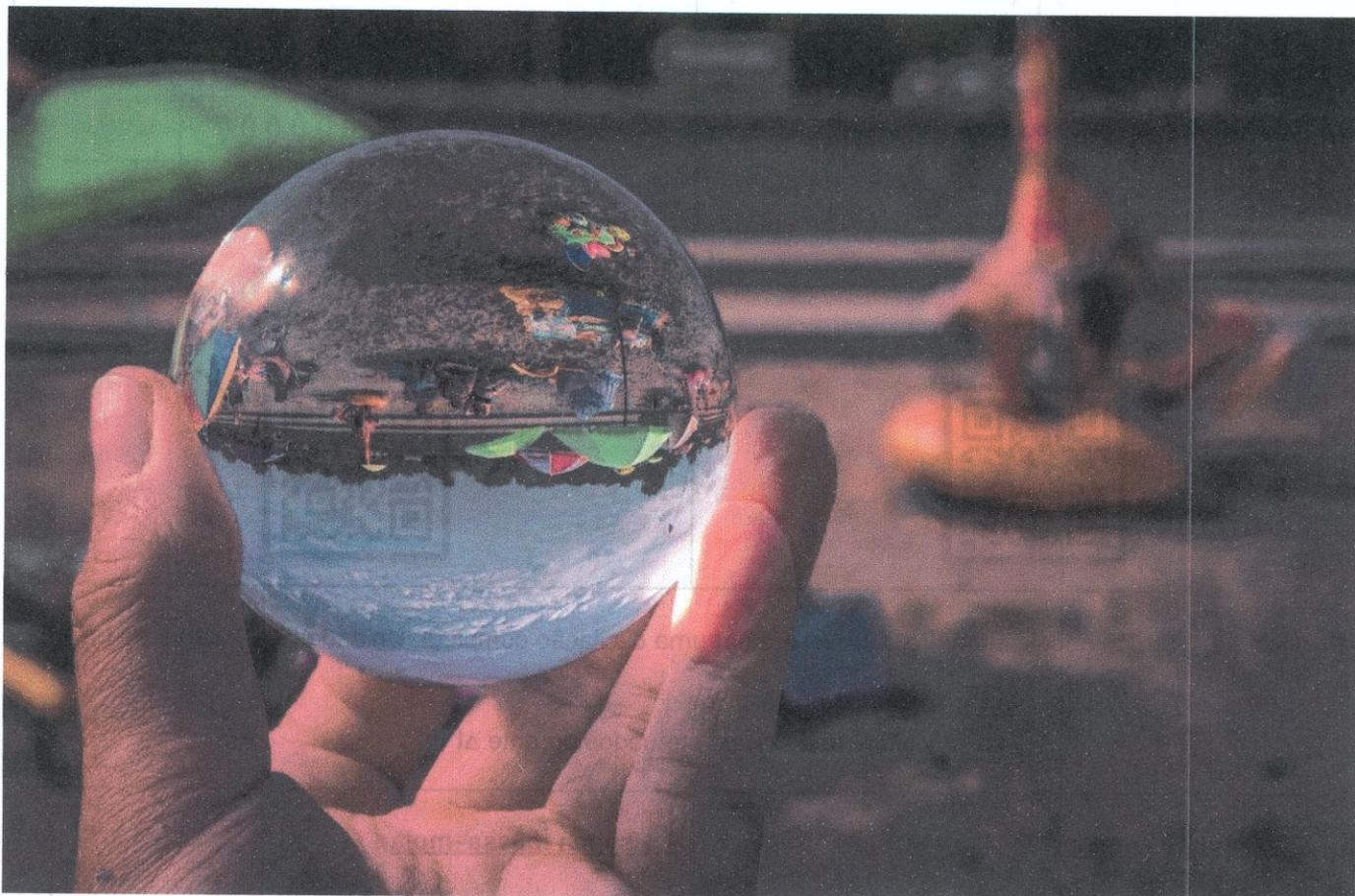
- I. Comparando o trabalho W realizado pelo gás em cada processo, verifica-se que $W < W_2$.
- II. Comparando a força de calor Q com o gás em cada processo, verifica-se que $Q < Q_2$.
- III. Comparando a variação da energia interna ΔU do gás em cada processo, verifica-se que $\Delta U = \Delta U_2$.

L3 Q194. PUCRS. Analisando as afirmativas, pode-se concluir que estão corretas

- A) somente II.
- B) somente III.
- C) somente I e II.
- D) somente I e III.
- E) I, II e III.



Aula de Revisão 6



Parte 1

M.H.S.

Parte 2

Ondas.

Parte 3

Acústica.

Parte 4

Óptica.

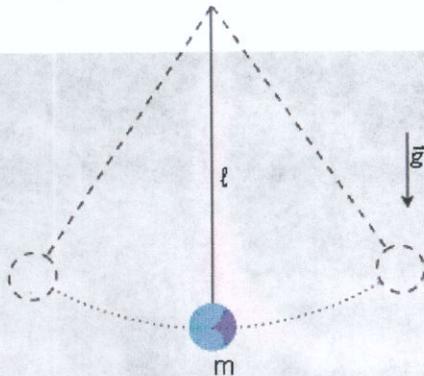


- A) $L = 0,4 \text{ m}$, $A = 12 \text{ cm}$, $M = 60 \text{ g}$
- B) $L = 1,6 \text{ m}$, $A = 8 \text{ cm}$, $M = 80 \text{ g}$
- C) $L = 0,4 \text{ m}$, $A = 8 \text{ cm}$, $M = 30 \text{ g}$
- D) $L = 0,8 \text{ m}$, $A = 12 \text{ cm}$, $M = 80 \text{ g}$
- E) $L = 1,6 \text{ m}$, $A = 12 \text{ cm}$, $M = 12 \text{ g}$

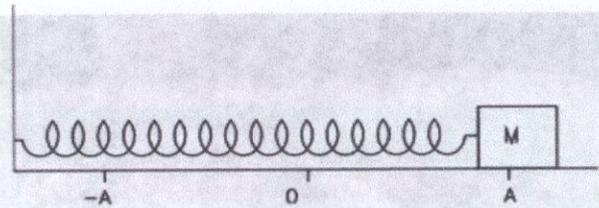
Parte 1

M.H.S.

- Pêndulo simples:



- Sistema massa – mola:



• **Período (T):** tempo necessário para o móvel efetuar uma oscilação completa. Unidade [S.I.] : *segundo (s)*

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

→ Tempo dos n ciclos

→ Número de ciclos efetuados durante Δt

- Pêndulo simples:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

→ comprimento do pêndulo (m)

→ aceleração gravitacional (m/s²)

- Sistema massa–mola:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

→ massa do corpo (kg)

→ constante elástica da mola (N/m)

• **Questões**

L3 Q229. UFRGS. Um pêndulo foi construído com um fio leve inextensível com 1,6 m de comprimento; uma das extremidades do fio foi fixada e na outra pendurou-se uma pequena esfera de chumbo cuja massa é de 60 g. Esse pêndulo foi colocado a oscilar no ar, com amplitude inicial de 12 cm. A frequência medida para esse pêndulo foi aproximadamente 0,39Hz. Suponha agora que se possa variar a massa (M), a amplitude (A) e o comprimento do fio (L). Qual das seguintes combinações dessas três grandezas permite, aproximadamente, a duplicação da frequência?

- A) L = 6,4 m; A = 12 cm; M = 60 g
- B) L = 1,6 m; A = 6 cm; M = 60 g
- C) L = 0,4 m; A = 6 cm; M = 30 g
- D) L = 0,8 m; A = 12 cm; M = 60 g
- E) L = 1,6 m; A = 12 cm; M = 15 g



L3 Q233. ENEM. Durante uma aula experimental de física, os estudantes construíram um sistema ressonante com pêndulos simples. As características de cada pêndulo são apresentadas no quadro. Inicialmente, os estudantes colocaram apenas o pêndulo A para oscilar.

Pêndulo	Massa	Comprimento do barbante
A	M	L
1	M	L
2	$\frac{M}{2}$	$2L$
3	$2M$	$\frac{L}{2}$
4	$\frac{M}{2}$	$\frac{L}{2}$
5	$2M$	L

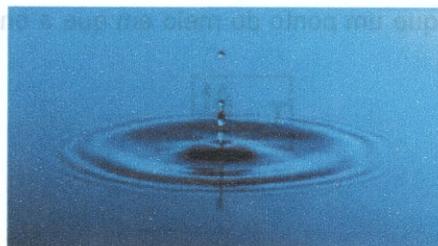
Quais pêndulos, além desse, passaram também a oscilar?

- A) 1, 2, 3, 4 e 5.
- B) 1, 2 e 3.
- C) 1 e 4.
- D) 1 e 5.
- E) 3 e 4.



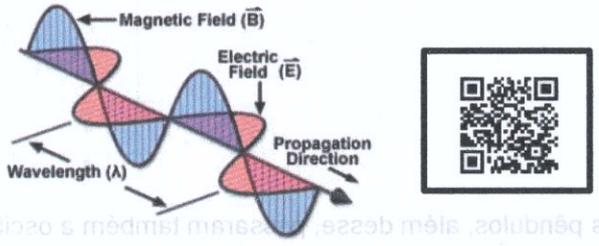
Parte 2 Ondulatória

Uma perturbação é a modificação das propriedades físicas em um ponto ou em uma região de um meio. Considerando este meio homogêneo e isotrópico, macroscopicamente contínuo, dizemos que **onda** é a transferência da **energia** que gerou a perturbação para as regiões vizinhas, no meio considerado.

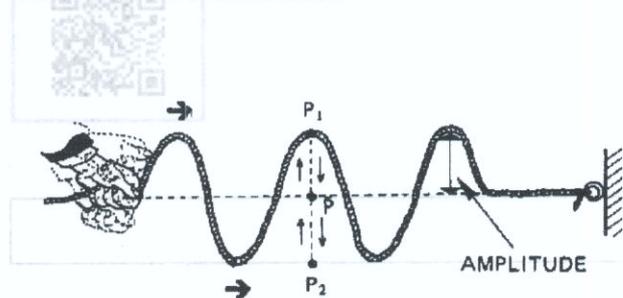


• Classificação:

<p>Ondas longitudinais: A direção da perturbação é a mesma da propagação. Exemplo – <i>onda sonora no ar, ...</i></p>	
<p>Ondas transversais: A direção da perturbação é perpendicular à propagação. Exemplo – <i>ondas eletromagnéticas, ...</i></p>	

<p>Ondas mecânicas: São aquelas que necessitam de um meio material para se propagarem. Exemplos – <i>onda na superfície da água, ondas sonoras</i></p>	
<p>Ondas eletromagnéticas: São aquelas que se propagam tanto em determinados meios materiais quanto no vácuo. A perturbação decorre da variação de velocidade de uma partícula carregada eletricamente. Exemplos – <i>luz, ...</i></p>	

• **Elementos de uma onda:**



Elongação (e) – distância de qualquer ponto da onda ao eixo de propagação.

Amplitude (A) – é a máxima elongação. Associada a energia propagada pela onda e definida pela fonte emissora.

AMPLITUDE → ENERGIA

Comprimento de onda (λ) – é a distância entre dois pontos consecutivos em concordância de fase, isto é, pontos com as mesmas características de posição e velocidade.

Período (T) – tempo necessário para que um ponto do meio em que a onda se propaga tenha uma vibração completa.

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

Frequência (f) – número de ciclos na unidade de tempo.

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

FREQUÊNCIA → FONTE

Velocidade de propagação (v) – velocidade com que a onda se propaga no meio. Depende do meio de propagação. Ondas de mesma natureza tem a mesma velocidade de propagação em um mesmo meio.

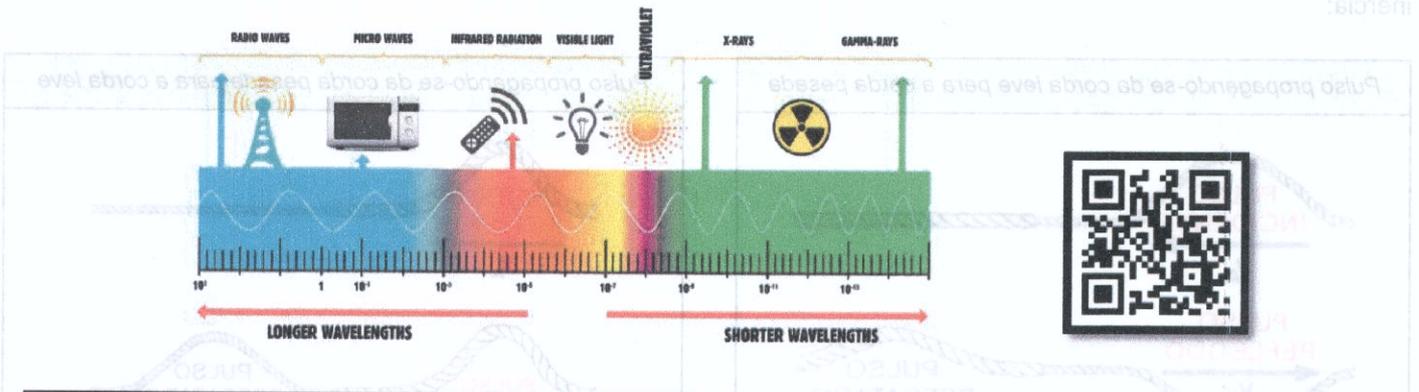
VELOCIDADE → MEIO

• **Equações:**

$$v = \frac{d}{\Delta t} = \lambda \cdot f$$

$$T = \frac{1}{f}$$

• **Espectro Eletromagnético**

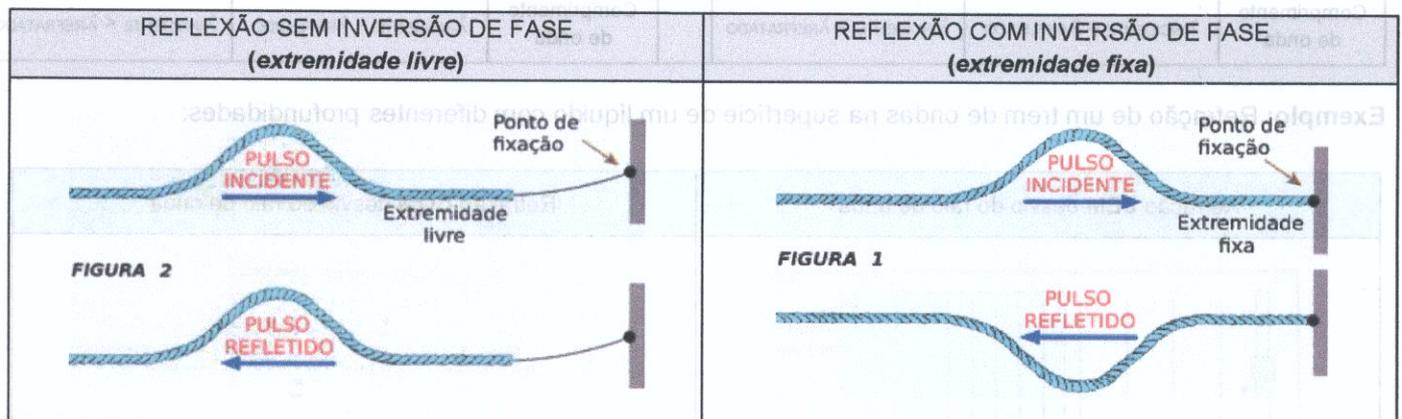


• **Fenômenos ondulatórios**

1. REFLEXÃO

É o fenômeno que permite a uma onda retornar ao meio em que se propagava ao incidir em um ponto ou superfície que separa esse meio de outro. Na reflexão não ocorre alteração da frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação.

Exemplo: Reflexão de um pulso que se propaga em uma corda homogênea:



2. REFRAÇÃO

Fenômeno no qual uma onda muda seu meio de propagação. Na refração, modificam-se a velocidade de propagação da onda e o comprimento de onda, mantendo-se constante a frequência.

$$f = \text{constante} \longrightarrow v \propto \lambda$$



Exemplo: Reflexão e refração de um pulso que se propaga em uma corda homogênea para outra de diferente inércia:

Pulso propagando-se da corda leve para a corda pesada

Grandeza	Pulso Refletido	Pulso Refratado
Fase	com inversão	sem inversão
Velocidade de propagação	$v_{INCIDENTE} = v_{REFLETIDO}$	$v_{INCIDENTE} > v_{REFRATADO}$
Comprimento de onda	$\lambda_{INCIDENTE} = \lambda_{REFLETIDO}$	$\lambda_{INCIDENTE} > \lambda_{REFRATADO}$

Pulso propagando-se da corda pesada para a corda leve

Grandeza	Pulso Refletido	Pulso Refratado
Fase	sem inversão	sem inversão
Velocidade de propagação	$v_{INCIDENTE} = v_{REFLETIDO}$	$v_{INCIDENTE} < v_{REFRATADO}$
Comprimento de onda	$\lambda_{INCIDENTE} = \lambda_{REFLETIDO}$	$\lambda_{INCIDENTE} < \lambda_{REFRATADO}$

Exemplo: Refração de um trem de ondas na superfície de um líquido com diferentes profundidades:

Refração SEM desvio do raio de onda

Meio 1 → alta profundidade
Meio 2 → baixa profundidade

$$f_1 = f_2 \Rightarrow v \propto \lambda \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\lambda_1 > \lambda_2$$

$$v_1 > v_2$$

Refração COM desvio do raio de onda

Meio 1 → baixa profundidade
Meio 2 → alta profundidade

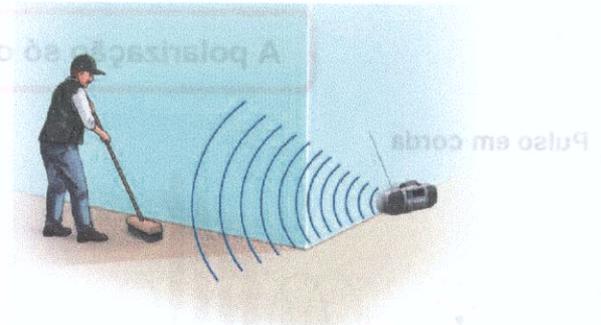
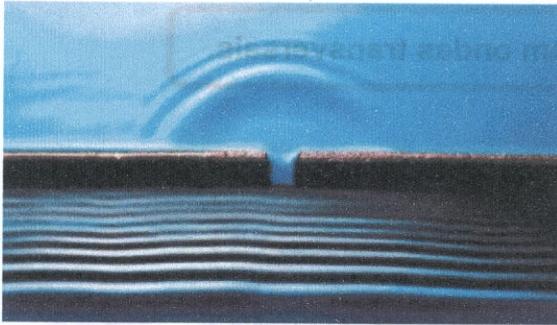
$$f_1 = f_2 \Rightarrow v \propto \lambda$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \text{constante}$$

$$\theta_1 < \theta_2 \quad \lambda_1 < \lambda_2 \quad v_1 < v_2$$

3. DIFRAÇÃO:

É o fenômeno que permite a uma onda **contornar um obstáculo**, ao ser parcialmente interrompida por ele. Não ocorre alteração na velocidade, comprimento de onda ou frequência, o que ocorre é um desvio na direção de propagação. **Pode ocorrer com todo tipo de ondas.**



Difração em fenda:

- Quanto menor a abertura, maior a difração (para um mesmo comprimento de onda).

$$\lambda_1 = \lambda_2 \text{ e } d_1 > d_2 \rightarrow \text{aumento de difração}$$

- Quanto maior o comprimento de onda, maior a difração que ela sofre (para uma mesma fenda).

$$\lambda_1 > \lambda_2 \text{ e } d_1 = d_2 \rightarrow \text{diminuição de difração}$$

4. INTERFERÊNCIA

É o fenômeno da **superposição** de duas ondas. Após o cruzamento, as ondas mantêm suas características iniciais. No ponto em que a superposição de duas ou mais ondas, o efeito resultante é a soma dos efeitos que cada onda produziria sozinha nesse ponto.

Interferência de dois pulsos que se propagam em uma corda homogênea

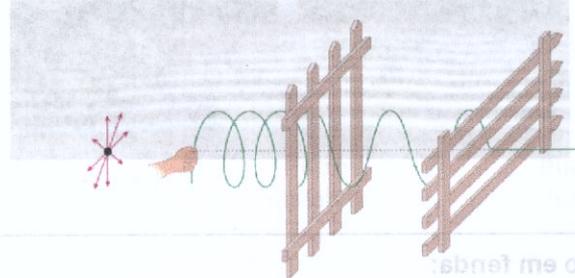
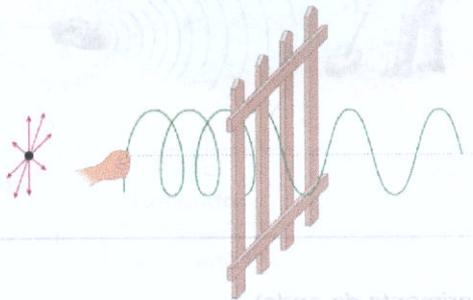
<p>INTERFERÊNCIA CONSTRUTIVA $A = A_1 + A_2$</p>	<p>INTERFERÊNCIA DESTRUTIVA $A = A_1 - A_2$</p>

5. POLARIZAÇÃO

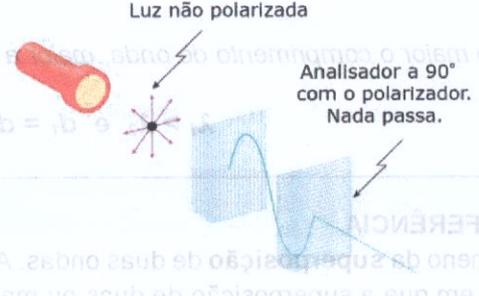
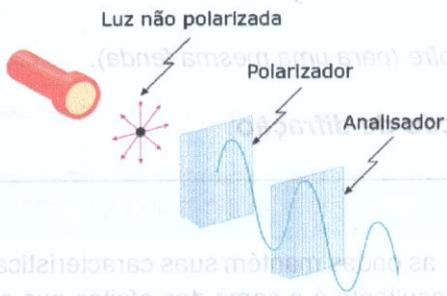
É o fenômeno pelo qual uma onda se vê obrigada a propagar-se em uma única direção, em um mesmo plano. O elemento responsável pela polarização é denominado polarizador. Se houver um segundo elemento que absorva a onda, esse é denominado analisador.

A polarização só ocorre com ondas transversais.

Pulso em corda



Luz



Modelagem

1. Considere as seguintes afirmações a respeito de ondas sonoras.

- I - A onda sonora refletida em uma parede rígida sofre inversão de fase em relação à onda incidente.
- II - A onda sonora refratada na interface de dois meios sofre mudança de frequência em relação à onda incidente.
- III - A onda sonora não pode ser polarizada porque é uma onda longitudinal.

Quais estão corretas?

- (A) Apenas II.
- (B) Apenas III.
- (C) Apenas I e II.
- (D) Apenas I e III.
- (E) Apenas II e III.

- I – Verdadeiro. Extremidade fixa na reflexão.
- II – Falso. Na refração não ocorre inversão de frequência.
- III – Verdadeiro. Apenas ondas transversais podem ser polarizadas.

Resposta: D

2. São exemplos de ondas os raios X, os raios gama, as ondas de rádio, as ondas sonoras e as ondas de luz. Cada um desses cinco tipos de onda difere, de algum modo, dos demais. Qual das alternativas apresenta uma afirmação que diferencia corretamente o tipo de onda referido das demais ondas acima citadas?

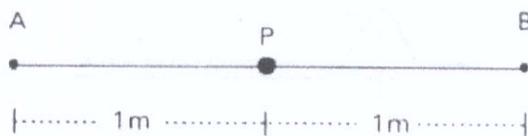
- (A) Raios X são as únicas ondas que não são visíveis.
- (B) Raios gama são as únicas ondas transversais.
- (C) Ondas de rádio são as únicas ondas que transportam energia.
- (D) Ondas sonoras são as únicas ondas longitudinais.
- (E) Ondas de luz são as únicas ondas que se propagam no vácuo com velocidade de 300.000 km/s.

Apenas as ondas sonoras são longitudinais. As demais ondas são eletromagnéticas, portanto, transversais.

Resposta: D

• **Questões**

L3 Q250. UFRGS. A figura mostra uma partícula P de um determinado meio elástico, inicialmente em repouso. A partir de um determinado instante, ela é atingida por uma onda mecânica longitudinal que se propaga nesse meio; a partícula passa então a se deslocar, indo até o ponto A, depois indo até o ponto B e finalmente retomando à posição original. O tempo gasto para todo esse movimento foi de 2 s.



Quais são, respectivamente, os valores da frequência e da amplitude da onda?

- A) 2 Hz e 1 m
- B) 2 Hz e 0,5 m
- C) 0,5 Hz e 0,5 m
- D) 0,5 Hz e 1 m
- E) 0,5 Hz e 4 m



L3 Q260. No forno de micro-ondas, há uma válvula ou gerador chamado de magnetron, que trabalha convertendo a energia elétrica em micro-ondas, as quais se propagam no vácuo com velocidade de aproximadamente $3,0 \times 10^8$ km/s. Elas, por sua vez, vibram e "batem" nas estruturas cerca de 2.400 milhões de vezes por segundo, gerando atrito. Essa agitação provoca o aquecimento que cozinha os alimentos, mas também faz com que se quebrem as moléculas presentes nos alimentos, modificando a estrutura dos nutrientes. O valor que mais se aproxima do comprimento de onda das micro-ondas, medido em centímetro, é:

- A) 0,01
- B) 0,10
- C) 1,00
- D) 10,00
- E) 100,00



L3 Q273. ENEM. Ao contrário dos rádios comuns (AM ou FM), em que uma única antena transmissora é capaz de alcançar toda a cidade, os celulares necessitam de várias antenas para cobrir um vasto território. No caso dos rádios FM, a frequência de transmissão está na faixa dos MHz (ondas de rádio), enquanto, para os celulares, a frequência está na casa dos GHz (micro-ondas). Quando comparado aos rádios comuns, o alcance de um celular é muito menor. Considerando-se as informações do texto, o fator que possibilita essa diferença entre propagação das ondas de rádio e as de micro-ondas é que as ondas de rádio são

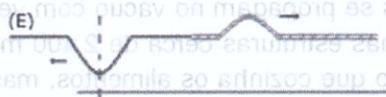
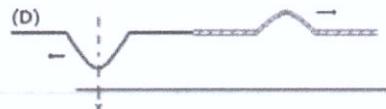
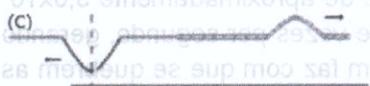
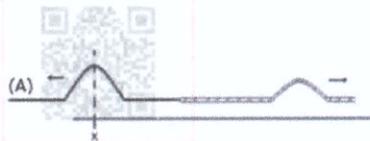
- A) facilmente absorvidas na camada da atmosfera superior conhecida como ionosfera.
- B) capazes de contornar uma diversidade de obstáculos como árvores, edifícios e pequenas elevações.
- C) mais refratadas pela atmosfera terrestre, que apresenta maior índice de refração para as ondas de rádio.
- D) menos atenuadas por interferência, pois o número de aparelhos que utilizam ondas de rádio é menor.
- E) constituídas por pequenos comprimentos de onda que lhes conferem um alto poder de penetração em materiais de baixa densidade.



L3 Q280. UFRGS. Uma corda é composta de dois segmentos de densidades de massa bem distintas. Um pulso é criado no segmento de menor densidade e se propaga em direção à junção entre os segmentos, conforme representa a figura abaixo.



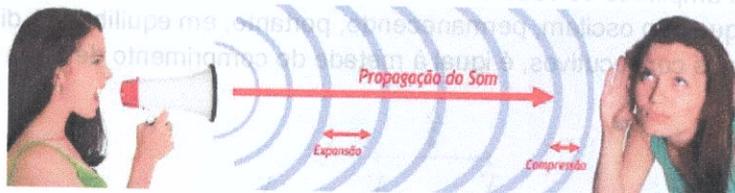
Assinale, entre as alternativas, aquela que A melhor representa a corda quando o pulso refletido está passando pelo mesmo ponto x indicado no diagrama acima.



Parte 3

Acústica

Vibração de um ponto material \Rightarrow **onda sonora** \Rightarrow propagação da vibração no meio material



FREQUÊNCIA DO SOM AUDÍVEL - SER HUMANO		
INFRASSOM (20 Hz)	<	SOM AUDÍVEL
		<
		ULTRASSOM (20.000 HZ)

Maior rigidez do meio \Rightarrow maior velocidade do som ($V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}}$)

• Reflexão do som:

- $\Delta t \geq 0,1 \text{ s} \Rightarrow$ eco
- $\Delta t < 0,1 \text{ s} (\approx 0,1 \text{ s}) \Rightarrow$ reverberação (ex.: sala vazia) \Rightarrow contribui p/ boa qualidade do som no ambiente.
- $\Delta t \approx 0 \text{ s} \Rightarrow$ reforço (ex.: ambientes pequenos)

• Interferência do som:

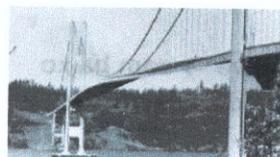
Interferência construtiva \rightarrow **som mais forte**

Interferência destrutiva \rightarrow **silêncio ou som muito fraco**



• Ressonância

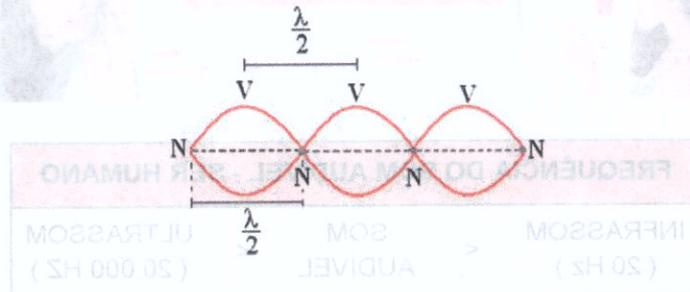
Fenômeno que acontece quando um sistema vibra forçado por outro sistema, mas com uma característica : o sistema que provoca a vibração deve estar perto do outro e vibrar com uma frequência igual à frequência natural desse outro.



• Ondas estacionárias

Quando duas ondas periódicas de frequências, comprimentos de onda e amplitude iguais, propagando-se em sentidos contrários, **superpõem-se** em um dado meio, vemos se formar uma figura de **interferência** chamada de onda estacionária. Evidentemente, não se trata de uma onda, na acepção normal do termo, mas de um particular padrão de interferência.

Nos pontos de interferência construtiva (V), denominados **ventres** a amplitude de oscilação é máxima, correspondendo ao dobro da amplitude de cada onda constituinte. Aos pontos de interferência totalmente destrutiva (N) damos o nome de **nós**, que não oscilam, permanecendo, portanto, em equilíbrio. A distância entre dois ventres consecutivos, ou entre dois nós consecutivos, é igual à metade do comprimento de onda da onda estacionária.



SOM FUNDAMENTAL → 1ª FORMA DE ONDA			
Corda Vibrante		$\lambda = 2L$	$f = v / 2L$
Tubo sonoro aberto em uma extremidade		$\lambda = 4L$	$f = v / 4L$
Tubo sonoro aberto nas duas extremidades		$\lambda = 2L$	$f = v / 2L$

• Qualidades fisiológicas do som:

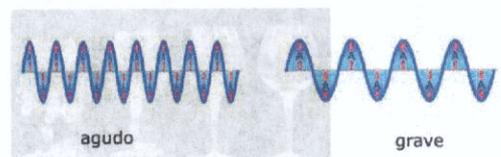
Intensidade sonora: $I = \frac{P}{A}$ (W/m²)

Intensidade auditiva (ou Nível de intensidade do som) - qualidade que permite afirmar se um som é **fraco** ou **forte**. Tanto a intensidade sonora quanto a intensidade auditiva estão associadas à amplitude da onda.

$N = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$ (decibel - dB) 1 dB = (1/10) · B

Altura - Quanto a altura os sons classificam-se como **GRAVES** e **AGUDOS**. A altura do som está diretamente associada à sua frequência. Quanto maior a frequência, mais alto, ou seja, mais agudo será o som.

som de baixa frequência → som grave → som baixo
som de alta frequência → som agudo → som alto



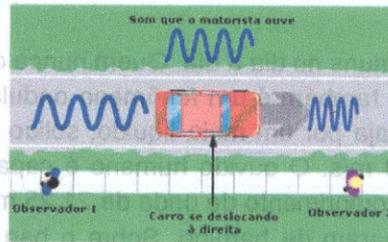
Timbre - É a qualidade do som que permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidades, emitidos por diferentes instrumentos.



• **Efeito Doppler**

Quando há um movimento relativo entre uma fonte sonora e um observador, as ondas sonoras captadas pelo observador têm frequências aparentes diferentes da frequência real de emissão. Esse fenômeno recebe o nome de Efeito Doppler.

O **observador 1** capta uma frequência aparente menor que a real.
SOM MAIS GRAVE



O **observador 2** capta uma frequência aparente maior que a real.
SOM MAIS AGUDO

• **Modelagem**

3. A menor intensidade de som que um ser humano pode ouvir é da ordem de 10^{-16} W/cm^2 . Já a maior intensidade suportável (limiar da dor) situa-se em torno de 10^{-3} W/cm^2 . Usa-se uma unidade especial para expressar essa grande variação de intensidades percebidas pelo ouvido humano: o bel (B). O significado dessa unidade é o seguinte: dois sons diferem de 1 B quando a intensidade de um deles é 10 vezes maior (ou menor) que a do outro, diferem de 2 B quando essa intensidade é 100 vezes maior (ou menor) que a do outro, de 3 B quando ela é 1000 vezes maior (ou menor) que a do outro, e assim por diante. Na prática, usa-se o decibel (dB), que corresponde a 1/10 do bel. Quantas vezes maior é, então, a intensidade dos sons produzidos em concertos de rock (110 dB) quando comparada com a intensidade do som produzido por uma buzina de automóvel (90 dB)?

- (A) 1,22.
- (B) 10.
- (C) 20.
- (D) 100.
- (E) 200.

$$N_R - N_B = 110 - 90 = 20 \text{ dB} \cdot (1/10) = 2 \text{ B} \rightarrow I_R = 100 \cdot I_B$$

Resposta: D

4. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo, na ordem em que elas aparecem. Os radares usados para a medida da velocidade dos automóveis em estradas têm como princípio de funcionamento o chamado efeito Doppler. O radar emite ondas eletromagnéticas que retornam a ele após serem refletidas no automóvel. A velocidade relativa entre o automóvel e o radar é determinada, então, a partir da diferença de entre as ondas emitida e refletida. Em um radar estacionado à beira da estrada, a onda refletida por um automóvel que se aproxima apresenta frequência e velocidade, comparativamente à onda emitida pelo radar.

- (A) velocidades - igual - maior
(B) frequências - menor - igual
(C) velocidades - menor - maior
(D) frequências - maior - igual
(E) velocidades - igual - menor



Fonte e Receptor se aproximam $\rightarrow f_{\text{APARENTE}} > f_{\text{REAL}}$ (som mais agudo)

Fonte e Receptor se afastam $\rightarrow f_{\text{APARENTE}} < f_{\text{REAL}}$ (som mais grave)

Resposta: D

• Questões

L3 Q330. Fenômenos ondulatórios são comuns no dia a dia. Quem nunca ouviu falar em terremotos, ondas no mar e barulho de propaganda política? O som também é um fenômeno ondulatório. Toda informação que chega aos nossos ouvidos é um tipo de onda que viaja por um meio líquido, sólido ou gasoso. A velocidade do som no ar possui módulo de, aproximadamente, 340 m/s. O ouvido humano é capaz de perceber ruídos que vão de 20 a 20.000 Hz. Um dado ruído, no ar, possui comprimento de onda de 21,25 m. Num bairro em que este ruído tocou a noite inteira, moradores da região reclamaram de barulho. Sobre o barulho em questão, assinale a alternativa correta.

- A) O barulho certamente é do ruído, pois, ocorrendo durante toda a noite, a intensidade de som seria elevada e acordaria os moradores.
B) O ruído não pode ter incomodado os moradores, uma vez que não é perceptível ao ouvido humano.
C) O ruído pode ter sido a causa do barulho, pois sua frequência f está no intervalo $20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$.
D) O ruído não pode ter sido a causa do barulho, pois sua frequência é superior a 20 kHz.



L3 Q346. PUCRS. Um sonar fetal, cuja finalidade é escutar os batimentos cardíacos de um bebê em formação, é constituído por duas pastilhas cerâmicas iguais de titanato de bário, uma emissora e outra receptora de ultrassom.

A pastilha emissora oscila com uma frequência de $2,2 \times 10^6 \text{ Hz}$ quando submetida a uma tensão variável de mesma frequência. As ondas de ultrassom produzidas devem ter um comprimento de onda que possibilite a reflexão delas na superfície pulsante do coração do feto. As ondas ultrassônicas refletidas que retomam à pastilha receptora apresentam frequência ligeiramente alterada, o que gera interferências periódicas de reforço e atenuação no sinal elétrico resultante das pastilhas. As alterações no sinal elétrico, após serem amplificadas e levadas a um alto-falante, permitem que os batimentos cardíacos do feto sejam ouvidos.

Considerando que a velocidade média das ondas no corpo humano (tecidos moles e líquido amniótico) seja 1540 m/s, o comprimento de onda do ultrassom que incide no coração fetal é _____, e o efeito que descreve as alterações de frequência nas ondas refletidas chama-se _____.

A alternativa que completa corretamente as lacunas é:

- A) 0,70 mm Joule
B) 7,0 mm Joule
C) 0,70 mm Doppler
D) 7,0 mm Doppler
E) 70 mm Pascal



Parte 4

Óptica

A luz é uma radiação eletromagnética de frequência muito elevada ($\cong 10^{14}$ Hz), comprimento de onda muito pequeno ($\cong 10^{-6}$ m) e cuja velocidade de propagação no vácuo é a das próprias ondas eletromagnéticas, ou seja, 3×10^8 m/s.

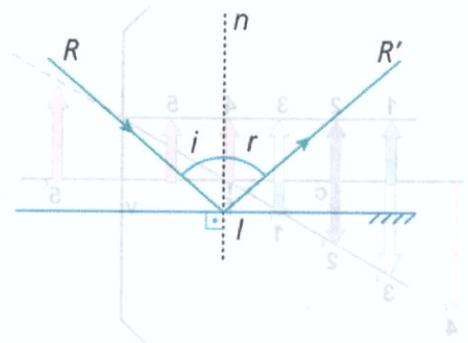
• Reflexão da luz.

Fenômeno que permite a luz retornar ao meio original de propagação ao incidir em uma superfície refletora.

1. Leis da reflexão:

1ª) o raio incidente, a normal à superfície refletora no ponto de incidência e o raio refletido estão situados em um mesmo plano.

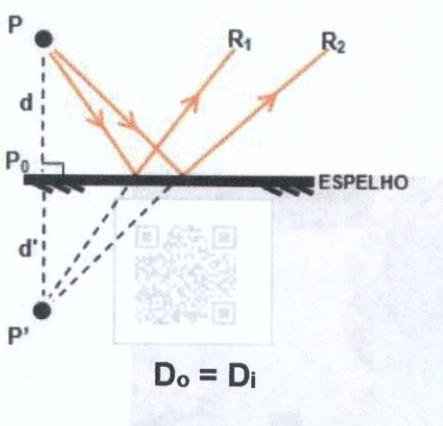
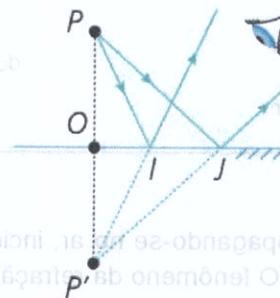
2ª) o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão ($i = r$)



2. Espelho plano

Superfície lisa e plana, que reflete especularmente a luz.

A luz emitida por um objeto e refletida em um espelho plano chega aos olhos de um observador como se estivesse vindo do ponto de encontro dos prolongamentos dos raios refletidos. Neste ponto o observador vê uma imagem virtual do objeto.



A imagem formada por um espelho plano tem as seguintes características:

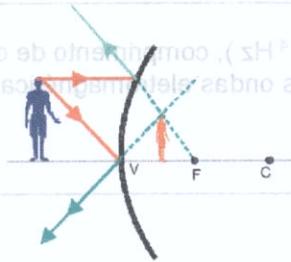
- VIRTUAL
- DIREITA
- IGUAL

Para um objeto extenso observa-se que o objeto e a imagem são simétricos, mas não superponíveis, ou seja, são figuras enantimórfas.

3. Espelho convexo:

Óptica

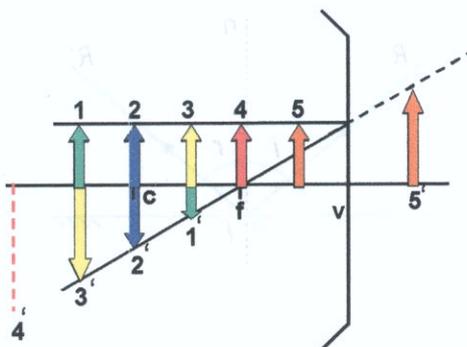
Parte 4



**VIRTUAL
DIREITA
MENOR**



4. Espelho côncavo:



- 1' – Real, Invertida e Menor
- 2' - Real, Invertida e Igual
- 3' - Real, Invertida e Maior
- 4' – Imagem Imprópria
- 5' – Virtual. Direta e Maior

Equações :

Aumento Linear

$$A = \frac{I}{O} = -\frac{d_i}{d_o}$$

Equação dos Pontos Conjugados

$$\frac{1}{f_o} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

I = tamanho da imagem → *imagem direita* ($I > 0$)
imagem inversa ($I < 0$)

O = tamanho do objeto

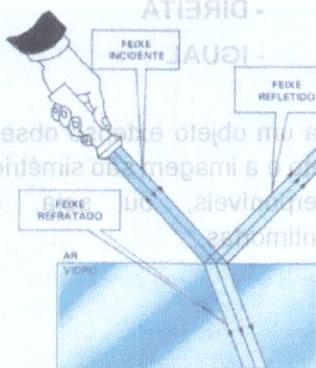
d_i = distância da imagem ao espelho → *imagem real* ($d_i > 0$)
imagem virtual ($d_i < 0$)

d_o = distância do objeto ao espelho

• Refração da luz.

Quando um feixe de luz, propagando-se no ar, incide em um bloco de vidro, parte do feixe é refletido e parte se refrata ao penetrar no vidro. O fenômeno da refração consiste na mudança de direção de propagação de um feixe de luz ao passar de um meio para outro. Isto só pode ocorrer quando a luz se propaga com velocidades diferentes nos dois meios.

$$f = \text{constante} \rightarrow v \propto \lambda$$



1. Índice de refração (n) :

- Característico do meio e da cor da luz.
- Indica a dificuldade que o meio impõe a propagação da luz. Quanto maior o índice de refração, menor o módulo da velocidade com que a luz nele se propaga.

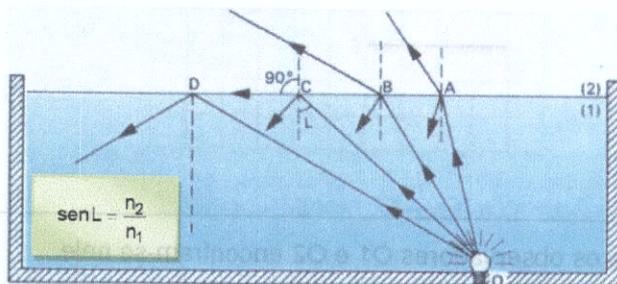
$$n = \frac{c}{v}$$

2. Lei de Snell – Descartes

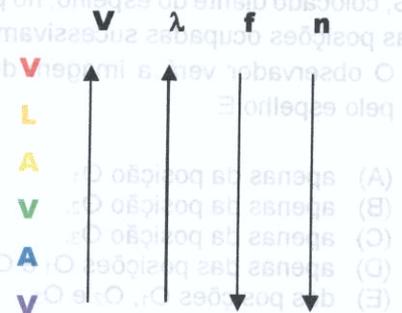
$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$$

3. Reflexão total da luz

- Um raio luminoso, propagando-se em um meio 1 mais refringente para um meio 2, menos, refringente.
- $\hat{i} > L$



4. Dispersão da luz branca



5. Lentes

LENTE DIVERGENTE

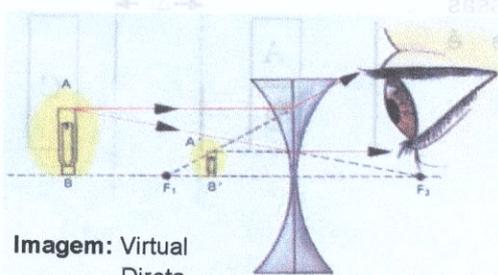
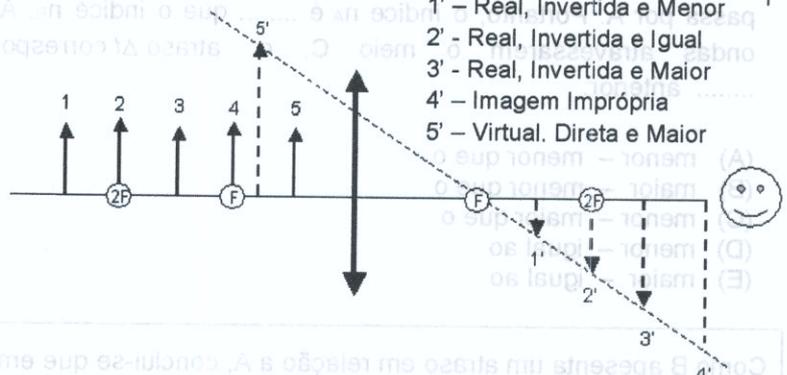


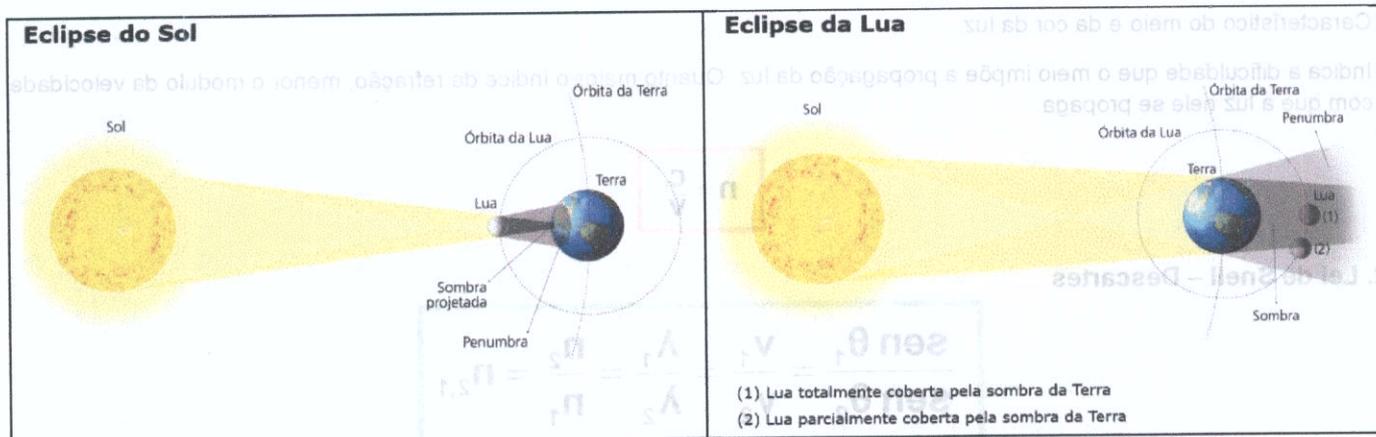
Imagem: Virtual
Direta
Menor

LENTE CONVERGENTE



- 1' – Real, Invertida e Menor
- 2' – Real, Invertida e Igual
- 3' – Real, Invertida e Maior
- 4' – Imagem Imprópria
- 5' – Virtual, Direta e Maior

• **Eclipse.**

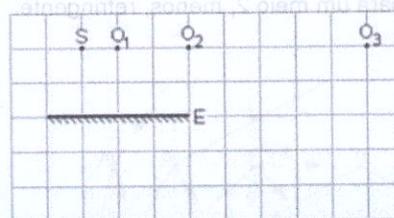


• **Modelagem**

5. Na figura abaixo estão representados um espelho plano E, perpendicular à página, e um pequeno objeto luminoso S, colocado diante do espelho, no plano da página. Os pontos O_1 , O_2 e O_3 , também no plano da página, representam as posições ocupadas sucessivamente por um observador.

O observador verá a imagem do objeto S fornecida pelo espelho E

- (A) apenas da posição O_1
- (B) apenas da posição O_2 .
- (C) apenas da posição O_3 .
- (D) apenas das posições O_1 e O_2 .
- (E) das posições O_1 , O_2 e O_3 .



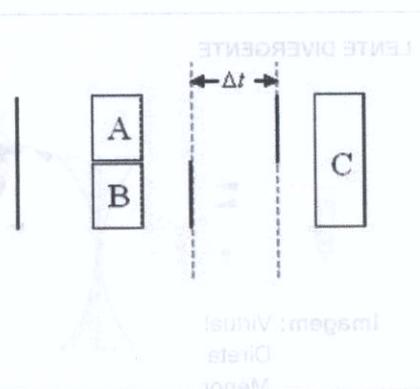
Traçando-se o campo visual a partir do objeto S, verifica-se que os observadores O_1 e O_2 encontram-se nele.

Resposta: D

6. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem. Três meios transparentes, A, B e C, com índices de refração n_A , n_B e n_C , respectivamente, são dispostos como indicado na figura abaixo.

Uma frente de onda plana monocromática incide sobre os meios A e B. A fase da onda que passa por B apresenta um atraso em relação à que passa por A. Portanto, o índice n_A é que o índice n_B . Após essas ondas atravessarem o meio C, o atraso Δt correspondente é anterior.

- (A) menor – menor que o
- (B) maior – menor que o
- (C) menor – maior que o
- (D) menor – igual ao
- (E) maior – igual ao



Como B apresenta um atraso em relação a A, conclui-se que em A a luz é mais rápida, portanto menos refringente. Já em C a velocidade da luz é a mesma, portanto o atraso se mantém.

Resposta: D

7. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem. Uma onda luminosa se propaga através da superfície de separação entre o ar e um vidro cujo índice de refração é $n = 1,33$. Com relação a essa onda, pode-se afirmar que, ao passar do ar para o vidro, sua intensidade , sua frequência e seu comprimento de onda

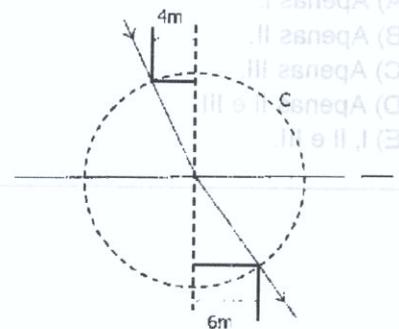
- (A) diminui – diminui – aumenta
- (B) diminui – não se altera – diminui
- (C) não se altera – não se altera – diminui
- (D) aumenta – diminui – aumenta
- (E) aumenta – aumenta – diminui

A intensidade diminui, pois, ocorre uma divisão da energia. Por se tratar de refração a frequência não se altera. Já o comprimento de onda reduz proporcionalmente com a velocidade.

Resposta: B

8. A figura abaixo representa um raio de luz monocromática que se refrata na superfície plana de separação de dois meios transparentes, cujos índices de refração são n_1 e n_2 . Com base nas medidas expressas na figura, onde C é uma circunferência, pode-se calcular a razão n_2/n_1 dos índices de refração desses meios. Qual das alternativas apresenta corretamente o valor dessa razão?

- (A) 2/3.
- (B) 3/4.
- (C) 1.
- (D) 4/3.
- (E) 3/2.



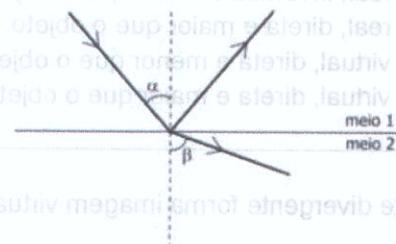
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2} = \frac{4/R}{6/R} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$$

Resposta: A

9. A figura abaixo representa um raio de luz monocromática que incide sobre a superfície de separação de dois meios transparentes. Os ângulos formados pelo raio incidente e pelo raio refratado com a normal à superfície são designados por α e β , respectivamente.

Nesse caso, afirmar que o ângulo-limite para a reflexão total da luz entre os meios 1 e 2 é de 48° significa dizer que ocorrerá reflexão total se

- (A) $48^\circ < \alpha < 90^\circ$.
- (B) $24^\circ < \alpha < 48^\circ$.
- (C) $0^\circ < \alpha < 24^\circ$.
- (D) $48^\circ < \beta < 90^\circ$.
- (E) $0^\circ < \beta < 48^\circ$.



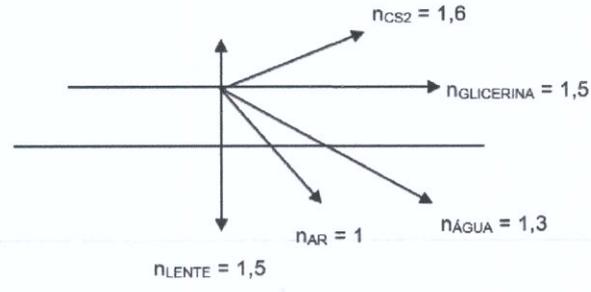
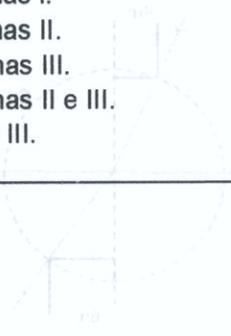
Resposta: C

A reflexão total ocorre quando o ângulo de incidência é maior do que o limite.
Resposta: A

10. Considere uma lente com índice de refração igual a 1,5 imersa completamente em um meio cujo índice de refração pode ser considerado igual a 1. Um feixe luminoso de raios paralelos incide sobre a lente e converge para um ponto P situado sobre o eixo principal da lente. Sendo a lente mantida em sua posição e substituído o meio no qual ela se encontra imersa, são feitas as afirmações a respeito do experimento.

- I - Em um meio com índice de refração igual ao da lente, o feixe luminoso converge para o mesmo ponto P.
 - II - Em um meio com índice de refração menor do que o da lente, porém maior do que 1, o feixe luminoso converge para um ponto P' mais afastado da lente do que o ponto P.
 - III - Em um meio com índice de refração maior do que o da lente, o feixe luminoso diverge ao atravessar a lente.
- Quais estão corretas?

- (A) Apenas I.
- (B) Apenas II.
- (C) Apenas III.
- (D) Apenas II e III.
- (E) I, II e III.

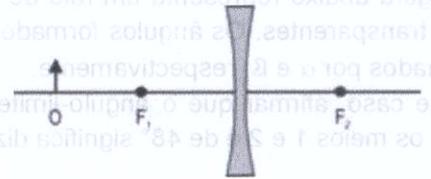


Resposta: D

11. A figura abaixo representa um objeto real O colocado diante de uma lente delgada de vidro, com pontos focais F₁ e F₂. O sistema todo está imerso no ar.

Nessas condições, a imagem do objeto fornecida pela lente é

- (A) real, invertida e menor que o objeto.
- (B) real, invertida e maior que o objeto.
- (C) real, direta e maior que o objeto.
- (D) virtual, direta e menor que o objeto.
- (E) virtual, direta e maior que o objeto



A lente divergente forma imagem virtual, direta e menor para qualquer posição do objeto perante a lente.
Resposta: C

• **Questões**

L3 Q386. ENEM. A figura mostra uma superfície refletora de formato parabólico, que tem sido utilizada como um fogão solar. Esse dispositivo é montado de tal forma que a superfície fique posicionada sempre voltada para o Sol. Neste, a panela deve ser colocada em um ponto determinado para maior eficiência do fogão.



Disponível em: <http://www.deltateta.com>. Acesso em: 30 abr. 2010.

Considerando que a panela esteja posicionada no ponto citado, a maior eficiência ocorre porque os raios solares

- A) refletidos passam por esse ponto, definido como ponto de reflexão.
- B) incidentes passam por esse ponto, definido como vértice da parábola.
- C) refletidos se concentram nesse ponto, definido como foco da parábola.
- D) incidentes se concentram nesse ponto, definido como ponto de incidência.
- E) incidentes e refletidos se interceptam nesse ponto, definido como centro de curvatura.



L3 Q387. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

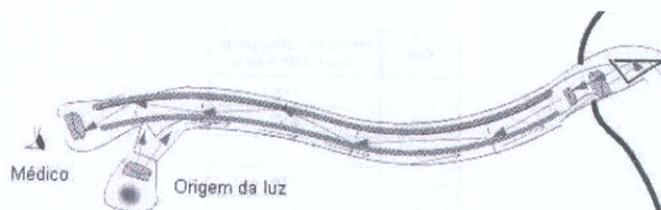
Para que os seguranças possam controlar o movimento dos clientes, muitos estabelecimentos comerciais instalam espelhos convexos em pontos estratégicos das lojas.

A adoção desse procedimento deve-se ao fato de que esses espelhos aumentam o campo de visão do observador. Isto acontece porque a imagem de um objeto formada por esses espelhos é , e objeto.

- A) virtual – direta – menor que o
- B) virtual – invertida – maior que o
- C) virtual – invertida – igual ao
- D) real – invertida – menor que o
- E) real – direta – igual ao



L3 Q389. O uso de fibras ópticas em aplicações médicas tem evoluído bastante desde as aplicações pioneiras do Fiberscope, onde um feixe de fibras de vidro servia basicamente para iluminar e observar órgão no interior do corpo humano. Hoje em dia, tem-se uma variedade de aplicações de sistemas sensores com fibras ópticas em diagnóstico e cirurgia.



Assinale a alternativa correta que completa as lacunas das frases a seguir.

O princípio é que quando lançado um feixe de luz numa extremidade da fibra e, pelas características ópticas do meio (fibra), esse feixe percorre a fibra por meio de _____ sucessivas. A fibra possui no mínimo duas camadas: o núcleo (filamento de vidro) e o revestimento (material eletricamente isolante). No núcleo, ocorre a transmissão da luz propriamente dita. A transmissão da luz dentro da fibra é possível graças a uma diferença de índice de _____ entre o revestimento e o núcleo, sendo que o núcleo possui sempre um índice de refração mais elevado, característica que, aliada ao ângulo de _____ do feixe de luz, possibilita o fenômeno da _____ total.

- A) refrações - refração - incidência - reflexão
- B) reflexões - refração - incidência - reflexão
- C) reflexões - incidência - refração - refração
- D) interferências - refração - incidência - reflexão



L3 Q393. PUCRS. Ao observar a imagem da Lua formada por um pequeno espelho côncavo, um astrônomo amador na Terra percebe que esta imagem se forma

- A) aproximadamente no foco do espelho.
- B) aproximadamente no centro do espelho.
- C) a meia distância entre o foco e o vértice do espelho.
- D) a meia distância entre o centro e o foco do espelho.
- E) exatamente no vértice do espelho.



L3 Q410. UFRGS. A nanotecnologia, tão presente nos nossos dias, disseminou o uso do prefixo nano (n) junto a unidades de medida. Assim, comprimentos de onda da luz visível são, modernamente, expressos em nanômetros (nm), sendo $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$. (Considere a velocidade da luz no ar igual a $3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Um feixe de luz monocromática de comprimento de onda igual a 600 nm, propagando-se no ar, incide sobre um bloco de vidro, cujo índice de refração é 1,5. O comprimento de onda e a frequência do feixe que se propaga dentro do vidro são, respectivamente,

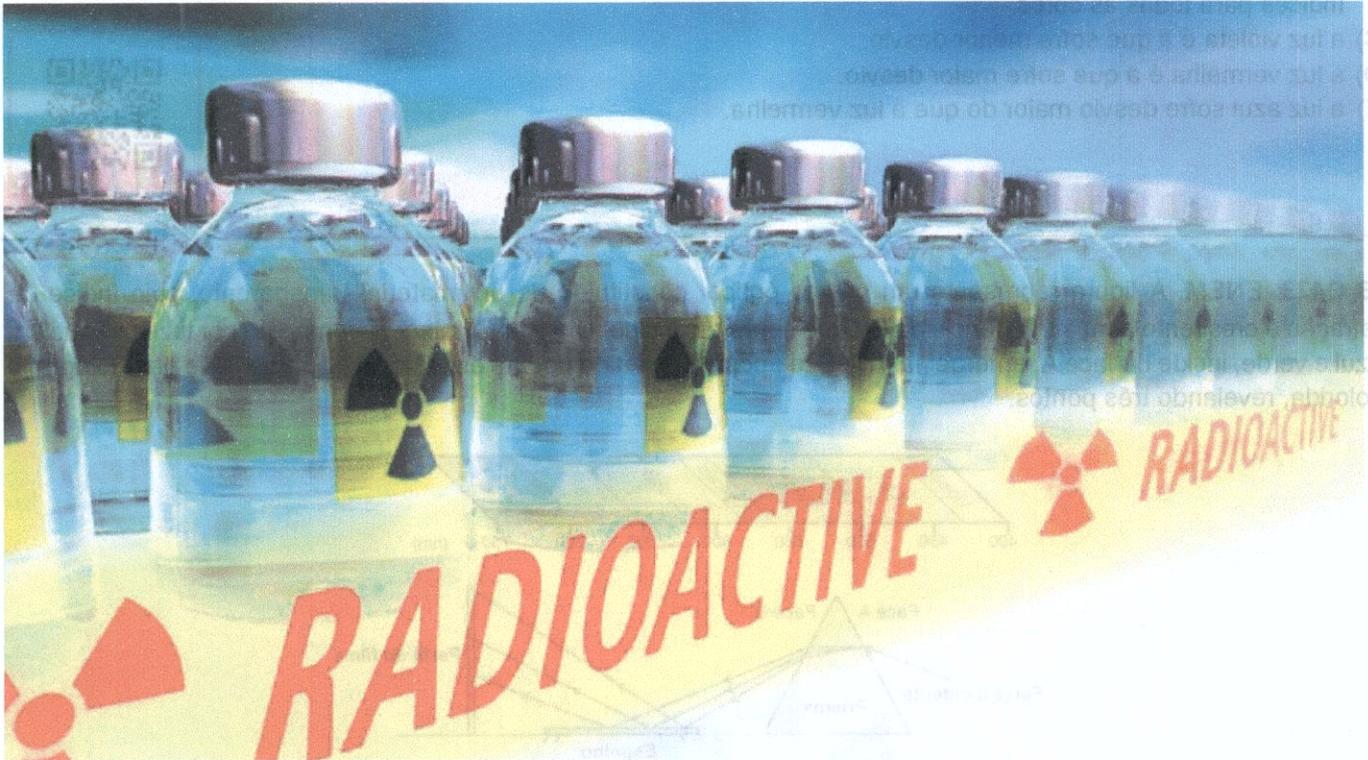
- A) 400 nm e $5,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- B) 400 nm e $7,5 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- C) 600 nm e $5,0 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- D) 600 nm e $3,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$.
- E) 900 nm e $3,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$.



L3 Q414. PUCRS. O efeito causado pela incidência da luz solar sobre um vidro, dando origem a um feixe colorido, é conhecido como dispersão da luz branca. Este fenômeno é resultado da refração da luz ao atravessar meios diferentes, no caso, do ar para o vidro. Na superfície de separação entre os dois meios, a luz sofre um desvio em relação à direção original de propagação desde que incida no vidro em uma direção diferente da direção normal à superfície. A tabela abaixo informa os índices de refração de um tipo de vidro para algumas das diferentes cores que compõem a luz branca.

Cor	Índice de refração do vidro relativo ao ar
Vermelho	1,513
Amarelo	1,517
Verde	1,519
Azul	1,528
Violeta	1,532

Aula de Revisão 7



Parte 1

Radiação de corpo negro.

Parte 2

Física Moderna.

Parte 3

Efeito Compton / Ondas de matéria.

Parte 4

Modelos atômicos.

Parte 5

Raio X.

Parte 6

Radioatividade.

Parte 7

Reações nucleares.

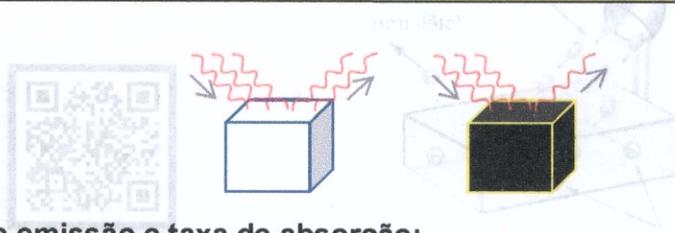
Parte 8

Noções de relatividade restrita.

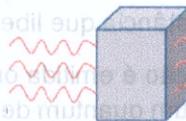
Respostas dos casos

Parte 1	Radiação de corpo negro	Parte 2
---------	-------------------------	---------

Os corpos de cor clara refletem a maior parte da radiação visível incidente, enquanto os corpos escuros absorvem a maior parte da radiação.



Relação entre taxa de emissão e taxa de absorção:



- Taxa de emissão < Taxa de absorção → Aumento de energia interna → Aumento de temperatura
- Taxa de emissão > Taxa de absorção → Redução de energia interna → Redução de temperatura
- Taxa de emissão = Taxa de absorção → Energia interna constante → Temperatura constante

Cor dos corpos:

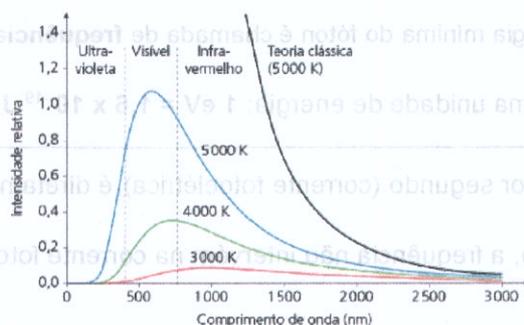
- Corpos claros → baixa absorção → baixa emissão
- Corpos **escuros** → alta absorção → alta emissão

A radiação eletromagnética emitida nessas circunstâncias é chamada de radiação térmica. Em temperaturas abaixo de 600°C, a radiação térmica emitida pelos corpos não é visível (infravermelho). Entre 600°C e 700°C, existe energia suficiente no espectro visível para que o corpo comece a brilhar com luz própria vermelho escura. Em temperaturas mais elevadas, o objeto brilha com luz vermelho-clara ou mesmo branca.

Um corpo à temperatura ambiente emite radiação eletromagnética principalmente na região do infravermelho.



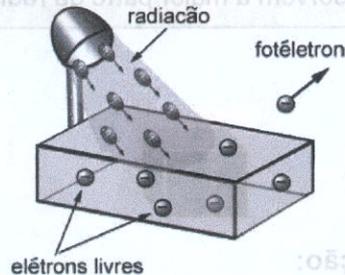
Um corpo que absorve toda a radiação incidente é chamado de corpo negro ideal.



Parte 2

Efeito fotoelétrico

Ao fenômeno da emissão ou liberação de elétrons por um metal pela ação da luz, dá-se a designação de efeito fotoelétrico.



Os elétrons são designados por **fotóelétrons** e a substância que libera elétrons é dita **fotosensível**.

De acordo com a teoria de *Planck*, quando uma radiação é emitida ou absorvida por um corpo, a energia é emitida ou absorvida, segundo um número inteiro de quanta; um quantum de energia é dado por:

$$E = h \cdot f$$

onde: h é a CONSTANTE DE PLANCK ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$)
 f é a frequência da radiação (Hz).

O quantum de energia luminosa recebe o nome de **fóton**.

IMPORTANTE !!!!!!!

- Segundo EINSTEIN, a **energia total de um fóton** é transmitida a um **elétron** do metal.
- **Intensidade luminosa (I)** :
 - ⇒ medida em $\text{J/m}^2 \cdot \text{s}$
 - ⇒ Indica a energia luminosa que incide, a cada unidade de área, na unidade de tempo. Dessa forma, o número de fótons que incide é obtido dividindo-se a energia incidente pela energia de um fóton ($E = h \cdot f$).
 - ⇒ A intensidade luminosa reduz com o aumento da distância à fonte luminosa.

LEIS DO EFEITO FOTOELÉTRICO.

I) Para cada material existe uma energia mínima para o elétron escapar do metal, vencendo os choques com os átomos vizinhos e a atração elétrica dos núcleos desses átomos. A energia mínima necessária para um elétron escapar do metal corresponde a um trabalho ϕ , denominado função trabalho do metal. Esse valor é característico para cada metal.

$$\phi = h \cdot f_0$$

A frequência que determina essa energia mínima do fóton é chamada de **frequência limiar** ou **frequência de corte (f_0)**.

Observação: o elétron-volt (eV) é uma unidade de energia: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

II) O número de elétrons liberados por segundo (corrente fotoelétrica) é diretamente proporcional à intensidade da luz.

→ Após o início do efeito fotoelétrico, a frequência não intervém na corrente fotoelétrica.

III) Quando o elétron superficial recebe um fóton com energia $h.f$ maior do que a função trabalho, esse excesso de energia é conservado pelo elétron na forma de energia cinética de emissão (E_c).

$$E_c = \frac{m.v^2}{2} = h.f - \phi$$



→ Essa energia cinética é considerada a máxima energia de emissão, pois elétrons mais internos serão emitidos com menor energia cinética, uma vez que sofrerão maior perda de energia ao atravessar o metal.

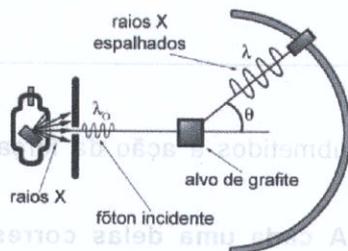
→ Se a intensidade luminosa aumentar, aumenta o número de fotoelétrons, sem que aumente a energia cinética de cada um.

Parte 3

Efeito Compton / Ondas de matéria

• **Efeito Compton**

Arthur Compton supôs a conservação de momento linear e energia relativística do sistema fóton+elétron, chegando a uma relação entre os comprimentos de onda do fóton incidente e do fóton espalhado em função do ângulo de espalhamento, verificada através de dados experimentais. A fórmula para o momento linear p do fóton foi obtida a partir da relação entre momento e energia relativística para uma partícula sem massa de repouso.



$$p = \frac{h}{\lambda}$$

• **Hipótese de de Broglie - Ondas de matéria**

Em determinados fenômenos a luz se comporta como se tivesse natureza ondulatória e em outros com natureza de partícula.

Se a luz apresenta natureza dual, uma partícula pode comportar-se de modo semelhante, apresentando também propriedades ondulatórias.

O comprimento de onda λ de uma **partícula** em função de sua quantidade de movimento é dado por:

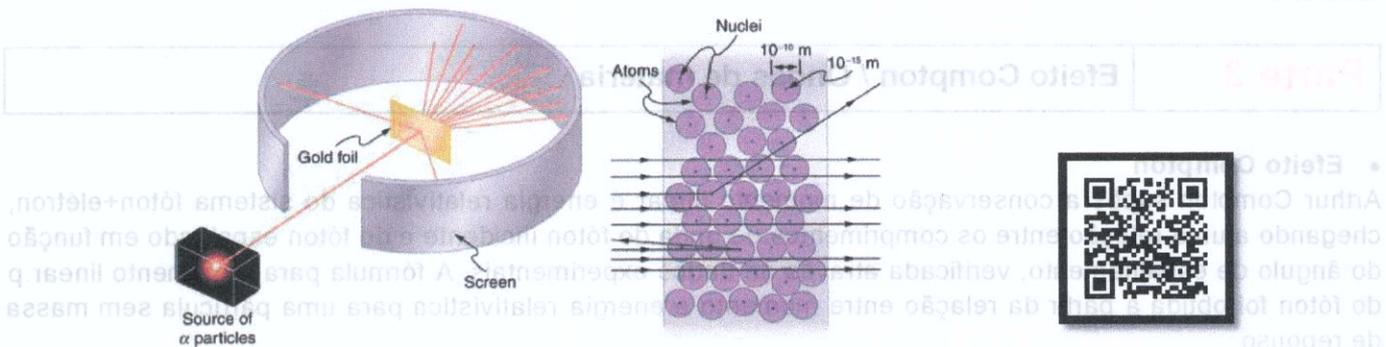
$$p = \frac{h}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h}{m.v}$$

Parte 4

Estrutura Atômica

• **O Modelo Nuclear de Rutherford**

Para provar que os átomos não são maciços, Ernest Rutherford elaborou uma experiência, em 1911, onde bombardeou com partículas alfa (provenientes de uma amostra do elemento polônio, que emite radiações positivas) uma fina placa de ouro. Ele então notou que a maior parte dessas partículas atravessava a lâmina, e pouquíssimas eram repelidas ou desviadas. O motivo de algumas partículas serem repelidas é que bateram de frente com o núcleo atômico do ouro. As que sofreram desvio passaram muito perto do núcleo, pois a partícula alfa é de carga positiva, e o núcleo do ouro também. Assim, a Experiência de Rutherford provou que o átomo possui um grande vazio, um espaço muito grande entre os elétrons e os prótons do núcleo.



• **O Modelo do Átomo de Bohr**

Segundo o modelo de Bohr, os elétrons de um átomo, submetidos à ação da força atrativa de Coulomb exercida pelo núcleo.

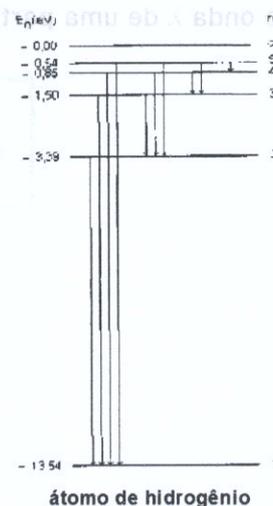
Um elétron pode percorrer apenas algumas órbitas. A cada uma delas corresponde uma energia (negativa) bem-determinada, que é igual à soma da energia cinética do elétron com a energia potencial elétrica do sistema elétron + núcleo. A energia do átomo é tanto maior (ou seja, tanto menos negativa) quanto mais distante do núcleo estiver localizada a órbita que o elétron percorre. A razão principal desse aumento consiste no fato de que a energia potencial cresce (torna-se menos negativa) à medida que o elétron se afasta do núcleo.

No modelo de Bohr, sempre que um átomo de hidrogênio passa de um estado estacionário para outro, ele emite ou absorve radiação eletromagnética (ou um fóton) com frequência:

$$f = \frac{\Delta E}{h}$$

onde ΔE representa o módulo da diferença $E_F - E_i$ entre a energia do átomo no estado final E_F e a energia do átomo no estado inicial E_i . Se:

$E_i > E_F$, um fóton com energia $h \cdot f$ é emitido pelo átomo
 $E_i < E_F$, um fóton com a mesma energia é absorvido.



• **Modelagem**

1. No texto abaixo, Richard Feynman, Prêmio Nobel de Física de 1965, ilustra os conhecimentos sobre a luz no início do século XX: *"Naquela época, a luz era uma onda nas segundas, quartas e sextas-feiras, e um conjunto de partículas nas terças, quintas e sábados. Sobrava o domingo para refletir sobre a questão!"* Fonte: QED-The Strange Theory of Light and Matter. Princeton University Press, 1985.

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo.

- () As "partículas" que Feynman menciona são os fótons.
- () A grandeza característica da onda que permite calcular a energia dessas "partículas" é sua frequência, através da relação $E = h \cdot f$.
- () Uma experiência que coloca em evidência o comportamento ondulatório da luz é o efeito fotoelétrico.
- () O caráter corpuscular da luz é evidenciado por experiências de interferência e de difração.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A) F – V – F – F.
- B) F – F – V – V.
- C) V – V – F – V.
- D) V – F – V – F.
- E) V – V – F – F.

- Dualidade onda-partícula.
- Energia do quantum da radiação eletromagnética: $E = h \cdot f$
- Esse efeito comprova o comportamento ondulatório pela transferência de energia.
- Esses fenômenos evidenciam o comportamento ondulatório.

Resposta: E

2. Um átomo de hidrogênio tem sua energia quantizada em níveis de energia (E_p), cujo valor genérico é dado pela expressão $E_n = -E_0 / n^2$, sendo n igual a 1, 2, 3, ... e E_0 igual à energia do estado fundamental (que corresponde a $n = 1$). Supondo-se que o átomo passe do estado fundamental para o terceiro nível excitado ($n = 4$), a energia do fóton necessário pra provocar essa transição é

- A) $\frac{1}{16} E_0$
- B) $\frac{1}{4} E_0$
- C) $\frac{1}{2} E_0$
- D) $\frac{15}{16} E_0$
- E) $\frac{17}{16} E_0$

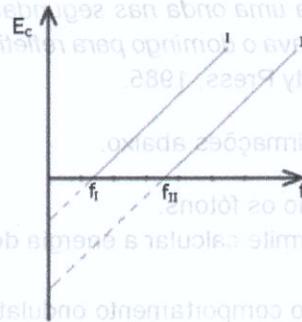
$$n = 1 \rightarrow E_i = E_1 = - E_0/1^2 = - E_0$$

$$n = 4 \rightarrow E_f = E_4 = - E_0/4^2 = - E_0/16$$

$$\Delta E = E_f - E_i = - E_0/16 - (- E_0) = - E_0/16 + E_0 = 15E_0/16$$

Resposta: D

3. O gráfico abaixo mostra a energia cinética E_c de elétrons emitidos por duas placas metálicas, I e II, em função da frequência f da radiação eletromagnética incidente.



Sobre essa situação, são feitas três afirmações.

- I - Para $f > f_{ii}$, a E_c dos elétrons emitidos pelo material II é maior do que a dos elétrons emitidos pelo material I.
- II - O trabalho realizado para liberar elétrons da placa II é maior do que o realizado na placa I.
- III - A inclinação de cada reta é igual ao valor da constante universal de Planck, h .

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

I – Falsa. Se a função trabalho do metal II é maior, a energia cinética, a “sobra”, da energia do fóton absorvido, convertido em energia cinética é menor.

II – Verdadeira. Sim, uma vez que a frequência de corte de II é maior.

III – Verdadeira. Sim, uma vez que $tg \theta = E / f = h$

Resposta: D

4. Em altos-fornos siderúrgicos, as temperaturas acima de 600 °C são mensuradas por meio de pirômetros óticos. Esses dispositivos apresentam a vantagem de medir a temperatura de um objeto aquecido sem necessidade de contato. Dentro de um pirômetro ótico, um filamento metálico é aquecido pela passagem de corrente elétrica até que sua cor seja a mesma que a do objeto aquecido em observação. Nessa condição, a temperatura conhecida do filamento é idêntica à do objeto aquecido em observação. Disponível em: www.if.usp.br. Acesso em: 4 ago. 2012 (adaptado). A propriedade da radiação eletromagnética avaliada nesse processo é a

- A) amplitude.
- B) coerência.
- C) frequência.
- D) intensidade.
- E) velocidade.

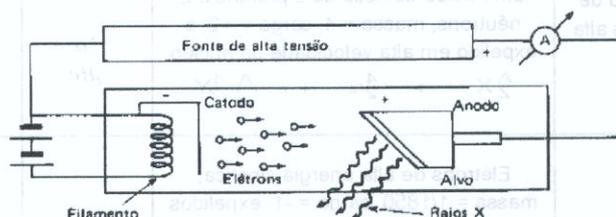
Para cada emissão de onda eletromagnética do espectro associa-se uma determinada frequência.

Resposta: C

Parte 5 Raios X

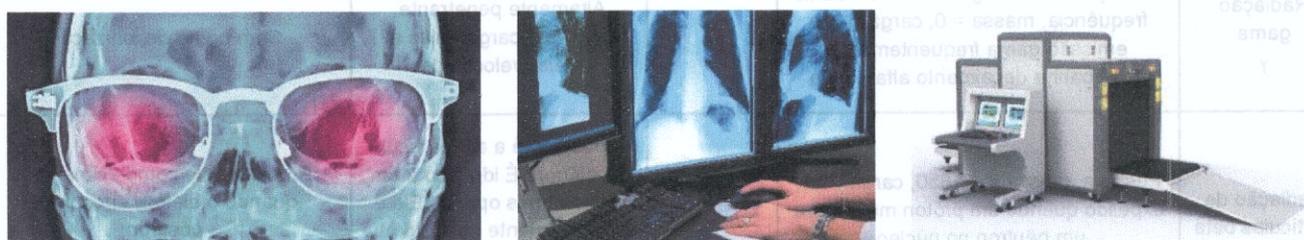
Os raios X são **ondas eletromagnéticas** e, portanto, sua velocidade de propagação é a da radiação eletromagnética e vale $c = 3 \times 10^8$ m/s no vácuo. Eles **têm sua origem fora do núcleo**.

A Figura mostra os componentes básicos de um sistema de produção de raios X. O filamento aquecido emite elétrons que são acelerados pela diferença de potencial V entre o cátodo e o ânodo e incidem sobre o alvo produzindo raios X.



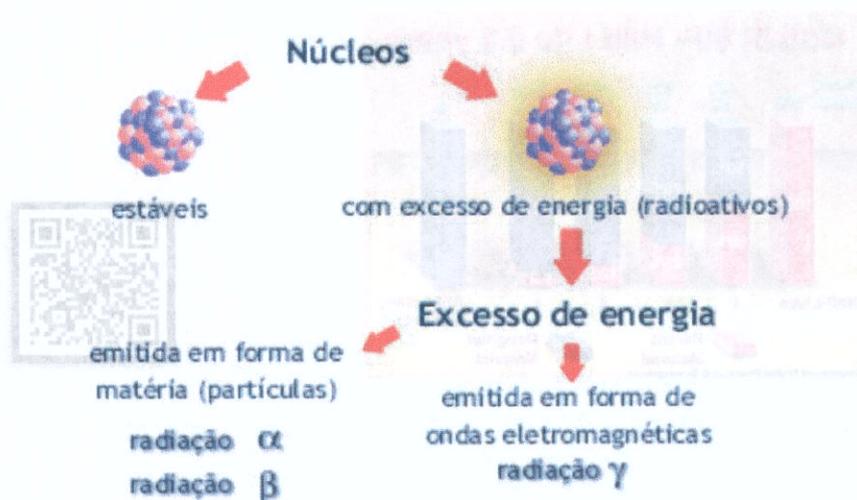
Os raios X não são absorvidos da mesma forma por diferentes materiais. É por essa razão que se consegue, por exemplo, radiografar partes do corpo humano para diagnose.

Elementos pesados, tais como cálcio e bário, são melhores absorvedores de raios X que elementos leves como hidrogênio, carbono e oxigênio.



Parte 6 Radioatividade

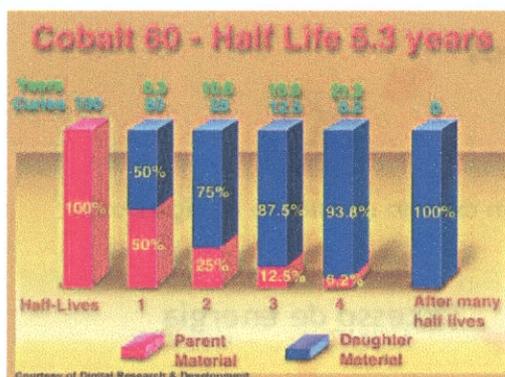
O que é radioatividade? É um processo essencialmente nuclear, no qual um núcleo ou nuclídeo (radioisótopo), em face de sua energia de excitação nuclear pode se transformar em outro núcleo com Z e N mais estáveis, emitindo partículas e ondas eletromagnéticas.



Tipo de radiação emitida e símbolo	Natureza da radiação formação, estrutura, massa relativa, carga elétrica	Outros símbolos nucleares	Poder penetrante e o que irá bloqueá-lo	Poder de ionização
Radiação de partículas alfa α	Um núcleo de hélio de 2 prótons e 2 nêutrons, massa = 4, carga = +2, é expelido em alta velocidade do núcleo ${}^A_Z X \rightarrow {}^4_2 \alpha + {}^{A-4}_{Z-2} Y$	${}^4_2 \alpha$ ${}^4_2 He$	Baixa penetração, velocidade mais lenta, maior massa e carga.	Poder ionizante muito alto, a maior das radiações.
Radiação de partículas beta menos β^{-1}	Elétrons de alta energia cinética, massa = 1/1850, carga = -1, expelidos quando um nêutron muda para um próton no núcleo. ${}^A_Z X \rightarrow {}^0_{-1} \beta + {}^A_{Z+1} Y$ $p \rightarrow n + e^{-} + \nu$	$-1e$	Penetração moderada, valores "médios" de carga e massa muito reduzida.	Poder ionizante moderado, com menor massa e carga que a partícula alfa.
Radiação gama γ	Radiação eletromagnética de altíssima frequência, massa = 0, carga = 0, a emissão gama frequentemente acompanha decaimento alfa e beta	${}^0_0 \gamma$	Altamente penetrante, massa e carga nulas e maior velocidade.	Sem poder de ionização.
Radiação de partículas beta mais β^{+1}	Pósitron, massa = 1/1850, carga = +1, expelido quando um próton muda para um nêutron no núcleo. $p \rightarrow n + e^{+} + \nu$	$+1e$	O pósitron é a antipartícula do elétron. É idêntico a um elétron, mas oposto. Ele é rapidamente destruído quando encontra um elétron (veja à direita) produzindo dois fótons de raios gama de alta energia.	Teoricamente como acima, mas quando o elétron encontra o pósitron: $+1e + -1e \rightarrow 2\gamma$ Aniquilação.

• Meia-vida

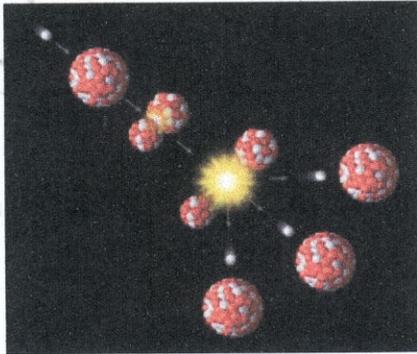
É o tempo necessário para a atividade de um elemento (ou massa do elemento) radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial.



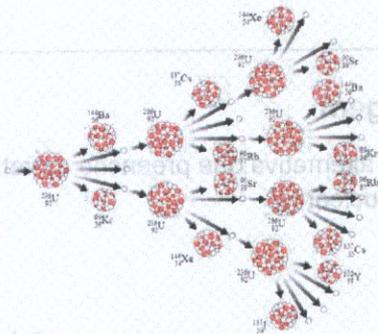
Parte 7 **Reações nucleares**

• **Fissão Nuclear**

Fissão Nuclear é o processo de **quebra** de núcleos grandes em núcleos menores, liberando uma grande quantidade de energia.



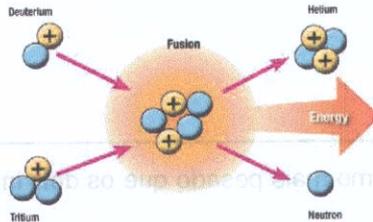
O nêutron ao atingir um núcleo de urânio, provoca sua **quebra** em dois núcleos menores e a liberação de mais nêutrons que, por sua vez, irão atingir outros núcleos e provocar **novas quebras**. É uma **reação em cadeia**.



• **Fusão Nuclear**

Fusão Nuclear é a união de núcleos pequenos formando núcleos maiores e liberando uma quantidade muito grande de energia.

Atenção !



$$m + m' = M + \text{energia}$$

$$M > m \text{ e } M > m'$$

$$M < m + m'$$

Parte 8 **Noções de relatividade restrita**

• **Os Postulados de Einstein**

As leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais.

A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c em qualquer referencial inercial, independentemente da velocidade da fonte de luz e do observador.

• **A Relatividade do Tempo**

O intervalo de tempo $\Delta t'$, em que os dois eventos (emissão e recepção de luz) ocorrem no mesmo local, é chamado de tempo próprio. Para qualquer outro referencial inercial o intervalo de tempo (Δt) é maior do que o tempo real.

A equação que relaciona Δt com $\Delta t'$ é a seguinte:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

• **Contração das Distâncias (contração de Lorentz-Fitzgerald)**

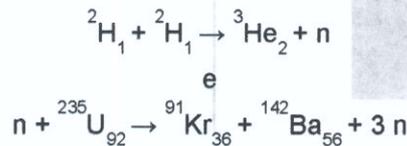
Um fenômeno intimamente associado à dilatação dos tempos é a *contração das distâncias*. Denomina-se comprimento próprio o comprimento de um objeto no referencial em que o objeto está em repouso, sendo representado pelo símbolo L_0 . Num referencial no qual o objeto está se movendo, o comprimento na direção do movimento é sempre menor que o comprimento próprio.

$$L = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot L_0$$



• **Modelagem**

5. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. As reações nucleares



liberam energia e são, respectivamente, exemplos de reações nucleares chamadas e

- A) fissão nuclear – fusão nuclear
- B) fusão nuclear – fissão nuclear
- C) reação em cadeia – fusão nuclear
- D) reação em cadeia – fissão nuclear
- E) reação em cadeia – reação em cadeia

A primeira reação deixa clara a formação de um átomo mais pesado que os dois iniciais, caracterizando uma fusão nuclear.

A segunda reação tem o nêutron e um átomo mais pesado do que os formados após a reação, caracterizando a fissão nuclear.

Resposta: B

6. Os seres, quando vivos, possuem aproximadamente a mesma fração de carbono-14 (^{14}C), isótopo radioativo do carbono, que a atmosfera. Essa fração, que é de 10 ppb (isto é, 10 átomos de ^{14}C para cada bilhão de átomos de C), decai com meia-vida de 5.730 anos, a partir do instante em que o organismo morre. Assim, o ^{14}C pode ser usado para se estimar o tempo decorrido desde a morte do organismo. Aplicando essa técnica a um objeto de madeira achado em um sítio arqueológico, a concentração de ^{14}C nele encontrada foi de 0,625 ppb. Esse valor indica que a idade aproximada do objeto é, em anos, de

- A) 1.432.
- B) 3.581.
- C) 9.168.
- D) 15.280.
- E) 22.920.

$$10 \text{ ppb} \rightarrow 5 \text{ ppb} \rightarrow 2,5 \text{ ppb} \rightarrow 1,25 \text{ ppb} \rightarrow 0,625 \text{ ppb}$$

$$4 \text{ meia-vidas} \times 5730 \text{ anos} = 22920 \text{ anos}$$

Resposta: E

7. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem.

De acordo com a relatividade restrita, é atravessarmos o diâmetro da Via Láctea, uma distância de aproximadamente 100 anos-luz (equivalente a 10^{18} m), em um intervalo de tempo bem menor que 100 anos. Isso pode ser explicado pelo fenômeno de do comprimento, como visto pelo viajante, ou ainda pelo fenômeno de temporal, como observado por quem está em repouso em relação à galáxia.

- A) impossível – contração – dilatação
- B) possível – dilatação – contração
- C) possível – contração – dilatação
- D) impossível – dilatação – contração
- E) impossível – contração – contração

Contração de comprimento.

Resposta: C

• **Questões**

INSTRUÇÃO: Para responder à questão 469, analise o texto e os dados a seguir.

L3 Q469. PUCRS. A matéria apresenta um comportamento dualístico, ou seja, pode se comportar como onda ou como partícula.

Uma partícula em movimento apresenta um comprimento de onda associado a ela, o qual é descrito por $\lambda = h/p$, onde p é o módulo do seu momento linear, e h é a constante de Planck.

Considere as seguintes partículas movendo-se livremente no espaço e suas respectivas massas e velocidades:

- Partícula 1 – massa m e velocidade v
- Partícula 2 – massa m e velocidade $2v$
- Partícula 3 – massa $2m$ e velocidade $2v$

Os comprimentos de onda associados às partículas estão relacionados de tal modo que

- A) $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$
- B) $\lambda_1 = \lambda_2 < \lambda_3$
- C) $\lambda_1 < \lambda_2 = \lambda_3$
- D) $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$
- E) $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3$



L3 Q477. UFRGS. Considere as seguintes afirmações sobre o efeito fotoelétrico.

- I - O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica atingida por radiação eletromagnética.
- II - O efeito fotoelétrico pode ser explicado satisfatoriamente com a adoção de um modelo corpuscular para a luz.
- III - Uma superfície metálica fotossensível somente emite fotoelétrons quando a frequência da luz incidente nessa superfície excede um certo valor mínimo, que depende do metal.

Quais estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.



L3 Q479. UFRGS. No efeito fotoelétrico ocorre a variação da quantidade de elétrons emitidos por unidade de tempo e da sua energia quando há variação de certas grandezas características da luz incidente na fotocélula.

Associe as variações descritas na coluna da direita com as grandezas da luz incidente, mencionadas na coluna da esquerda.

- | | |
|----------------|---|
| 1. Frequência | () variação da energia dos elétrons emitidos |
| 2. Velocidade | () variação do número de elétrons emitidos |
| 3. Intensidade | por unidade de tempo |

A relação numérica, de cima para baixo, da coluna da direita, que estabelece a sequência de associações corretas é

- A) 1 - 2
- B) 1 - 3
- C) 2 - 1
- D) 2 - 3
- E) 3 - 1



L3 Q480. UFRGS. Neste ano de 2013, comemora-se o centenário da publicação do modelo atômico de Bohr, uma das bases da moderna teoria quântica. A respeito desse modelo, são feitas as seguintes afirmações.

- I - Os elétrons movem-se em torno do núcleo em órbitas circunferenciais, sob influência da atração coulombiana, e satisfazem as leis de Newton.
- II - Emissão ou absorção de radiação ocorre apenas quando o elétron faz uma transição entre órbitas permitidas.
- III - Nem todas as órbitas são permitidas, apenas aquelas nas quais a energia é um múltiplo inteiro de uma quantidade fundamental.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas I e II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.



L3 Q483. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto.

Segundo a interpretação vigente, a radiação eletromagnética tem uma natureza bastante complexa. Em fenômenos como interferência e difração, por exemplo, ela apresenta um comportamento _____. Em processos de emissão e absorção, por outro lado, ela pode apresentar comportamento _____, sendo, nesses casos, descrita por "pacotes de energia" (fótons) que se movem no vácuo com velocidade $c \cong 300.000 \text{ km/s}$ e têm massa _____.

- A) ondulatório – ondulatório – nula
- B) ondulatório – corpuscular – nula
- C) corpuscular – ondulatório – diferente de zero
- D) corpuscular – corpuscular – nula
- E) ondulatório – corpuscular – diferente de zero



L3 Q484. UFRGS. No início do século XX, as teorias clássicas da física - como o eletromagnetismo de Maxwell e a mecânica de Newton - não conduziam a uma explicação satisfatória para a dinâmica do átomo. Nessa época, duas descobertas históricas tiveram lugar : o experimento de Rutherford demonstrou a existência do núcleo atômico, e a interpretação de Einstein para o efeito fotoelétrico revelou a natureza corpuscular da interação da luz com a matéria. Em 1913, incorporando o resultado dessas descobertas, Bohr propôs um modelo atômico que obteve grande sucesso, embora não respeitasse as leis da física clássica. Considere as seguintes afirmações sobre a dinâmica do átomo.

I - No átomo, os raios das órbitas dos elétrons podem assumir um conjunto contínuo de valores, tal como os raios das órbitas dos planetas em torno do Sol.

II - O átomo pode existir, sem emitir radiação, em estados estacionários cujas energias só podem assumir um conjunto discreto de valores.

III - O átomo absorve ou emite radiação somente ao passar de um estado estacionário para outro.

Quais dessas afirmações foram adotadas por Bohr como postulados para o seu modelo atômico?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.



L3 Q486. UFRGS. Considerando as naturezas ondulatória e corpuscular da luz, verifica-se que a energia dos fótons associados à luz no vácuo é inversamente proporcional _____ e que a quantidade de movimento linear dos fótons é diretamente proporcional _____ dessa luz. Qual a alternativa que preenche de forma correta as duas lacunas, respectivamente?

- A) à velocidade – ao comprimento de onda
- B) à frequência – à velocidade
- C) à frequência – à frequência
- D) ao comprimento de onda – à frequência
- E) ao comprimento de onda – ao comprimento de onda



L3 Q487. UFRGS. Quando a luz incide sobre uma fotocélula ocorre o efeito conhecido como o efeito fotoelétrico. Nesse evento,

- A) é necessária uma energia mínima dos fótons da luz incidente para arrancar os elétrons do metal.
- B) os elétrons do metal saem todos com a mesma energia cinética.
- C) a quantidade de elétrons emitidos por unidade de tempo depende do quantum de energia da luz incidente.
- D) a quantidade de elétrons emitidos por unidade de tempo depende da frequência da luz incidente.
- E) o quantum de energia de um fóton da luz incidente é diretamente proporcional a sua intensidade.



INSTRUÇÃO: Para responder à questão 498, considere as informações e preencha os parênteses com V (verdadeiro) ou F (falso).

L3 Q498. PUCRS. A fissão e a fusão são processos que ocorrem em núcleos energeticamente instáveis como forma de reduzir essa instabilidade. A fusão é um processo que ocorre no Sol e em outras estrelas, enquanto a fissão é o processo utilizado em reatores nucleares, como o de Angra I.

- () Na fissão, um núcleo se divide em núcleos mais leves, emitindo energia.
- () Na fusão, dois núcleos se unem formando um núcleo mais pesado, absorvendo energia.
- () Na fusão, a massa do núcleo formado é maior que a soma das massas dos núcleos que se fundiram.
- () Na fissão, a soma das massas dos núcleos resultantes com a dos nêutrons emitidos é menor do que a massa do núcleo que sofreu a fissão.
- () Tanto na fissão como na fusão ocorre a conversão de massa em energia.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A) F – V – F – V – V
- B) F – F – V – V – F
- C) V – F – V – F – V
- D) V – F – F – V – V
- E) V – V – V – F – F



L3 Q501. UFRGS. A medicina nuclear designa o conjunto das aplicações em que substâncias radioativas são associadas ao diagnóstico e à terapia. Em algumas radioterapias, um radiofármaco é injetado no paciente visando ao tratamento de órgão alvo. Assim, por exemplo, o rênio (^{186}Re) é utilizado para aliviar doenças reumáticas, e o fósforo (^{32}P) para reduzir a produção excessiva de glóbulos vermelhos na medula óssea. Considere que a meia vida do rênio é de 3,5 dias e a do fósforo 14 dias. Após 14 dias da aplicação destes radiofármacos, as quantidades restantes destes isótopos radioativos no paciente serão, em relação às quantidades iniciais, respectivamente,

- A) $1/2$ e $1/2$.
- B) $1/4$ e 0 .
- C) $1/4$ e $1/2$.
- D) $1/16$ e 0 .
- E) $1/16$ e $1/2$.



L3 Q502. UFRGS. Considere as figuras abaixo.

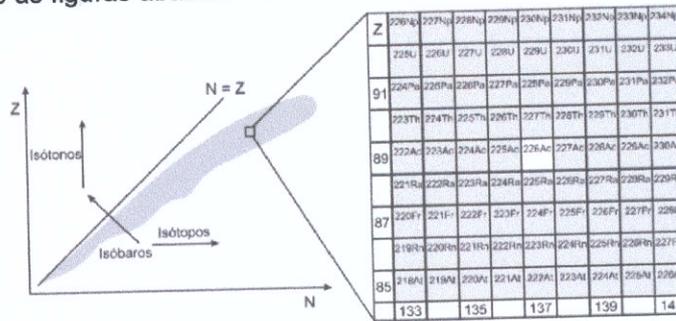


Figura 1

Z	226	227	228	229	230	231	232	233	234
	226Ac	227Ac	228Ac	229Ac	230Ac	231Ac	232Ac	233Ac	234Ac
91	224Pa	225Pa	226Pa	227Pa	228Pa	229Pa	230Pa	231Pa	232Pa
	223Th	224Th	225Th	226Th	227Th	228Th	229Th	230Th	231Th
88	222Ac	223Ac	224Ac	225Ac	226Ac	227Ac	228Ac	229Ac	230Ac
	221Ra	222Ra	223Ra	224Ra	225Ra	226Ra	227Ra	228Ra	229Ra
87	220Fr	221Fr	222Fr	223Fr	224Fr	225Fr	226Fr	227Fr	228Fr
	219Rn	220Rn	221Rn	222Rn	223Rn	224Rn	225Rn	226Rn	227Rn
85	218At	219At	220At	221At	222At	223At	224At	225At	226At
	217Po	218Po	219Po	220Po	221Po	222Po	223Po	224Po	225Po
	213Bi	214Bi	215Bi	216Bi	217Bi	218Bi	219Bi	220Bi	221Bi
	213Tl	214Tl	215Tl	216Tl	217Tl	218Tl	219Tl	220Tl	221Tl
	209Tl	210Tl	211Tl	212Tl	213Tl	214Tl	215Tl	216Tl	217Tl
	209Pb	210Pb	211Pb	212Pb	213Pb	214Pb	215Pb	216Pb	217Pb
	209Bi	210Bi	211Bi	212Bi	213Bi	214Bi	215Bi	216Bi	217Bi
	209Po	210Po	211Po	212Po	213Po	214Po	215Po	216Po	217Po
	209At	210At	211At	212At	213At	214At	215At	216At	217At
	209Fr	210Fr	211Fr	212Fr	213Fr	214Fr	215Fr	216Fr	217Fr
	209Ra	210Ra	211Ra	212Ra	213Ra	214Ra	215Ra	216Ra	217Ra
	209Ac	210Ac	211Ac	212Ac	213Ac	214Ac	215Ac	216Ac	217Ac
	133	135	137	139	141				

Figura 2

Nuclídeo é um átomo de um elemento X identificado por um número atômico Z e por um número de massa A : A_ZX . A carta de nuclídeos é uma construção gráfica que organiza todos os nuclídeos existentes, estáveis e instáveis, em função dos números atômicos Z e de nêutrons N que eles apresentam. A distribuição dos nuclídeos está representada pela região cinza da Figura 1 acima. Nessa construção, isóbaros, isótopos e isotópios são facilmente identificados, assim como os produtos de decaimentos radioativos.

A Figura 2, excerto da Figura 1, destaca o nuclídeo ${}^{226}_{89}\text{Ac}$ que decai principalmente por emissão de partículas α e por emissão de elétrons. Usando a Figura 2, podem-se identificar os produtos desses dois tipos de decaimento como, respectivamente,

- A) ${}^{226}_{90}\text{Th}$ e ${}^{226}_{87}\text{Fr}$
- B) ${}^{222}_{87}\text{Fr}$ e ${}^{226}_{88}\text{Ra}$
- C) ${}^{224}_{87}\text{Fr}$ e ${}^{228}_{90}\text{Th}$
- D) ${}^{224}_{87}\text{Fr}$ e ${}^{226}_{88}\text{Ra}$
- E) ${}^{222}_{87}\text{Fr}$ e ${}^{224}_{87}\text{Fr}$



L3 Q503. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Uma característica importante das radiações diz respeito ao seu poder de penetração na matéria. Chama-se alcance a distância que uma partícula percorre até parar. Para partículas α e β de mesma energia, o alcance da partícula α é da partícula β .

Raios X e raios γ são radiações de mesma natureza, mas enquanto os raios X se originam, os raios γ têm origem do átomo.

- A) maior que o - na eletrosfera - no núcleo
- B) maior que o - no núcleo - na eletrosfera
- C) igual ao - no núcleo - na eletrosfera
- D) menor que o - no núcleo - na eletrosfera
- E) menor que o - na eletrosfera - no núcleo



L3 Q506. UFRGS. Considere as afirmações abaixo, acerca da Teoria da Relatividade Restrita.

I - O tempo não é absoluto, uma vez que eventos simultâneos em um referencial inercial podem não ser simultâneos se observados a partir de outro referencial inercial.

II - Segundo a lei relativística de adição de velocidades, a soma das velocidades de dois corpos materiais nunca resulta em uma velocidade acima da velocidade da luz.

III - As leis da natureza não são as mesmas em todos os sistemas de referência que se movimentam com velocidade uniforme.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.



L3 Q509. UFRGS. Em um processo de transmutação natural um núcleo radioativo de U-238, isótopo instável do urânio, se transforma em um núcleo de Th-234, isótopo de tório, através da reação nuclear



Por sua vez, o núcleo-filho Th-234, que também é radioativo, transmuta-se em um núcleo do elemento protactínio através da reação nuclear



O X da primeira reação nuclear e o Y da segunda reação nuclear são, respectivamente,

- A) uma partícula alfa e um fóton de raio gama.
- B) uma partícula beta e um fóton de raio gama.
- C) um fóton de raio gama e uma partícula alfa.
- D) uma partícula beta e uma partícula beta.
- E) uma partícula alfa e uma partícula beta.



Respostas dos cases

L3 Q 469 – E	L3 Q 477 – E	L3 Q 479 – B	L3 Q 480 – B	L3 Q 483 – B
L3 Q 484 – D	L3 Q 486 – D	L3 Q 487 – A	L3 Q 498 – D	L3 Q 501 – E
L3 Q 502 – A	L3 Q 503 – E	L3 Q 506 – C	L3 Q 509 – E	



Aulas Pré-Prova

Cinemática

Velocidade média

É importante lembrarmos da velocidade média

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{X}}{\Delta t}$$

utilizada nos estudos de movimentos e da velocidade escalar média

$$v_m = \frac{d}{\Delta t}$$

a velocidade que se mantida em todo o movimento resulta no mesmo tempo gasto com "n" velocidades para percorrer a distância d no tempo Δt .

Aceleração

A aceleração é uma grandeza vetorial que mede a variação da velocidade na unidade de tempo. Se essa mudança ocorrer no valor da velocidade, estamos falando da aceleração tangencial,

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

que quando possui mesmo sentido da velocidade refere-se a um movimento acelerado (aumento de velocidade) e quando possui sentido oposto ao da velocidade indica um movimento retardado (redução de velocidade). No caso de uma variação na direção da velocidade, estamos falando de uma aceleração centrípeta – normal – com valor igual a

$$a = \frac{v^2}{R}$$

perpendicular à velocidade e com sentido para o centro da trajetória.

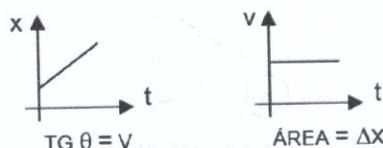
ATENÇÃO! Se o movimento for curvilíneo com mudança no valor da velocidade, as duas acelerações estão presentes e determinamos, então, a aceleração resultante.

M.R.U. – Movimento Retilíneo Uniforme

É um movimento retilíneo com valor da velocidade constante, então, em mesmos intervalos de tempo o móvel realiza iguais deslocamentos. O deslocamento desse movimento é dado por

$$\Delta \vec{X} = \vec{v} \cdot \Delta t$$

Os gráficos dos movimentos e suas informações são os seguintes:

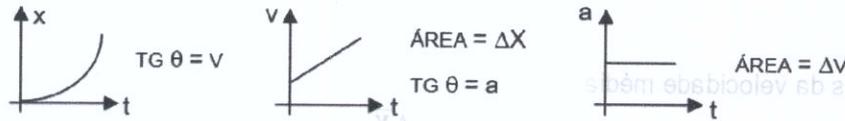


M.R.U.V. – Movimento Retilíneo Uniformemente Variado

É um movimento retilíneo com valor da aceleração tangencial constante, então, em mesmos intervalos de tempo o móvel sofre iguais variações no valor da sua velocidade. As equações desse movimento são:

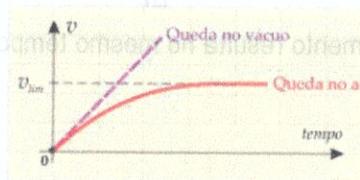
$$v_m = \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad v_m = \frac{v_0 + v_F}{2} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad \Delta X = v_0 \cdot \Delta t + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2} \quad v_F^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$$

Os gráficos dos movimentos e suas informações são os seguintes:



Movimentos sob ação do campo gravitacional

Quando um movimento de queda ocorrer no ar, as forças de resistência do ar ($F_{AR} = k \cdot v$) e empuxo se opõe ao peso, sendo, portanto, a aceleração de queda menor do que a gravidade.

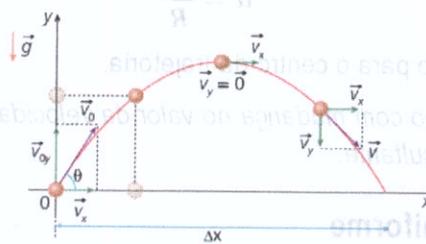
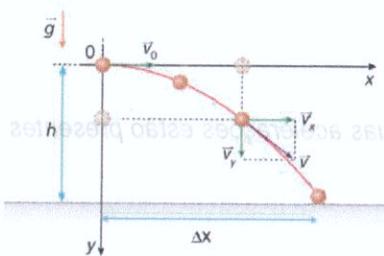


Quando o movimento vertical ocorre no vácuo, as forças de oposição ao peso não estão presentes e, conseqüentemente, a força resultante é o peso e a aceleração a gravidade, independente da massa do corpo. Essa aceleração aponta sempre para o centro de massa do planeta e vale aproximadamente 10 m/s².

ATENÇÃO! Esse movimento é um MRUV.

Para movimentos que envolvem subida e descida, utilizar sinais de acordo com o eixo Y.

Os movimentos em duas dimensões são trajetórias parabólicas, onde a componente horizontal da velocidade se mantém constante (MRU) e a vertical varia em função da gravidade (MRUV).

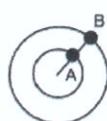


$$\Delta X = v_x \cdot \Delta t$$

$$\Delta Y = v_{0Y} \cdot \Delta t + \frac{a \cdot \Delta t^2}{2}$$

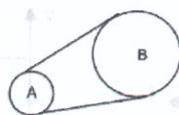
M.C.U. – Movimento Circular Uniforme

É um movimento circular com valor da velocidade constante, então, não existe aceleração tangencial e existe aceleração centrípeta. As equações mais importantes são as seguintes:



$$\omega_A = \omega_B$$

$$v_A < v_B$$



$$v_A = v_B \rightarrow \text{PERIFERIA}$$

$$\omega_A > \omega_B$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$v = \omega \cdot R$$

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

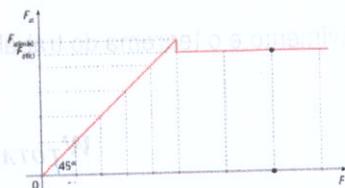
Leis de Newton

Qualquer situação de prova que envolva forças necessariamente se enquadra em uma das situações abaixo. Identificar qual das duas está presente determina o caminho da resolução:

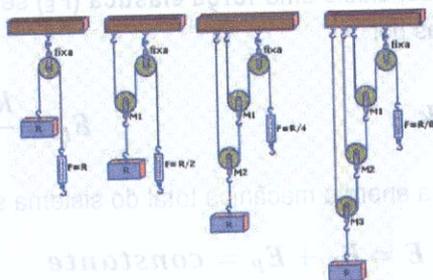
<p>Equilíbrio (Repouso ou velocidade constante) $\rightarrow \Delta v = 0 \rightarrow a = 0 \rightarrow F_R = 0$ Movimento com aceleração $\rightarrow \Delta v \neq 0 \rightarrow a \neq 0 \rightarrow F_R = m \cdot a$</p>

ATENÇÃO! Os vetores F_R e a possuem mesmo sentido.

A força de atrito se opõe ao deslizamento entre duas superfícies. Se houver tendência ao deslizamento e esse não ocorrer, a força de atrito estática equilibra a força que tenta fazer o deslizamento ocorrer. Para esse iniciar, a força de atrito estática máxima deve ser superada ($F_{AEM} = N \cdot \mu_E$). Após iniciado o deslizamento a força atuante é a de atrito cinética ($F_{AC} = N \cdot \mu_C$).



Em questões que envolvem cabos e roldanas devemos tomar alguns cuidados. Primeiramente, o valor da tensão em todos os pontos de um cabo tracionado tem mesmo valor. Roldanas fixas mudam direção ou sentido da tensão, não seu valor. Já roldanas livres (móveis) reduzem a força do seu eixo a metade. Essa redução a medida que o número de roldanas livres aumenta é exponencial.



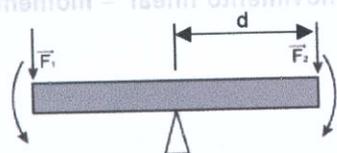
A força centrípeta é a resultante das forças responsável pela trajetória curvilínea, ou seja, pela variação na direção do vetor velocidade. Não esqueça que ela não é uma força a mais no sistema, mas sim uma resultante que é perpendicular à velocidade e aponta para o centro da trajetória. Seu valor é dado por:

$$F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Em questões que envolvem plano inclinado, a força peso deve ser representada pelas suas componentes paralela ao plano ($P_x = P \cdot \sin \theta$) e perpendicular ao plano ($P_y = P \cdot \cos \theta$).

Estática dos Sólidos

Uma barra está em equilíbrio de translação se $\Sigma \vec{F} = 0$ e em equilíbrio de rotação se $\Sigma \vec{\tau} = 0$.



$$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot d$$

Esse resultado é obtido igualando-se o(s) torque(s) horário(s) com o(s) torque(s) anti-horários(s).

Trabalho e Energia

O **trabalho mecânico (W)** é realizado por uma força sobre um corpo quando a mesma desloca na sua direção, implicando em transformação de energia e tendo seu valor dado por:

$$W = \underbrace{F \cdot \Delta X \cdot \cos \theta}_{F \text{ constante}} = \text{Área}_{F \times X}$$

ATENÇÃO! O trabalho de uma força conservativa não depende da trajetória, mas sim da diferença entre os dois níveis de energia, como o peso, por exemplo, cujo trabalho é dado pelo produto do peso e da altura, sendo positivo se o peso desce e negativo se o peso sobe.

A **potência mecânica (P)** mede a rapidez com que se realiza o trabalho, sendo obtida por:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = F \cdot v$$

A **energia cinética (Ec)** de uma massa em movimento e o teorema do trabalho e variação da energia cinética são dados por:

$$E_C = \frac{m \cdot v^2}{2} \qquad W_{TOTAL} = \Sigma W_n = \Delta E_C$$

A **energia potencial gravitacional (Eg)** de uma massa em relação a um nível de referência é dado por:

$$E_G = m \cdot g \cdot h$$

Quando um sistema elástico está deformado, existe uma **força elástica (Fe)** se opondo a deformação x e uma **energia potencial elástica (Ee)** armazenada, dadas por:

$$F_E = k \cdot x \qquad E_E = \frac{k \cdot x^2}{2}$$

Em um sistema conservativo (sem atritos) a energia mecânica total do sistema se conserva.

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

Em um sistema dissipativo (com atritos) a energia mecânica do sistema se dissipa, transformando-se em outras energias, como calor, por exemplo. A perda da energia mecânica é dada por:

$$E_{DISSIPADA} = W_{atritos} = E_F - E_0$$

Impulso e Momento Linear

Uma força produz um impulso sobre um corpo quando durante o intervalo de tempo em que atuar a velocidade do corpo sofrer variação. O **impulso** possui o sentido da força e valor dado por:

$$\vec{I} = \underbrace{\vec{F} \cdot \Delta t}_{F \text{ constante}} = \text{Área}_{F \times t}$$

Toda a massa que estiver dotada de velocidade possui uma **quantidade de movimento linear – momento linear** – com mesmo sentido da velocidade e dada por:

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

A relação entre o impulso resultante e a variação da quantidade de movimento linear é:

$$\Delta \vec{Q} = \vec{I}_R$$

A quantidade de movimento de um sistema se conserva se a resultante das forças externas sobre esse sistema for nula.

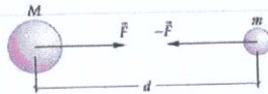
$$\vec{Q}_{SISTEMA} = \Sigma \vec{Q}_n = \Sigma m_n \cdot \vec{v}_{centro\ de\ massa}$$

Colisões:

TIPO	QUANTIDADE MOVIMENTO DO SISTEMA	ENERGIA CINÉTICA DO SISTEMA	OBSERVAÇÃO
CHOQUE ELÁSTICO	$\vec{Q} \text{ (antes)} = \vec{Q} \text{ (depois)}$	conservação de energia $E_{C(\text{antes})} = E_{C(\text{depois})}$	não ocorrem deformações permanentes durante a colisão.
CHOQUE INELÁSTICO		dissipação parcial $E_{C(\text{antes})} > E_{C(\text{depois})}$	ocorrem deformações permanentes durante a colisão.
CHOQUE COMPLETAMENTE INELÁSTICO		dissipação máxima $E_{C(\text{antes})} > E_{C(\text{depois})}$	ocorre máxima dissipação de energia durante a colisão. <u>Os corpos permanecem unidos após a colisão.</u>

Gravitação Universal

Força de atração gravitacional entre duas massas m_1 e m_2



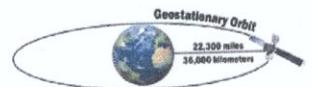
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

- 1ª Lei de Kepler:** Órbita elíptica de um planeta em torno do Sol, com esse ocupando um dos focos da elipse.
- 2ª Lei de Kepler:** A reta que liga o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais (velocidade areolar constante)
- 3ª Lei de Kepler:** $T^2 \propto R^3 \rightarrow T \propto R\sqrt{R}$ (onde T é o período de órbita do planeta e R seu raio médio de órbita)

Satélite estacionário: $T_{\text{ÓRBITA}} = T_{\text{ROTAÇÃO TERRA}} \cong 24 \text{ H}$
Órbita no plano do Equador

$$F_R = F_{\text{Centrípeta}} = \text{PESO} = F.A.G = m.g = G \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \boxed{\vec{a} = \vec{g}}$$

Na latitude de 0° : $v_{\text{SATÉLITE}} > v_{\text{TERRA}} \quad v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \quad \omega_{\text{SATÉLITE}} = \omega_{\text{TERRA}}$



Aceleração da gravidade: $g = G \frac{M}{r^2}$ onde M é a massa do planeta e r a distância ao centro do mesmo.

Hidrostatica

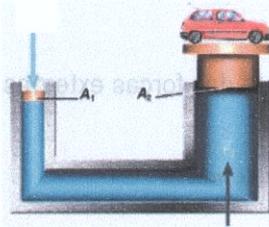
Teorema de Stevin: Pressão em um ponto no interior de um fluido em equilíbrio

$$P \text{ [N/m}^2\text{]} = P_A \text{ [N/m}^2\text{]} + d \text{ [kg/m}^3\text{]} \cdot g \text{ [m/s}^2\text{]} + h \text{ [m]}$$

Água: 10 m \rightarrow 1 atm Hg \rightarrow leitura da coluna em cmHg

Princípio de Pascal: Transmissão integral de pressão por parte de um fluido em equilíbrio.

MAQUINA HIDRÁULICA

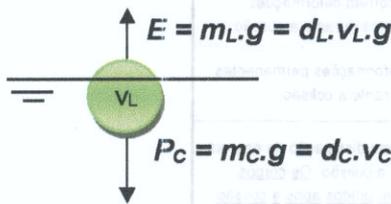


$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \rightarrow \Delta X_1 \cdot S_1 = \Delta X_2 \cdot S_2$$

$$W_1 = W_2$$

Princípio de Arquimedes: Força de empuxo = módulo do peso do volume de líquido deslocado pelo corpo.



$$V_L = V_C$$

- $d_c > d_L \rightarrow P_c > E \rightarrow$ corpo afunda até atingir o fundo, onde a força normal atua sobre ele, colocando-o em equilíbrio.
- $d_c = d_L \rightarrow P_c = E \rightarrow$ corpo em equilíbrio no interior do fluido.
- $d_c < d_L \rightarrow P_c < E \rightarrow$ corpo emerge até atingir a superfície

CORPO "BÓIA" $\rightarrow E = P_c \rightarrow V_L < V_C$ e $d_L > d_c$

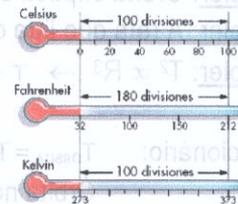
Termologia

Escalas Termométricas

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

$$K = C + 273$$

$$\frac{\Delta^\circ C}{5} = \frac{\Delta^\circ F}{9} = \frac{\Delta K}{5}$$



Dilatação Térmica

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

$$L_F = L_0 + \Delta L$$

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

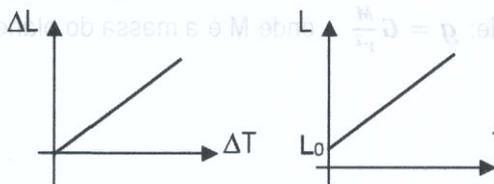
$$S_F = S_0 + \Delta S$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$V_F = V_0 + \Delta V$$

$$\alpha = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

Atenção com gráficos $L \times T$ ou $\Delta L \times \Delta T$



$$\text{tg } \theta = \frac{\Delta L}{\Delta T} = L_0$$

Calorimetria

Quando a quantidade de calor trocada produzir variação na temperatura a denominamos como sensível

$$Q_s = P \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta T = C \cdot \Delta T$$

Quando a quantidade de calor trocada produzir mudança de estado físico a denominamos como latente

$$Q_s = P \cdot \Delta t = m \cdot L$$

Para materiais que ao fundir aumentam de volume, um aumento de pressão acarreta num aumento da temperatura de ebulição. Para materiais que reduzem de volume ao fundir (GELO), um aumento de pressão acarreta uma redução no ponto de fusão.

Um aumento de pressão influência sobre a ebulição na forma de um aumento no ponto de ebulição.

Propagação de calor

CONDUÇÃO – propagação de calor por aumento de vibração molecular preponderante dos sólidos.

CONVECÇÃO – propagação de calor por meio de movimento de fluidos com diferentes densidades causadas por diferenças de temperatura.

IRRADIAÇÃO – Propagação de calor por radiação eletromagnética infravermelha.

Termodinâmica

Gases ideais $\rightarrow \frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$\Delta U = \Delta E_c = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\begin{cases} \Delta T = 0 \rightarrow \Delta U = 0 \\ \Delta T > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \\ \Delta T < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \end{cases}$$

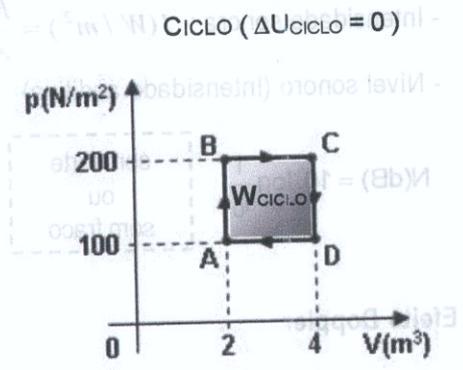
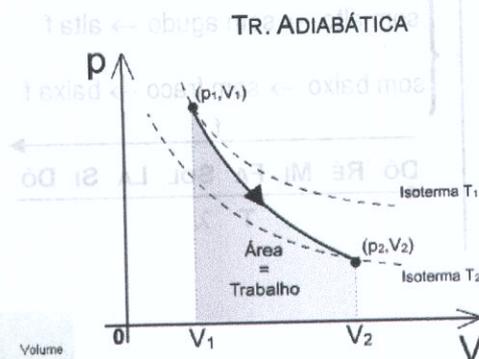
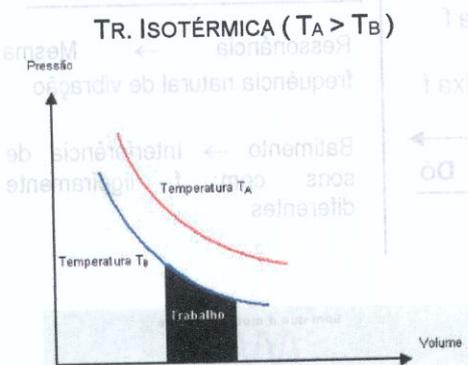
$$\Delta U = Q - W$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 1° 3° 2°
 ΔT comp. / exp

$$W = P \cdot \Delta V = \text{Área}(P \times V)$$

$$\frac{N}{m^2} \cdot m^3 = \text{joule}$$

Transformação	$\Delta U = Q - W$	Observação
Isotérmica (T=constante)	$\Delta U = 0$	$Q = W$
Isobárica (P=constante)	$\Delta U = Q - W$	$W = P \cdot \Delta V$
Isométrica (V=constante)	$\Delta U = Q$	$W = 0$
Adiabática (Não há troca de calor)	Expansão \rightarrow Red. T, Red. P, Red. U Compressão \rightarrow Aum. T, Aum. P, Aum. U	



Oscilações

Pêndulo Simples: $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

Massa-mola: $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$

Ondulatória

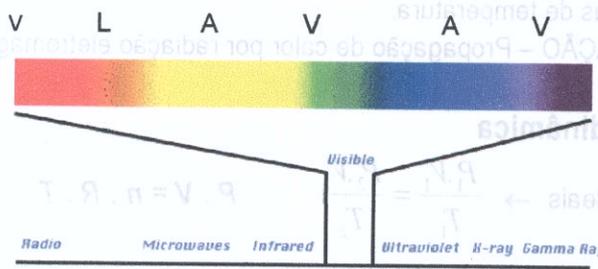
Equações: $v = \frac{d}{\Delta t} = \lambda \cdot f$

$f = \frac{1}{T}$

DETERMINADA PELA FONTE EMISSORA

CARACTERÍSTICA DO MEIO DE PROPAGAÇÃO

Espectro eletromagnético: $v_{\text{vácuo}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $f \propto \frac{1}{\lambda}$



Fenômenos ondulatórios:

Reflexão → v (em módulo); f e λ constantes.

Refração → f = constante → $v \propto \lambda$

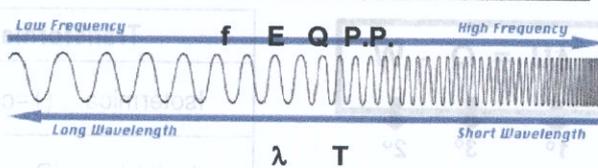
Difração → Contorno de obstáculos.

Ocorre como todas as ondas.

A difração é maior para ondas com maior λ . Através de fendas a difração aumenta com a redução das dimensões da fenda

Interferência → superposição.

Polarização → só ocorre com ondas transversais.



Acústica

Intensidade → Amplitude

- Intensidade sonora: $I (W / m^2) = \frac{P}{A}$

- Nível sonoro (Intensidade auditiva)

$N(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$

som forte ou som fraco

Altura → Frequência

som alto → som agudo → alta f
som baixo → som fraco → baixa f



Timbre → Forma de onda

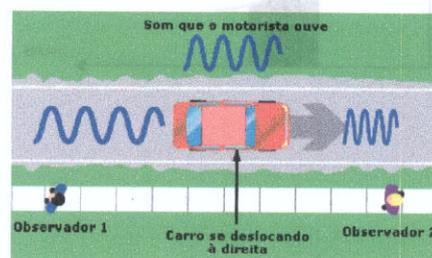
Ressonância → Mesma frequência natural de vibração

Batimento → Interferência de sons com f ligeiramente diferentes

Efeito Doppler

$d = \text{aumenta} \rightarrow f_{\text{APARENTE}} < f_{\text{REAL}}$ (som mais grave – observador 1)

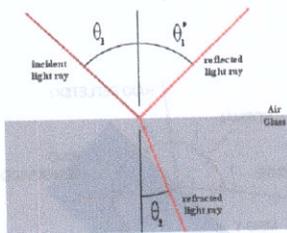
$d = \text{reduz} \rightarrow f_{\text{APARENTE}} > f_{\text{REAL}}$ (som mais agudo – observador 2)



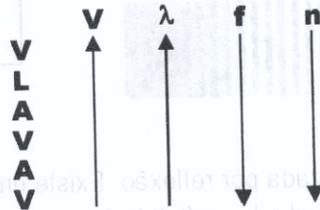
Óptica

Refração da Luz :

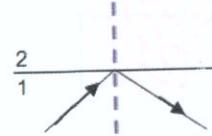
$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2}$$



Dispersão da luz branca :



Reflexão total da luz :

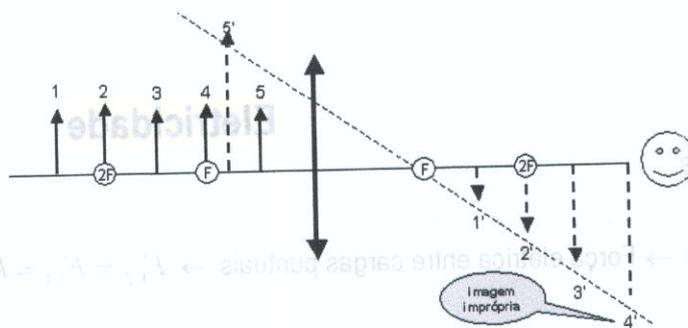


- a luz deve propagar-se do meio mais para o meio menos refringente.
- o ângulo de incidência deve ser maior do que o ângulo limite.

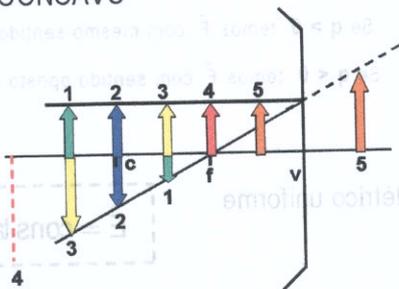
ESPELHO CONVEXO e LENTE DIVERGENTE :

Imagem : **VIRTUAL DIRETA MENOR**

LENTE CONVERGENTE



ESPELHO CÔNCAVO

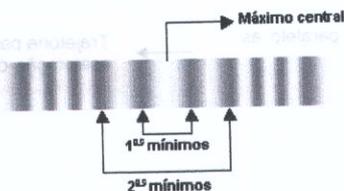


$$A = \frac{l}{O} = -\frac{d_i}{d_o}$$

$$\frac{1}{F_o} = \frac{1}{d_i} + \frac{1}{d_o}$$

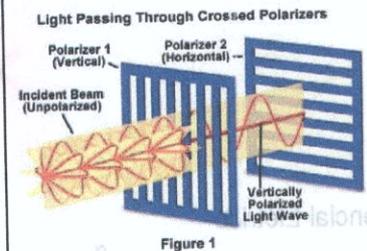
- Fo - espelho côncavo e lente convergente : +
- espelho convexo e lente divergente : -
- di - imagem real : +
- imagem virtual : -
- l - imagem direta : +
- imagem inversa : -

Difração da luz → ocorre através de fendas muito estreitas gerando figura de intensidade luminosa variável.

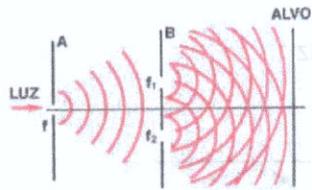


$$X = \frac{\lambda \cdot l}{d}$$

Polarização da Luz :



Interferência da luz → Experiência de Young

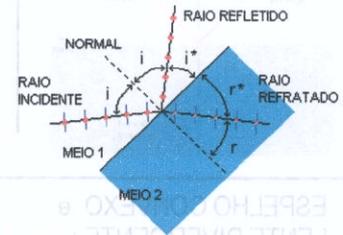


franjas de interferência



$$X = \frac{\lambda \cdot l}{d}$$

Polarização da luz por reflexão: A luz pode ser polarizada por reflexão. Existe um ângulo de incidência (ângulo de polarização) para o qual a luz refletida é totalmente polarizada. Para ângulos de incidências diferentes desse, a luz refletida é parcialmente polarizada, dependendo o grau de polarização do ângulo de incidência. Já a luz refratada é parcialmente polarizada, não podendo em uma refração ser totalmente polarizada.



Eletricidade

Eletrostática

Lei de Coulomb → Força elétrica entre cargas pontuais → $F_{1,2} = F_{2,1} = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

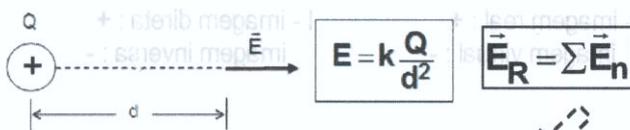


Campo Elétrico → Campo de força elétrica gerado por corpo(s) eletricamente carregado.



Se $q > 0$ temos \vec{F} com mesmo sentido de \vec{E}
Se $q < 0$ temos \vec{F} com sentido oposto ao de \vec{E}

- Campo elétrico gerado por carga puntual



$$\vec{E}_R = \sum \vec{E}_n$$

- Campo elétrico uniforme

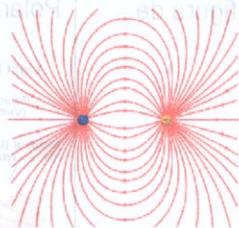
$$\vec{E} = \text{constante}$$

Movimento paralelo as linhas de força.

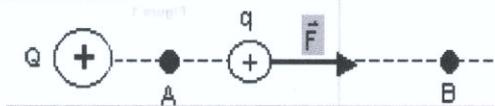
Movimento retilíneo uniformemente variado (acelerado ou retardado)

Movimento **não** paralelo as linhas de força.

Trajetória parabólica com aceleração constante



Potencial Elétrico

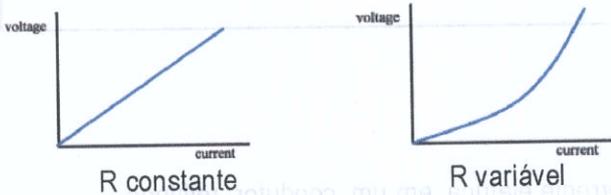


$$\pm V = k \cdot \frac{\pm Q}{d}$$

$$W_{AB} = V_{AB} \cdot q$$

Eletrodinâmica

1ª Lei de Ohm → T = constante
Resistência elétrica constante
 $V \propto i$

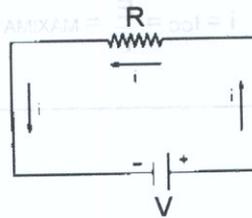


$V = R \cdot i$

2ª lei de Ohm → $R \propto L$ e $R \propto \frac{1}{A}$

$R = \rho \frac{L}{A}$

Potência e energia dissipadas no resistor

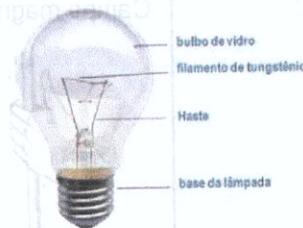


$P = \frac{E}{\Delta t}$

$P = R \cdot i^2$

$P = V \cdot i$

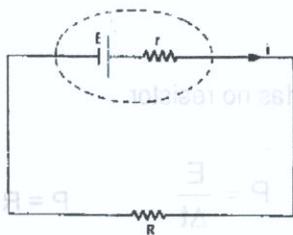
$P = \frac{V^2}{R}$



	ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE		ASSOCIAÇÃO EM PARALELO
Corrente	Mesmo i em todos os elementos	Corrente	$i_n = \frac{V}{R_n}$ $i_n \propto \frac{1}{R_n}$ Maior $R \rightarrow$ Menor i A alteração da corrente em um ou mais dos elementos associado não altera a corrente nos outros. $i_{TOTAL} = \sum i_n$
D D P	$V_n \propto R_n$ $V_n = R_n \cdot i$ Maior $R \rightarrow$ Maior V $V_{TOTAL} = \sum V_n$	D D P	Mesma V em todos os elementos
Resistência Equivalente	$V_T = R_E \cdot i$ $R_E = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	Resistência Equivalente	$V_T = R_E \cdot i$ $\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$
Potência Dissipada	<u>No resistor</u> $P_n = V_n \cdot i$ $P_n = R_n \cdot i^2$ $P_n = \frac{V_n^2}{R_n}$ <u>Total</u> $P_T = V_T \cdot i$ $P_T = R_E \cdot i^2$ $P_T = \frac{V_{TOTAL}^2}{R_E}$	Potência Dissipada	<u>No resistor</u> $P_n = V \cdot i_n$ $P_n = R_n \cdot i_n^2$ $P_n = \frac{V^2}{R_n}$ <u>Total</u> $P_T = V \cdot i_T$ $P_T = R_E \cdot i_T^2$ $P_T = \frac{V^2}{R_E}$

Geradores → $V = \varepsilon - r \cdot i = R_E \cdot i$ $i = \frac{\varepsilon}{R_E + r}$

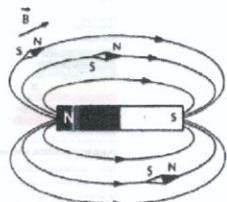
$F = \frac{40 \cdot i \cdot 1.5}{2 \cdot 1.5} = 10 \cdot i$



$i = 0 \rightarrow$ CIRCUITO ABERTO $\rightarrow V = E$
 $i \neq 0 (i < i_{cc}) \rightarrow$ CIRCUITO FECHADO $\rightarrow V = E - R \cdot i = R_E \cdot i$
 $i = i_{cc} = \frac{E}{r} =$ MÁXIMA I POSSÍVEL NO GERADOR \rightarrow GERADOR EM CURTO-CIRCUITO $\rightarrow V = 0$

Eletromagnetismo

Campo magnético de um ímã :

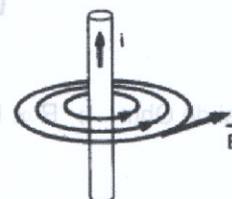


Campo magnético da corrente elétrica em um condutor retilíneo :

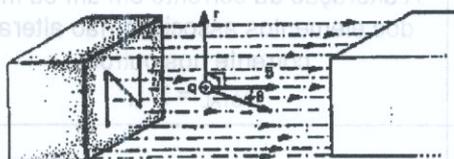


mão direita

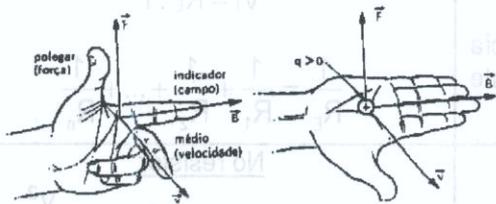
$B \propto i$ $B \propto \frac{1}{d}$



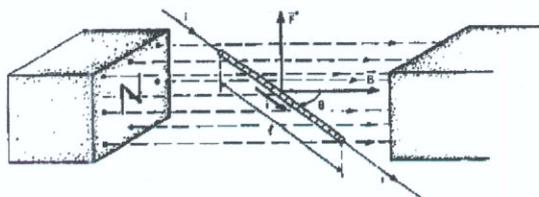
Ação de campo magnético sobre carga elétrica



$F = B \cdot q \cdot v \cdot \text{sen } \theta$



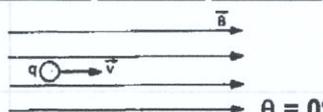
Ação de campo magnético sobre corrente elétrica em um condutor retilíneo



$F = B \cdot i \cdot l \cdot \text{sen } \theta$

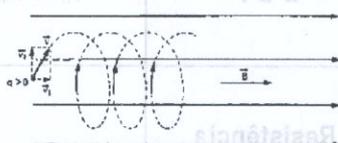
Movimentos descritos por uma carga elétrica em um campo magnético

Movimento Retilíneo Uniforme - MRU - $\vec{v} \parallel \vec{B}$



Movimento Helicoidal Uniforme

MHU - $\vec{v} \angle \vec{B}$



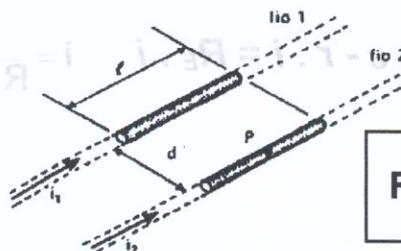
Movimento Circular Uniforme

MCU - $\vec{v} \perp \vec{B}$



$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$ $T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$

Força magnética entre condutores percorridos por corrente elétrica



$F = \frac{\mu_0}{2\pi r} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l$

Indução eletromagnética

FEM induzida (condutor em movimento no campo)

$$E (V) = L (m) \cdot B (T) \cdot v (m/s)$$

Fluxo magnético

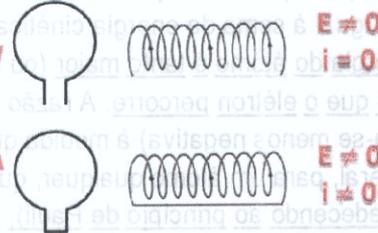
$$\phi (Wb) = B (T) \cdot S (m^2) \cdot \cos \theta$$

Corrente elétrica induzida (i) :

$$\Delta\phi \neq 0 \rightarrow i \neq 0$$

$$i = \frac{E}{R}$$

$$\Delta\phi \neq 0$$



O sentido da corrente elétrica induzida é determinado através da Lei de Lenz.

Lei de Faraday-Neumann (FEM induzida média) :

$$E_M = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t}$$

Transformador ideal :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

Física Moderna

Radiação de Corpo Negro

Quando uma radiação incide em um corpo opaco, parte é refletida e parte é absorvida. Os corpos de cor clara refletem a maior parte da radiação visível incidente, enquanto os corpos escuras absorvem a maior parte da radiação. Quando a taxa de absorção é igual à taxa de emissão da radiação por parte do corpo, a temperatura permanece constante e dizemos que o corpo se encontra em equilíbrio térmico com o ambiente. Assim, um material que é um bom absorvedor de radiação é também um bom emissor.

A radiação eletromagnética emitida nessas circunstâncias é chamada de radiação térmica. Em temperaturas moderadas (abaixo de 600°C), a radiação térmica emitida pelos corpos não é visível. Em temperaturas mais elevadas, o objeto brilha com luz vermelho-clara ou mesmo branca.

O Efeito Fotoelétrico

Fenômeno, da emissão ou liberação de elétrons por determinado corpo pela ação da luz. Os elétrons são designados por fotoelétrons e a substância que libera elétrons é dita fotossensível.

quantum de energia luminosa → fóton → $E = h \cdot f$ → h : constante de PLANCK ($h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s)

LEIS do EFEITO FOTOELÉTRICO :

I) Para cada material existe uma frequência mínima de luz, chamada frequência limiar f_0 , para que os elétrons sejam liberados.

II) O número de elétrons liberados por segundo (corrente fotoelétrica) é diretamente proporcional à intensidade da luz.

III) A energia cinética dos fotoelétrons é diretamente proporcional à frequência da luz incidente (sendo independente da intensidade da mesma).

$$E_C = \frac{mv^2}{2} = hf - w_0$$

$W_0 = h \cdot f_0$ representa a energia mínima necessária para vencer as forças que atraem o elétron no metal. (função trabalho).

Dualidade Onda-Partícula :

O Modelo do Átomo de Bohr

Vamos considerar o átomo de hidrogênio, que é o mais simples por conter, além do núcleo, um único elétron. Esse elétron pode percorrer apenas algumas órbitas. A cada órbita corresponde uma energia (negativa) bem-determinada, que é igual à soma da energia cinética do elétron com a energia potencial elétrica do sistema elétron + núcleo.

A energia do átomo é tanto maior (ou seja, tanto menos negativa) quanto mais distante do núcleo estiver localizada a órbita que o elétron percorre. A razão principal desse aumento consiste no fato de que a energia potencial cresce (torna-se menos negativa) à medida que o elétron se afasta do núcleo.

Em geral, para um átomo qualquer, quando os elétrons percorrem órbitas situadas o mais próximo possível do núcleo (e obedecendo ao princípio de Pauli), a energia do átomo é mínima. Nesse caso, dizemos que o átomo se encontra no estado fundamental. Os estados de maior energia, nos quais um ou mais elétrons percorrem órbitas mais externas, são chamados estados excitados.

No modelo de Bohr, sempre que um átomo de hidrogênio passa de um estado estacionário para outro, ele emite ou absorve radiação eletromagnética (ou um fóton) com frequência :

onde ΔE representa o módulo da diferença $E_F - E_i$ entre a energia do átomo no estado final E_F e a energia do átomo no estado inicial E_i . Se $E_i > E_F$, um fóton com energia $h.f$ é emitido pelo átomo e se $E_i < E_F$, um fóton com a mesma energia é absorvido. $f = \frac{\Delta E}{h}$

Radioatividade



Emissão gama \rightarrow Ao contrário das radiações alfa e beta, que são constituídas por partículas, a radiação gama é formada por ondas eletromagnéticas emitidas por núcleos instáveis logo em seguida à emissão de uma partícula alfa ou beta.

Reações Nucleares

Fissão Nuclear é o processo de quebra de núcleos grandes em núcleos menores, liberando uma grande quantidade de energia. Reação em cadeia é um conjunto de reações de fissão nuclear que se inicia, geralmente, pelo bombardeamento com nêutrons e que continua espontaneamente pela captação de nêutrons originados de fissões anteriores. Massa crítica é a massa mínima da substância físsil que ainda possibilita a ocorrência de uma reação em cadeia. A velocidade de uma reação em cadeia pode ser de dois tipos: não-controlada e controlada. No primeiro caso, a reação ocorre muito rapidamente (em menos de 1 segundo), liberando enorme quantidade de energia. É o que acontece, por exemplo, na explosão da bomba atômica. No segundo caso, a reação é controlada pelos chamados reatores de fissão nuclear, o que permite aproveitar a energia liberada e evitar explosões.

Fusão Nuclear é a união de núcleos pequenos formando núcleos maiores e liberando uma quantidade muito grande de energia.

