



Programa de
**Capacitação
e Integração
de Lideranças
Sociais**

FÍSICA

CIÊNCIAS EXATAS

Realização:

PECEP
pré-vestibular social

PREFEITURA
RIO

Patrocínio:

Integração
Metropolitana


Integração.Rio

APRESENTAÇÃO

As apostilas para pré-vestibulares populares, sociais e comunitários do **PECEP** (Projeto de Ensino Cultural e Educação Popular) foram produzidas no âmbito do **Programa de Capacitação e Integração de Lideranças Sociais**, projeto contemplado pelo edital Integra Rio, uma realização da Secretaria Especial de Integração Metropolitana (SEIM) e da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

Essas apostilas representam uma conquista coletiva dos cursinhos e educadores populares de todo o país, afinal, representam uma ferramenta concreta para a democratização do acesso ao material didático. Elas foram pensadas com carinho e compromisso para dialogar com a realidade das centenas de iniciativas populares espalhadas pelo Brasil e, também com aqueles que pensam em iniciar a luta de fundar o seu próprio pré-vestibular.

Sabemos que cada cursinho tem suas particularidades e dinâmicas próprias. Alguns, inclusive, elaboram seu próprio material didático. As apostilas do PECEP não têm como objetivo substituir esses esforços, muito menos propor uma padronização da prática pedagógica popular. Ao contrário, elas foram pensadas para que cursinhos, coletivos, educadores e líderes comunitários possam mitigar certas falhas aos quais podem estar suscetíveis.

Por exemplo, um professor de português que deseje iniciar um pré-vestibular, mas ainda não professores de outras áreas, pode usar essas apostilas como ponto de partida para que os estudantes não fiquem sem material de estudo. Da mesma forma, um educador que esteja começando a lecionar biologia, também pode usar as apostilas como material de apoio.

Importante ressaltar que tais apostilas foram elaboradas por voluntários de um pré-vestibular que funciona, de forma ininterrupta, há 25 anos na cidade do Rio de Janeiro. Ou seja, trazem em suas páginas o olhar atento e sensibilidade de quem está na linha de frente da luta por transformação através da educação.

Essas apostilas não tem a pretensão de serem uma solução definitiva. Elas são um passo importante em um caminho longo, penoso, porém, infinitamente recompensante.

Por fim, importante ressaltar que esta é a versão 2025 das nossas apostilas. A proposta é que esse material siga sendo desenvolvido e aprimorado de forma contínua, afinal, o aprendizado sobre o ensino popular não tem fim.

Se você tiver sugestões, críticas, dúvidas ou ideias, entre em contato com a gente pelo e-mail: **contato@pecep.org** e acompanhe as nossas redes sociais: **@pecep.org**

Com muito carinho,

A Direção do PECEP

SUMÁRIO

PARTE 1 - CONCEITOS BÁSICOS

1.1 - MEDIDAS

1.2 – VETORES

PARTE 2 - MECÂNICA

2.1 - CINEMÁTICA

2.2 - DINÂMICA

2.3 - LEIS DE CONSERVAÇÃO

2.4 - ROTAÇÃO E CORPOS RÍGIDOS

PARTE 3 - FENÔMENOS TÉRMICOS

3.1 - TERMOLOGIA

3.2 – CALORIMETRIA

PARTE 4 - ELETRICIDADE E MAGNETISMO

4.1 - ELETRODINÂMICA

4.2 – ELETROMAGNETISMO

PARTE 5 - ONDULATÓRIA E ÓPTICA

5.1 - ONDAS

5.2 - ÓPTICA

PARTE I:

CONCEITOS BÁSICO

1. CONCEITOS BÁSICO

A Física é uma das ciências da natureza, dedicadas a estudar os fenômenos que ocorrem no mundo à nossa volta, em busca de compreendê-los para, enfim, os explicar. Desde os grandes filósofos da Grécia Antiga, como Pitágoras e Aristóteles, utilizamos da razão para entender o mundo à nossa volta, os padrões que a natureza segue e as leis às quais ela conforma.

No entanto, no século XVII, o cientista Isaac Newton, considerado por muitos como o “pai da ciência moderna”, percebeu que as leis da natureza podem ser escritas com letras ou ditas com palavras, mas principalmente podem ser descritas pela matemática. Com isso, os fenômenos da natureza não seriam só explicados, mas previstos.

Por isso, a Física como é feita hoje em dia envolve ferramentas matemáticas, que compreenderemos nesta parte.

1.1 MEDIDAS

UNIDADES DE MEDIDA

Números podem facilmente descrever quantidades. É possível afirmar, por exemplo, que em uma mesa há 4 maçãs, ou que há 7 pessoas numa sala. No entanto, para falar de propriedades como o tamanho de um objeto, ou quanto tempo se passa de um momento a outro, números não são suficientes. Para isso, são necessárias referências. É possível dizer que um quadro tem 7 palmos de largura, ou dizer que uma tela tem 22 polegadas de diagonal, ou afirmar que se passaram 3 “viradas de ampulheta”. Com isso, chegamos a uma definição da física, a **unidade de medida**.

Mas ainda há um problema. A palma da mão ou o dedão de duas pessoas diferentes raramente tem o mesmo tamanho, assim como nem toda ampulheta tem a mesma quantidade de areia, ou o mesmo tamanho de furo. Essas inconsistências na medida podem causar problemas para uma ciência que necessita de precisão. Por isso, nos séculos XVII e XVIII, vários cientistas propuseram medidas mais rígidas, culminando no Sistema Métrico Decimal, instituído pela Revolução Francesa.

Entretanto, de início esse sistema foi usado oficialmente apenas na França, mas foi espalhado por vários cientistas do mundo inteiro. Até que, em 1875, é realizada a Convenção do Metro, em que as maiores nações do mundo se comprometeram a adotar o sistema, à exceção da Grã Bretanha.

É a partir do sistema métrico de unidades que surge o atual sistema utilizado pelos cientistas para padronizar as medidas, o Sistema Internacional de Unidades, chamado de SI, e definido com rigor científico experimental a níveis bem precisos. O SI é composto de 7 unidades básicas, e todas as outras unidades da física são derivadas delas:

GRANDEZA	UNIDADE	
	NOME	SÍMBOLO
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
intensidade de corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	Kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Além disso, todas as grandezas que não são utilizadas no sistema de unidades, como o grau Celsius, comumente usado para temperatura, ou as xícaras, medições de volumes utilizadas na culinária, tem uma conversão direta para as unidades do SI.

ORDENS DE GRANDEZA

Dizer que uma célula animal tem 2.000.000.000.000 átomos, ou que o raio do átomo de hidrogênio é de 0,00000000005 metros, está tecnicamente correto, mas é difícil de assimilar tal informação. Esses números são muito remotos com relação à nossa percepção, e por isso não temos referência alguma quando são ditos. Para enfrentar tal problema, utilizamos a **notação científica**.

Notação científica é puramente escrever um número em forma de potências de 10, para escrevê-lo de forma mais compacta e facilitar a comparação entre grandezas diferentes. Para escrever em notação científica, basta escrever o número como o produto de um número entre 1 e 10 e uma potência de 10. O número 729, por exemplo, pode ser escrito como $7,29 \times 10^2$. Note que, por usarmos uma base 10 para números, multiplicar ou dividir por potências de 10 nada mais é do que alterar a localização da vírgula.

Conhecendo a notação científica, podemos discutir os prefixos utilizados para as explicitar. Comumente nos referimos a quilômetros, centímetros, miligramas, etc. para falar de grandezas. Além desses, há vários outros prefixos utilizados, e todos eles fazem referência a uma potência de 10:

Prefixo	Símbolo	Potência de 10	Fator
giga	G	10^9	1000000000
mega	M	10^6	1000000
quilo	k	10^3	1000
hecto	h	10^2	100
deca	da	10^1	10
Ø	Ø	10^0	1
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
mili	m	10^{-3}	0,001
micro	µ	10^{-6}	0,000001
nano	m	10^{-9}	0,000000001

Além desses, há outros para potências maiores e menores.

1.2 VETORES

Para informar algumas grandezas é suficiente apenas informar o número e a unidade. Podemos dizer que se passaram 10 horas, ou que a sala está a 25 °C. Chamamos essas grandezas de **grandezas escalares**. No entanto, algumas grandezas necessitam de outras informações. Ao falar que uma casa fica a 5 quilômetros da praia, é necessário também afirmar para onde é necessário andar. Tais grandezas, que necessitam de uma informação de orientação, são chamadas **grandezas vetoriais**, pois são descritas não só com um número, mas com uma orientação, formando um objeto matemático chamado um **vetor**.

Um vetor nada mais é do que uma seta, com tamanho definido, e que aponta para algum lugar. Vetores tem 3 propriedades que os definem: seu **módulo** ou **magnitude**, o tamanho do vetor e, por consequência, da grandeza; sua **direção**, explicitando seu alinhamento, como afirmar que um vetor é “vertical” ou “horizontal” ou “fazendo 30° com a horizontal”; e seu **sentido**, para onde a seta aponta dada sua direção, como “para baixo” ou “para cima” no caso de um vetor vertical.

SISTEMAS DE COORDENADAS

Escolhendo 2 direções, chamadas **eixos**, podemos criar um sistema de coordenadas. Nesse sistema, os vetores começam no encontro dos 2 eixos, denominado **origem**, e recebem coordenadas que os definem. Um vetor é sempre equivalente a andar uma quantidade específica em cada uma das direções.

Comumente, utilizamos a direção horizontal, que chamamos de **eixo X**, ou **eixo das abscissas**, e a direção vertical, que chamamos de **eixo Y**, ou **eixo das ordenadas**. Nessa convenção, comumente tomamos sentidos positivos como para cima e para a direita e negativos como para baixo e para a esquerda.

Tendo um sistema de coordenadas, podemos utilizar trigonometria para decompor quaisquer vetores. Dado um vetor **v** que faz um ângulo α com o eixo X, suas componentes serão da forma:

$$v_x = v \cdot \cos(\alpha) \text{ e } v_y = v \cdot \sin(\alpha)$$

PARTE II:

MECÂNICA

2. MECÂNICA

O Universo é repleto de mudança e movimento. As folhas caem de árvores e são sopradas pelo vento, a Terra gira em torno do Sol e os ponteiros do relógio se movem. Até as páginas desta apostila, apesar de parecerem imóveis, se vistas microscopicamente revelariam vários átomos agitados com elétrons circulando o núcleo. Nesta parte da apostila, estudaremos como compreender, descrever e visualizar o movimento de várias maneiras, assim como veremos como e porque o movimento é causado.

2.1 – CINEMÁTICA

VELOCIDADE

Podemos ver o movimento em bicicletas, bolas de futebol e até foguetes. No entanto, para estudar o movimento, é necessário definir o que ele é. Na física, definimos **movimento** como a variação da posição de um objeto com o passar do tempo, e definimos o caminho ao longo do qual o movimento ocorre como **trajetória**.

Também podemos, ao aferir o movimento, descrever o objeto com as grandezas físicas pertinentes, por exemplo onde ele está, sua **posição** (representada com a letra S), assim como quando ele se encontra em tal posição, o **tempo** (representado com a letra t). Muitas vezes, podemos tratar tais objetos como pontos, pois o tamanho dos objetos é desprezível quando comparados com a trajetória que desenvolvem.

Com isso, sabendo que o movimento é descrito como uma variação, podemos pensar na variação da posição do objeto, chamada de **deslocamento** (ΔS), assim como em quanto tempo tal variação ocorreu, chamado de **intervalo** (Δt). O símbolo Δ nas representações é a letra grega “delta”, e na física ela é usada para falar sobre variações.

Por fim, tendo em mente tais variações, podemos definir uma relação entre elas. Para um mesmo intervalo de tempo, é óbvio que um cachorro percorre uma distância maior que uma tartaruga, por ter uma velocidade diferente. Assim, podemos ver que a velocidade nada mais é do que essa relação. Por isso, definimos a velocidade como a razão:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Onde v é a velocidade média, ΔS é o deslocamento e Δt é o intervalo.

Dizemos que o movimento com velocidade positiva é **progressivo**, e o movimento com velocidade negativa é chamado de **retrógrado**.

Aqui, utilizaremos mais duas simplificações. Uma delas é tratar o módulo da velocidade do objeto como constante, e portanto a velocidade média dele é simplesmente a velocidade. Para esses objetos, descrevemos seu movimento como sendo um **Movimento Uniforme**. A outra simplificação é sobre a trajetória, que vamos assumir como sendo em linha reta, isto é, **retilínea**. Assim, podemos descrever o movimento de tais objetos como **Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)**.

Adicionando a essa definição de velocidade, podemos, com alguns manejos matemáticos, encontrar uma função que representa a variação da posição com o tempo.

$$v = \frac{S - S_o}{t - t_o}$$

Onde a expressão ΔS é escrita de forma explícita, como uma diferença entre a posição final S e a posição inicial S_o , e o mesmo é feito com o tempo.

Além disso, podemos afirmar que o tempo inicial é 0, pois cabe a nós a escolha de quando começar a contar o tempo. Assim, temos:

$$v = \frac{S - S_o}{t} \Rightarrow vt = S - S_o \Rightarrow vt + S_o = S$$

Ou na sua forma mais comum:

$$S = S_o + vt$$

Essa é a chamada **Função Horária da Posição**, pois é uma função que relaciona qualquer tempo a sua posição.

EXERCÍCIOS

Questão 1) Um bloco desliza com velocidade constante de 2 m/s. O tempo, em segundos, em que o bloco deslizará 10 metros é

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

Questão 2) Um caminhão saiu do Rio de Janeiro e vai para São Paulo. Sabendo que a distância entre essas cidades é, aproximadamente, 450 km e que o caminhão demorou 5 horas para chegar, a velocidade média do veículo no percurso foi de

- a) 60 km/h
- b) 70 km/h
- c) 80 km/h
- d) 90 km/h

Questão 3) Em um horário pouco movimentado, uma avenida, onde a velocidade máxima permitida é de 60 km/h, é percorrida, em 15 minutos, por um veículo que se move dentro do limite de velocidade permitido. Se a velocidade de travessia da pista for alterada para 40 km/h, o tempo mínimo necessário, em minutos, para um veículo percorrê-la é de

- a) 22,5
- b) 16
- c) 30
- d) 10

Questão 4) Dois terços de uma viagem de 600 km são percorridos com uma velocidade média de 60 km/h. Para que a viagem seja completada com velocidade média de 80 km/h, o tempo restante até o fim da viagem será de

- a) 2 horas e 40 minutos
- b) 3 horas e 20 minutos
- c) 4 horas e 20 minutos
- d) 5 horas e 40 minutos

Questão 5) Um motorista de ônibus nota que o tempo necessário para fazer, de tarde, uma viagem de ida e volta entre os pontos terminais foi quase o dobro da mesma viagem de manhã. Com isso, ele conclui que

- a) a velocidade média no percurso da tarde é maior, pois o tempo foi maior
- b) a velocidade média no percurso não muda, pois ela independe do tempo gasto
- c) o tempo tomado a mais diminui sua velocidade média
- d) a velocidade média no percurso não muda, pois o deslocamento aumenta da mesma maneira que o tempo

Questão 6) Um automóvel parte de uma cidade localizada às margens do quilômetro de uma rodovia retilínea. Duas horas depois, encontra-se no quilômetro 860 da mesma rodovia. A velocidade média desse automóvel, em km/h, será de

- a) 430
- b) 320
- c) 220
- d) 110

Questão 7) Um atleta em Copacabana sai do Posto 5 e caminha um percurso de 3 km de comprimento até o Posto 1, levando 32 minutos para chegar. Ao chegar, o atleta dá meia volta e vai até o Posto 5 pelo mesmo percurso, desta vez tomando 30 minutos. A velocidade média do atleta durante seu percurso inteiro, em km/h, é de

- a) 0
- b) 2
- c) 4
- d) 6

Questão 8) Um ciclista, pedalando a uma velocidade de 20 km/h, completa um percurso em 1 hora. A distância percorrida pelo ciclista, em km, durante o percurso foi de

- a) 2
- b) 5
- c) 10
- d) 20

Questão 9) Testando um novo veículo, os engenheiros de uma montadora utilizam o protótipo para percorrer um percurso de 100 km a 50 km/h, depois outro percurso de 80 km a 40 km/h. Ao final do teste, a velocidade média do protótipo, em km/h, foi de

- a) 45
- b) 55
- c) 65
- d) 75

Questão 10) Ao partir numa viagem de carro do Rio de Janeiro até Angra dos Reis, percurso de aproximadamente 150 quilômetros, um motorista é informado pelo aplicativo de GPS que o tempo esperado de chegada será de 2 horas. Sabendo disso, o motorista espera que desenvolverá, durante o percurso, uma velocidade média, em km/h, de aproximadamente

- a) 45
- b) 55
- c) 65
- d) 75

Questão 11) Uma nave espacial está a 2000 metros de um asteroide, em caminho de colisão. O capitão, para evitar um acidente, lança um foguete espacial. Depois de 20 segundos, o foguete atinge o asteroide. A velocidade, em m/s, com que o foguete foi lançado é de

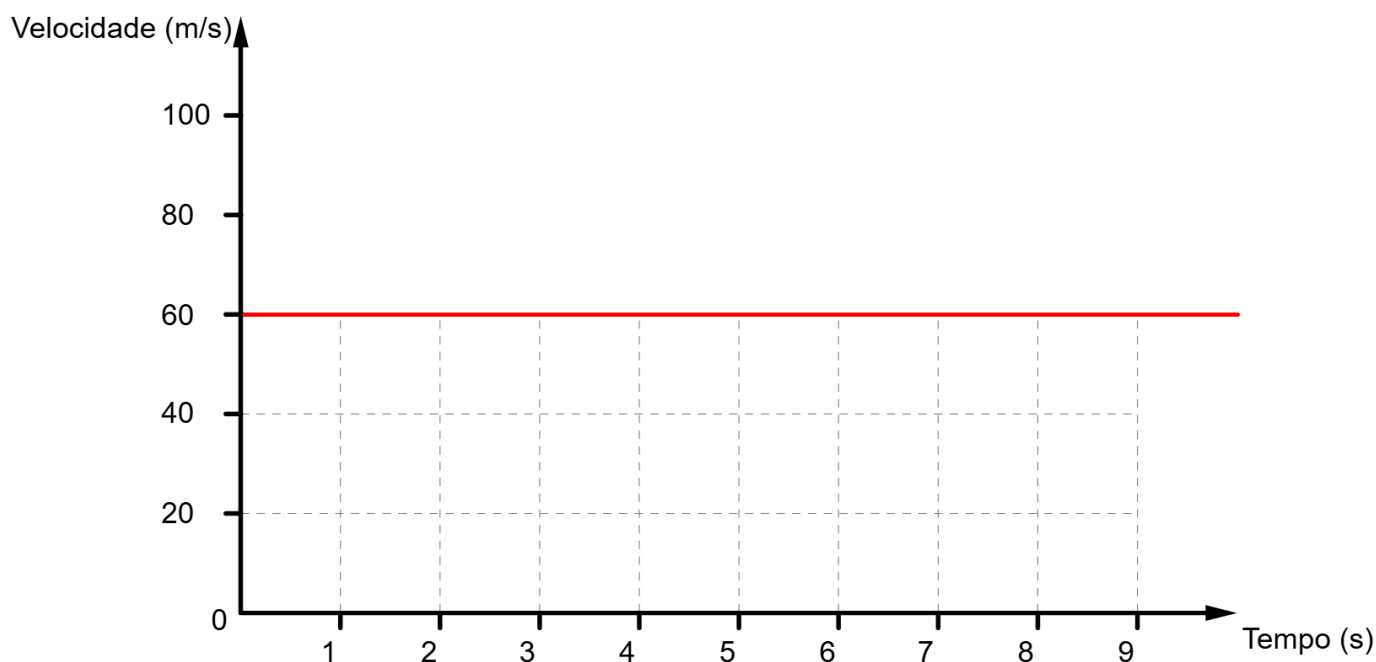
- a) 10
- b) 20
- c) 50
- d) 100

Respostas : 1-C 2-D 3-A 4-B 5-C 6-C 7-A 8-D 9-A 10-D 11-D

GRÁFICOS DO MOVIMENTO

Uma ferramenta muito importante utilizada na física são os gráficos, desenhos que relacionam duas grandezas da física. No caso da cinemática, as grandezas em questão são posição, velocidade e tempo.

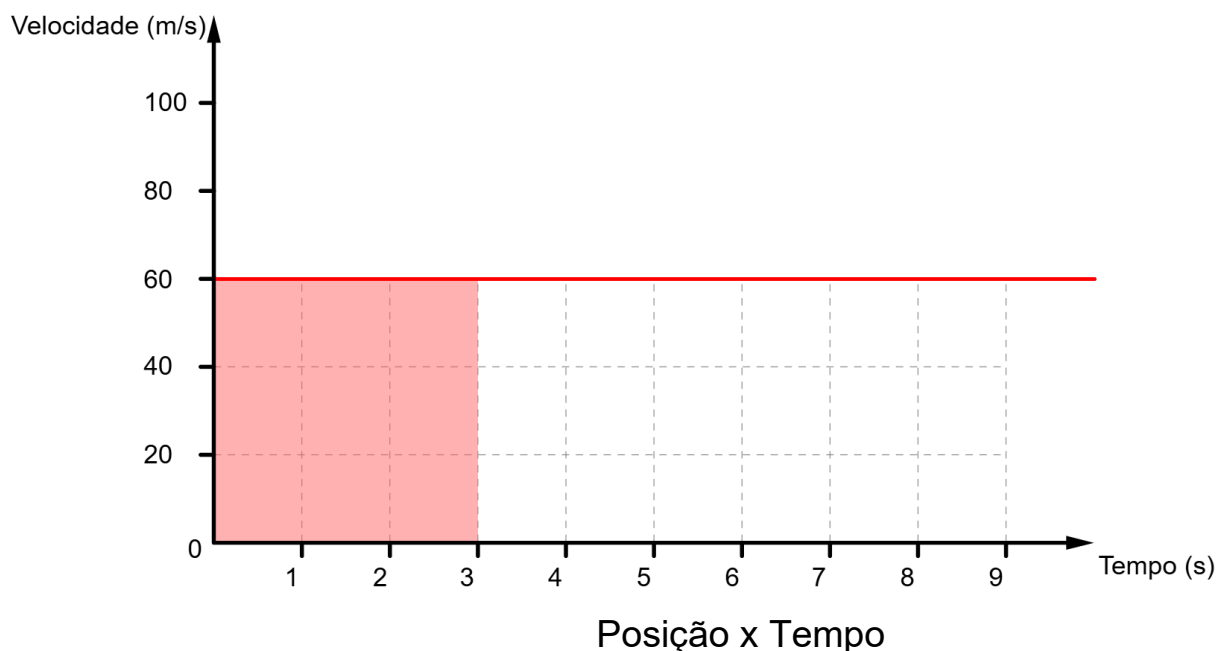
Velocidade x Tempo



No MRU, a velocidade é constante. Isso é ilustrado no gráfico como uma reta horizontal, que mapeia cada momento (no eixo horizontal) para a mesma velocidade (no eixo vertical).

Também é notável que a área do gráfico representa o deslocamento.

No gráfico abaixo, sabemos que a partícula viajou 180 metros durante os 3 segundos, tanto usando a fórmula quanto pela área hachurada.

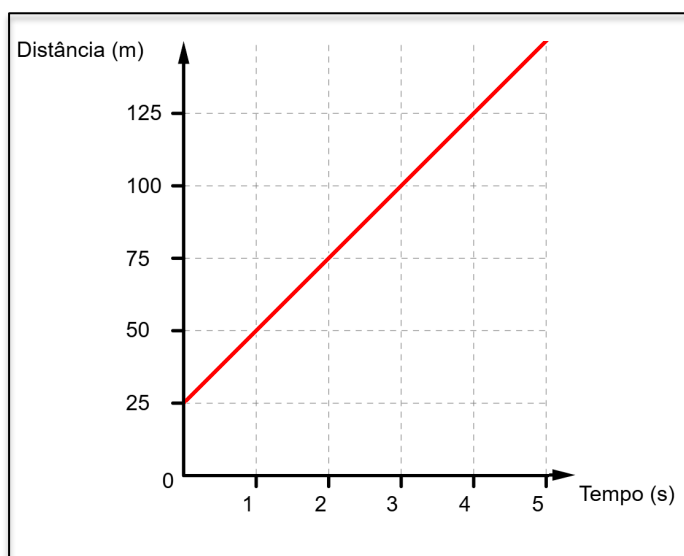


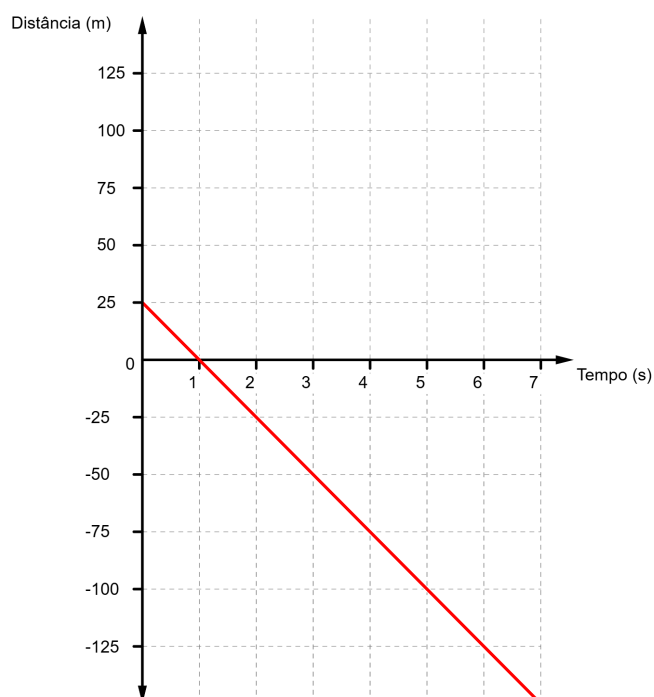
No MRU, a posição varia de maneira constante. Isso é representado no gráfico como uma linha inclinada, que mapeia cada momento (no eixo horizontal) para uma posição distinta (no eixo vertical).

É notável que o ponto em que a reta intercepta o eixo vertical representa a posição inicial, pois representa a posição no tempo 0. Também é notável que a inclinação da reta, tomada como a razão entre a variação vertical e a variação horizontal, representa a velocidade.

Nos gráficos ao lado, sabemos que o módulo das velocidades das partículas é de 25 m/s, tanto usando a fórmula quanto pela inclinação da reta.

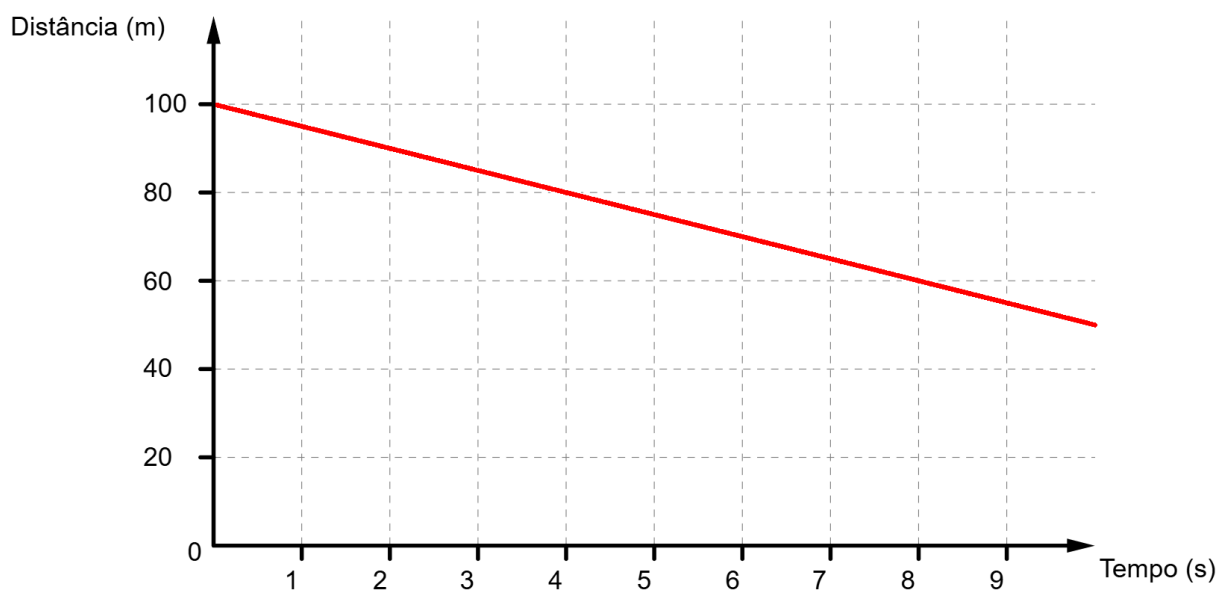
No entanto, vale ressaltar que no gráfico superior, a partícula tem velocidade positiva, enquanto que no gráfico inferior a partícula tem velocidade negativa. Isso é evidenciado pela inclinação da reta, com a positiva sendo inclinada para cima e a negativa sendo inclinada para baixo.



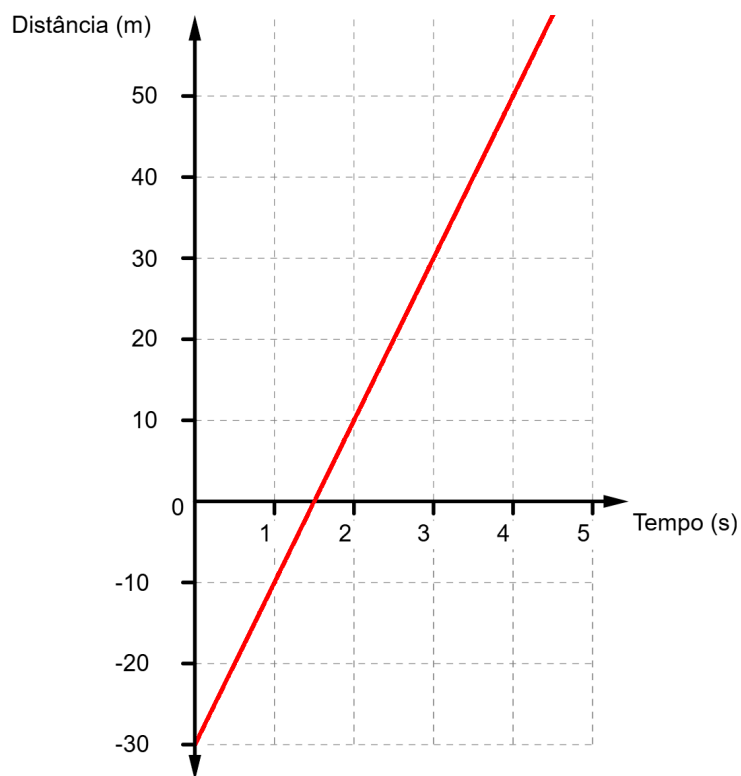


EXERCÍCIOS

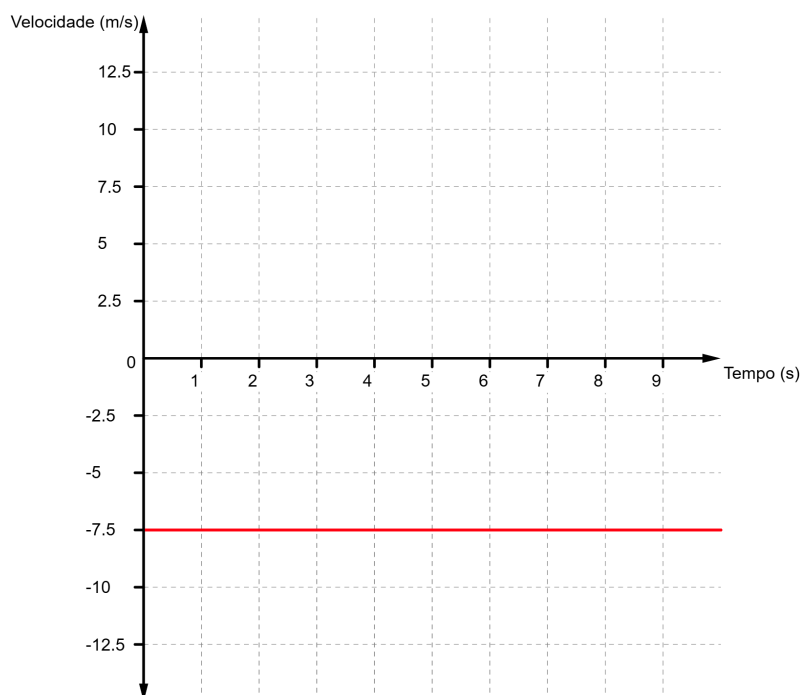
Questão 1) Calcule a velocidade da partícula cujo movimento é representado pelo gráfico abaixo.



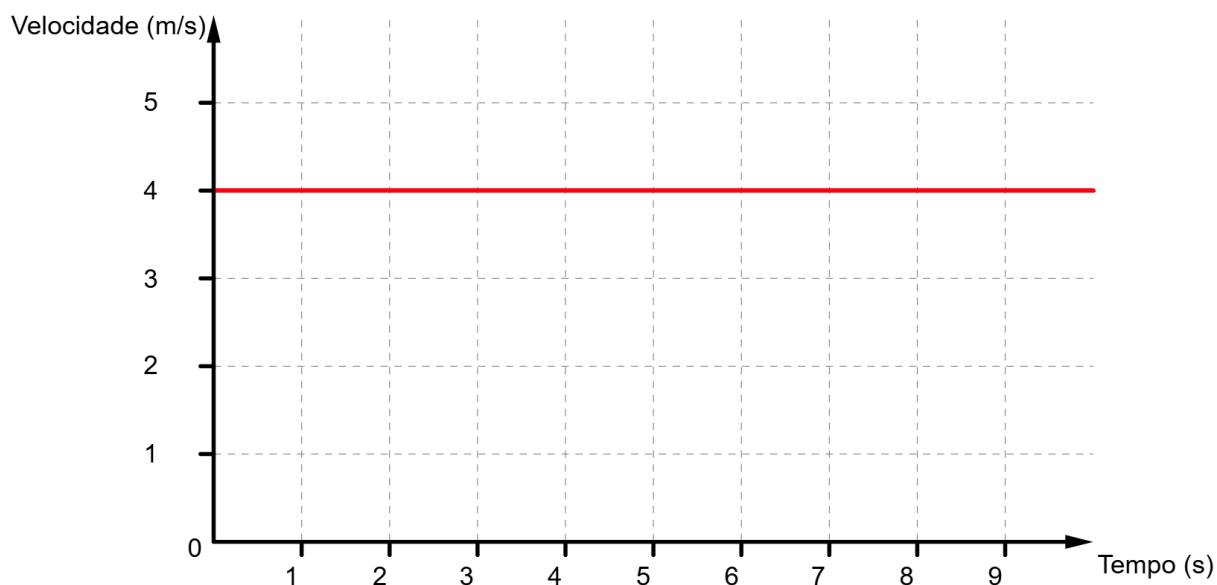
Questão 2) Calcule a velocidade da partícula cujo movimento é representado pelo gráfico abaixo.



Questão 3) Baseando-se no gráfico abaixo, calcule a distância percorrida pela partícula em 8 segundos.



Questão 4) Baseando-se no gráfico abaixo, calcule a distância percorrida pela partícula em 5 segundos.



1: -5m/s 2: 20 m/s 3: -60 m 4: 20 m

Aceleração

Na seção anterior pensamos em objetos desenvolvendo um movimento uniforme, isto é, com velocidade constante. Entretanto, a maioria dos objetos na realidade ganham e perdem velocidade. Por isso, nesta seção vamos trabalhar o **Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV)**, no qual a velocidade muda de maneira uniforme, isto é, o objeto tem uma **aceleração**.



Da mesma maneira que pensamos a velocidade como a variação da posição com o passar do tempo, podemos definir a aceleração de maneira semelhante: a variação da velocidade (Δv) com o passar do tempo (Δt). Portanto, temos a aceleração como

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

Onde a é a aceleração, Δv é a variação da velocidade e Δt o intervalo de tempo.

Além disso, classificamos o movimento em que a rapidez aumenta como **acelerado** e o movimento em que a rapidez diminui como **retardado**. Trataremos a aceleração como constante, tanto para evitar complicação desnecessária quanto por ser suficiente para avançarmos futuramente no próximo capítulo.

Para escrever uma **Função Horária da Velocidade**, podemos utilizar do mesmo raciocínio do MRU:

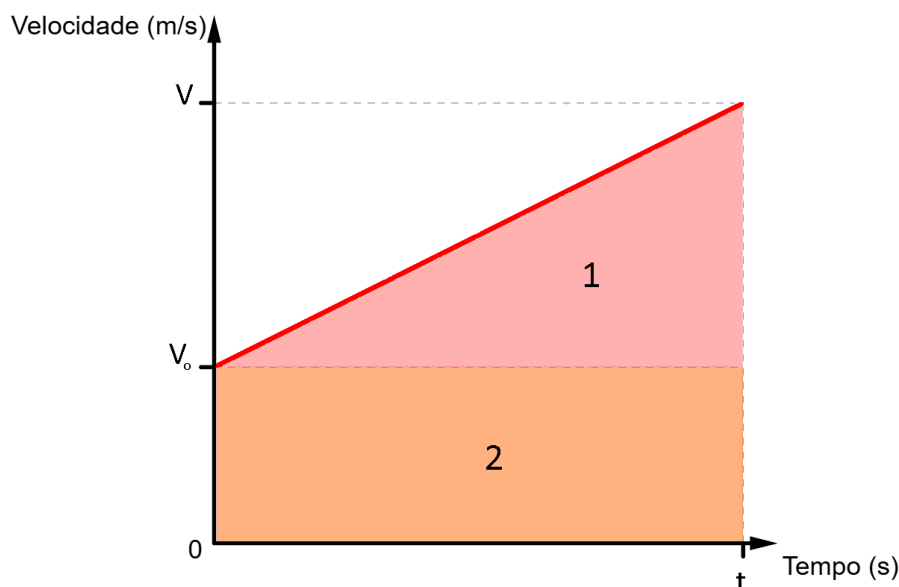
$$a = \frac{v - v_o}{t - t_o}$$

Assumindo novamente o tempo inicial como 0, chegamos em:

$$a = \frac{v - v_o}{t} \Rightarrow at = v - v_o \Rightarrow at + v_o = v$$

$$v = v_o + at$$

No entanto, nos encontramos num impasse quando tentamos calcular a distância percorrida, pois não há uma relação matemática direta entre a posição e a aceleração. Para alcançar uma **Função Horária da Posição** do MRUV, precisamos utilizar o conhecimento obtido com os gráficos, de que a área abaixo do gráfico representa o deslocamento.



Sabemos que a área abaixo do gráfico é igual ao deslocamento. Separando a área em duas seções, podemos calculá-la.

A área 1 é um triângulo com base t e altura Δv . Sabendo que $\Delta v = at$, temos um triângulo com área:

$$\Delta S_1 = \frac{t \cdot \Delta v}{2} \Rightarrow \Delta S_1 = \frac{at^2}{2}$$

A área 2 é um retângulo com base t e altura v_o , portanto tem uma área $\Delta S_2 = v_o t$. Com isso, temos que a área total, ou seja, o deslocamento, é da forma:

$$\Delta S = v_o t + \frac{at^2}{2}$$

Ou, na forma de uma **Função Horária da Posição**:

$$S = S_o + v_o t + \frac{at^2}{2}$$

Tendo duas equações, podemos utilizar o método de substituição para encontrar uma terceira equação independente do tempo de tal forma:

$$at = v - v_o \Rightarrow t = \frac{v - v_o}{a}$$

Utilizando essa nova definição de t na função horária da posição, temos:

$$\begin{aligned} \Delta S &= v_o \frac{v - v_o}{a} + \frac{a}{2} \left(\frac{v - v_o}{a} \right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow \Delta S &= \frac{v \cdot v_o - v_o^2}{a} + \frac{v^2 - 2v \cdot v_o + v_o^2}{2a} \end{aligned}$$

Multiplicando os dois lados da equação por $2a$, temos:

$$2a\Delta S = 2v \cdot v_o - 2v_o^2 + v^2 - 2v \cdot v_o + v_o^2$$

Simplificando, temos:

$$2a\Delta S = v^2 - v_o^2 \Rightarrow 2a\Delta S + v_o^2 = v^2$$

Ou, na forma mais comum:

$$v^2 = v_o^2 + 2a\Delta S$$

Com isso, temos três equações que utilizam da aceleração: Uma que relaciona a velocidade ao tempo, outra que relaciona a posição ao tempo e a última que relaciona velocidade à posição.

EXERCÍCIOS

Questão 1) Para realizar uma manobra, um foguete em repouso no espaço acelera, em 10 segundos, até uma velocidade de 300 m/s. A aceleração do foguete durante essa manobra foi de

- a) 3 m/s²
- b) 10 m/s²
- c) 15 m/s²
- d) 30 m/s²

Questão 2) Um carro a 108 km/h numa rodovia é forçado a frear quando pedestres atravessam a 100 metros em sua frente. Sabendo que o motorista consegue frear a 10 metros dos pedestres, a aceleração durante o movimento, em m/s² foi de

- a) 1
- b) 2
- c) 5
- d) 10

Questão 3) Isaac Newton estava sentado embaixo de uma macieira, contemplando a natureza. Uma maçã cai da macieira, a 6 metros de altura, e atinge Newton na sua cabeça, que estava a um metro do chão. Assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, Newton calculou o tempo que a maçã demorou do galho até sua cabeça. Esse tempo foi, em segundos

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

Questão 4) Um gavião desce em direção a sua presa, acelerando com a gravidade a 10 m/s^2 . Depois de 10 segundos, o gavião alcança sua presa. A distância que o gavião caiu, em metros, foi de

- a) 100
- b) 500
- c) 1000
- d) 5000

Questão 5) Uma moeda cai de um helicóptero, a 2000 metros do chão. Assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a velocidade, em metros por segundo, com que a moeda atinge o chão, é de

- a) 20
- b) 40
- c) 200
- d) 400

Questão 6) Um foguete lançador de satélites, partindo do repouso, atinge a velocidade de 5400 km/h após 50 segundos. Supondo que esse foguete se desloque em trajetória retilínea, sua aceleração escalar média, em m/s^2 , é de

- a) 30
- b) 150
- c) 108
- d) 54

Questão 7) Um cientista, estudando a aceleração média de três carros diferentes, obteve os seguintes resultados:

O carro I variou sua velocidade de v para $2v$ num intervalo de tempo igual a t .

O carro II variou sua velocidade de v para $3v$ num intervalo de tempo igual a $2t$.

O carro III variou sua velocidade de v para $5v$ num intervalo de tempo igual a $5t$.

Sendo, respectivamente, a_1 , a_2 e a_3 as acelerações dos carros I, II e III, pode-se afirmar que:

- a) $a_1 = a_2 = a_3$
- b) $a_1 > a_2 > a_3$
- c) $a_1 < a_2 < a_3$
- d) $a_1 = a_2 > a_3$

Questão 8) Um disco voador, ao chegar na atmosfera (a 100 km da superfície terrestre), freia para realizar uma manobra de aterrissagem. Sabendo que a aterrissagem demorou 1 minuto e 40 segundos e que o disco voador entrou na atmosfera com uma velocidade de 0,5 km/s, a aceleração durante a manobra, em m/s^2 , foi de (desconsidere a ação da gravidade):

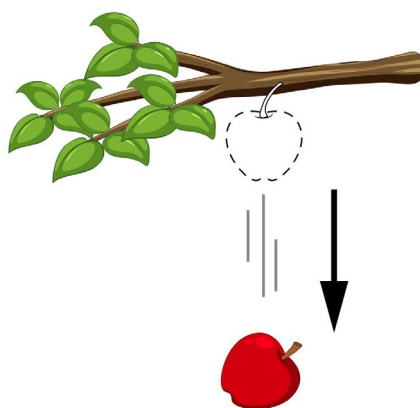
- a) 10
- b) 20
- c) 50
- d) 100

Respostas: 1-D 2-C 3-B 4-B 5-C 6-A 7-D 8-A

Queda Livre e Lançamento Vertical

Um dos movimentos mais comuns observados na natureza é a queda de objetos. Somos ensinados que isso é devido à gravidade, uma força que atrai todos os corpos para o centro da Terra, e é o que nos mantém presos a ela com tanta intensidade que é necessário um foguete para escapar.

Entretanto, a gravidade é, fundamentalmente, uma aceleração constante e, por isso, pode ser estudada com nossos conhecimentos de MRUV.



Para isso, apenas são necessárias mudanças de nomenclatura e convenções de sinais. Quando falamos da posição e do deslocamento, estamos falando da **altura**, que recebe a letra **H**, do inglês *height*. Além disso, a aceleração será simplesmente a aceleração da gravidade, representada por **g**, e será positiva no caso da queda livre e negativa no lançamento vertical. Nota-se também, experimentalmente, que a altura máxima que o objeto atinge num lançamento vertical é também o momento em que a velocidade dele é nula. Portanto, temos as seguintes equações:

$$v = v_o \pm gt$$

$$\Delta H = v_o t \pm \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = v_o^2 \pm 2g\Delta H$$

EXERCÍCIOS

Questão 1) Um corpo A é abandonado de uma altura de 80 m no mesmo instante em que um corpo B é lançado verticalmente para baixo com velocidade inicial de 10 m/s, de uma altura de 120 m. Desprezando a resistência do ar e considerando a aceleração da gravidade como 10 m/s², é correto afirmar, sobre o movimento desses dois corpos, que:

- a) Os dois chegam ao solo no mesmo instante.
- b) O corpo B chega ao solo 2 segundos antes que o corpo A.
- c) O corpo A chega ao solo 2 segundos antes que o corpo B.
- d) O corpo B chega ao solo 4 segundos antes que o corpo A.

Questão 2) Em um planeta, isento de atmosfera e onde a aceleração gravitacional em suas proximidades pode ser considerada constante igual a 5 m/s², um pequeno objeto é abandonado em queda livre de determinada altura, atingindo o solo após 8 segundos. Com essas informações, analise as afirmações:

- I. A cada segundo que passa, a velocidade do objeto aumenta em 5 m/s durante a queda.
- II. A cada segundo que passa, o deslocamento vertical do objeto é igual a 5 metros.
- III. A cada segundo que passa, a aceleração do objeto aumenta em 4 m/s² durante a queda.
- IV. A velocidade do objeto ao atingir o solo é igual a 40 m/s.

- a) Todas estão corretas.
- b) Apenas as afirmações II e III estão corretas.
- c) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- d) Apenas as afirmações I e IV estão corretas.

Questão 3) Duas bolas A e B, sendo a massa de A igual ao dobro da massa de B, são lançadas verticalmente para cima, a partir de um mesmo plano horizontal com velocidades iniciais. Desprezando-se a resistência que o ar pode oferecer, podemos afirmar que:

- a) O tempo de subida da bola A é maior que o tempo de subida da bola B.
- b) A bola A atinge altura menor que a B.
- c) A bola B volta ao ponto de partida num tempo menor que a bola A.
- d) As duas bolas atingem a mesma altura.

Questão 4) Um vaso de flores cai livremente do alto de um edifício. Após ter percorrido 320 cm, ele passa por um andar que mede 2,85 m de altura. Desprezando a resistência do ar, o tempo que ela gasta para passar por esse andar é:

- a) 1,0 s
- b) 0,8 s
- c) 0,3 s
- d) 1,2 s

Questão 5) Uma bola está em queda livre, então podemos dizer que no ponto mais alto de sua trajetória:

- a) A velocidade inicial da bola é máxima e a altura inicial é máxima.
- b) A velocidade inicial da bola é nula e a altura inicial é nula.
- c) A velocidade inicial da bola é máxima e a altura inicial é nula.
- d) A velocidade inicial da bola é nula e a altura inicial é máxima.

Questão 6) Uma maçã cai na cabeça de Isaac Newton de uma altura de 6 metros. Desprezando a resistência do ar, Newton calculou a velocidade com a qual a maçã caiu na sua cabeça. Ele encontrou:

- a) 11 m/s
- b) 13 m/s
- c) 15 m/s
- d) 17 m/s

Questão 7) Um experimento foi montado com o intuito de determinar o tempo de queda livre de corpos com tamanhos e massas distintas. Para isso, utilizou-se uma prateleira a 50 cm do chão, onde foram colocadas uma melancia, uma pera e uma cereja. Em um determinado instante, a prateleira foi removida, liberando todas as frutas simultaneamente. Considere o tempo de queda das frutas em questão como t_1 , t_2 e t_3 , respectivamente.

Desprezando-se as forças dissipativas, a relação entre os tempos de queda das frutas é

- a) $t_1 = t_2 = t_3$
- b) $t_1 > t_2 > t_3$
- c) $t_1 < t_2 < t_3$
- d) $t_1 > t_2 < t_3$

Questão 8) Uma moeda cai de um helicóptero que desce verticalmente enquanto o mesmo está a 100 m do solo. Sabendo que a moeda leva 4 segundos para atingir o solo, a velocidade de descida do helicóptero, no momento em que a moeda cai, é

- a) 20 m/s
- b) 15 m/s
- c) 10 m/s
- d) 5 m/s

Questão 9) O ex-atleta cubano Javier Sotomayor detém o recorde mundial de salto em altura desde 1993, quando alcançou 2,45 m de altura em Salamanca, na Espanha. Desprezando a resistência do ar, a duração do salto do atleta, em segundos, foi

- a) 0,8
- b) 1,6
- c) 0,7
- d) 1,4

Questão 10) Um professor lança uma esfera verticalmente para cima, a qual retorna, depois de alguns segundos, ao ponto de lançamento. Em seguida, lista em um quadro todas as possibilidades para as grandezas cinemáticas.

Grandeza cinemática	Módulo	Sentido
Velocidade	$v \neq 0$	Para cima
		Para baixo
	$v = 0$	Indefinido*
Aceleração	$a \neq 0$	Para cima
		Para baixo
	$a = 0$	Indefinido*

*Grandezas com módulo nulo não têm sentido definido.

Ele solicita aos alunos que analisem as grandezas cinemáticas no instante em que a esfera atinge a altura máxima, escolhendo uma combinação para os módulos e sentidos da velocidade e da aceleração.

A escolha que corresponde à combinação correta é

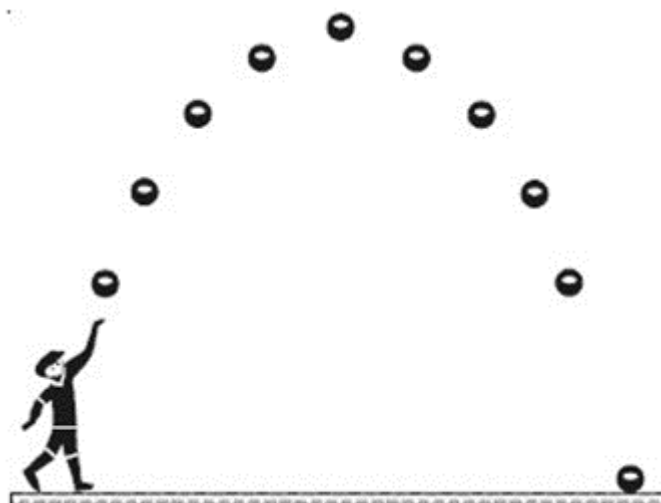
- a) $v = 0$ e $a \neq 0$ para cima.
- b) $v \neq 0$ para cima e $a = 0$
- c) $v = 0$ e $a \neq 0$ para baixo.
- d) $v \neq 0$ para cima e $a \neq 0$ para baixo

Respostas: 1-A 2-D 3-D 4-C 5-B 6-A 7-A 8-D 9-D 10-C

LANÇAMENTO OBLÍQUO

Aprendemos a analisar o movimento causado pela gravidade em apenas uma dimensão, verticalmente. No entanto, em geral, os lançamentos são feitos em duas dimensões, como nos esportes ou na balística.

Para lidar com isso, é necessário estudar o movimento bidimensional, isto é, que ocorre em duas dimensões, horizontal e vertical.



O cerne deste estudo é a **independência das velocidades**: se o objeto desenvolve dois movimentos em direções perpendiculares, o deslocamento numa direção é determinado apenas pela velocidade naquela direção.

Podemos ver, na imagem abaixo, que ambas as bolas desenvolvem o mesmo movimento vertical, tanto a bola que apenas cai quanto a bola que se move para a direita caem com a mesma aceleração.

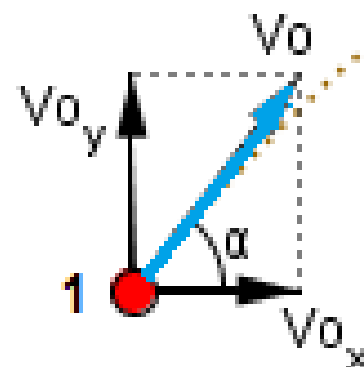


Com isso, podemos afirmar que para tratar de **lançamentos horizontais**, nos quais a velocidade inicial é apenas horizontal, basta analisarmos um caso de queda livre na vertical e um caso de MRU na horizontal. Para **lançamentos oblíquos**, em que a velocidade inicial é diagonal, isto é, tem componente vertical e horizontal, tratamos de maneira semelhante: analisamos um caso de MRU na horizontal e, desta vez, um lançamento vertical.

Há, assim como na seção anterior, mudanças de nomenclatura, pois podemos pensar no deslocamento horizontal como um **alcance** do objeto, adicionando aos novos nomes do lançamento.

Lembramos que, para determinar as velocidades iniciais em cada dimensão, é necessário utilizar da decomposição de vetores, resultando em:

$$v_{oy} = v_o \sin(\alpha) \quad v_x = v_o \cos(\alpha)$$



EXERCÍCIOS

Questão 1) Um jogador em uma partida de futebol lança uma bola para cima, formando um ângulo de 60° com a horizontal. Sabendo que a velocidade na altura máxima é 20 m/s, desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$ podemos afirmar que a velocidade de lançamento da bola, em m/s, foi de

- a) 10
- b) 20
- c) 30
- d) 40

Questão 2) Uma bola cai rolando para fora de uma mesa horizontal de 1,25 m de altura e atinge o solo a 2,5 m da mesma mesa. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a velocidade da bola no instante em que ela caiu da mesa, em m/s, foi de

- a) 1
- b) 2
- c) 5
- d) 10

Questão 3) Um canhão empastado no alto de uma torre de 80 m lança um projétil com velocidade inicial de 15 m/s. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, o alcance desse projétil, em metros, foi de

- a) 15
- b) 60

- c) 96
- d) 360

Questão 4) Numa partida de futebol, um jogador cobra uma falta de modo que a bola foi lançada com um ângulo de 30° com o gramado. A bola alcança uma altura de 5 metros. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a velocidade inicial com que o jogador chutou a bola, em m/s, foi de

- a) 5
- b) 10
- c) 20
- d) 40

Questão 5) Um obus é um tipo de artilharia que se caracteriza por um tubo curto para disparar projéteis explosivos em trajetórias curvas. Ao testar um obus antigo, um historiador lança um projétil a um ângulo de 45° com a horizontal, que explode a 360 m do obus. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a velocidade de lançamento do projétil, em m/s, foi de aproximadamente

- a) 36
- b) 85
- c) 126
- d) 252

Questão 6) Um projétil é lançado horizontalmente de uma altura de 20 m, com uma velocidade inicial de 15 m/s. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, o alcance desse projétil, em m, será de

- a) 10
- b) 15
- c) 30
- d) 60

Questão 7) Uma esfera de aço rola a 10 m/s até cair de um penhasco de 125 m em direção ao mar. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a distância entre o penhasco e a esfera quando a mesma atinge o mar é de

- a) 25 m
- b) 50 m
- c) 100 m
- d) 125 m

Questão 8) Nos quadrinhos da Turma da Mônica, Mônica utiliza Sansão, seu coelho de pelúcia, como arma contra Cebolinha, que está a 90 m dela. Para atingi-lo, Mônica lança Sansão com um ângulo de 60° com a horizontal, atingindo Cebolinha depois de 10 segundos. Desprezando a resistência do ar e assumindo a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$, a velocidade com que Mônica lançou Sansão, em m/s, foi de

- a) 9
- b) 10
- c) 18
- d) 20

Respostas: 1-D 2-C 3-B 4-C 5-B 6-C 7-B 8-C

2.2 - DINÂMICA

No capítulo 2.1, estudamos o movimento e como compreendê-lo, mas não nos indagamos sobre qual seria sua causa. Neste capítulo, no entanto, esta é a questão com a qual nos ocuparemos: O que causa o movimento?

Essa pergunta foi respondida pelo célebre físico Isaac Newton (1643 - 1727), que, baseado em seus experimentos, formulou três princípios fundamentais do movimento, que receberam o nome “Leis do Movimento”, mas são mais conhecidas em homenagem ao seu criador, como “Leis de Newton”.

Com elas, iremos estudar situações em que as forças de um objeto o mantêm em **equilíbrio**, e após, estudar a origem do movimento.

O que é uma força?

Antes de estudarmos as leis de Newton, é necessário entender o conceito com o qual as leis trabalham: a força. Temos uma ideia intuitiva do que é força pela experiência: fazemos força num carrinho de compras para o empurrar, ou numa pedra para a levantar. É perceptível, também, que para definir corretamente uma força, é necessário explicitar a direção e o sentido, ou seja, a força é uma grandeza vetorial. A unidade utilizada para medir força no SI é o Newton (N).

AS LEIS DE NEWTON

A primeira lei de Newton afirma que “Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar tal estado por forças aplicadas sobre ele.” Essa propriedade, de resistência a uma mudança, é chamada de **inércia**. Quando não há força sobre um corpo, é dito que ele está em **equilíbrio**, pois a inércia do corpo o mantém no mesmo estado.

No entanto, há situações em que, mesmo sob o efeito de forças, um corpo pode ainda estar em equilíbrio. Uma maçã numa árvore, apesar de sofrer ação da força gravitacional, continua parada pois seu ramo a sustenta. Um cabo de guerra empatado não se mexe, apesar de ambos os times exercerem força sobre ele. Para compreender essas situações, é necessário revisitarmos a noção de força como uma grandeza vetorial, para definir a ideia de uma **força resultante**.

A força resultante nada mais é do que a soma vetorial de todas as forças que agem sobre o objeto. Na imagem ao lado, as forças F_1 e F_2 aplicadas ao objeto podem ser substituídas por uma única força F_r , denominada **Força Resultante** de F_1 e F_2 .

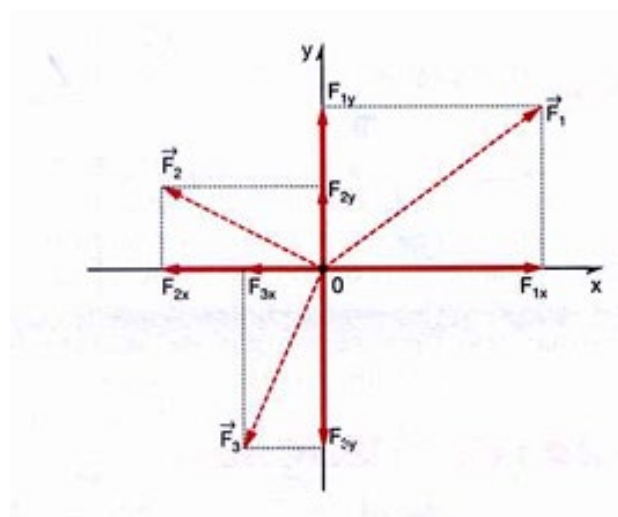
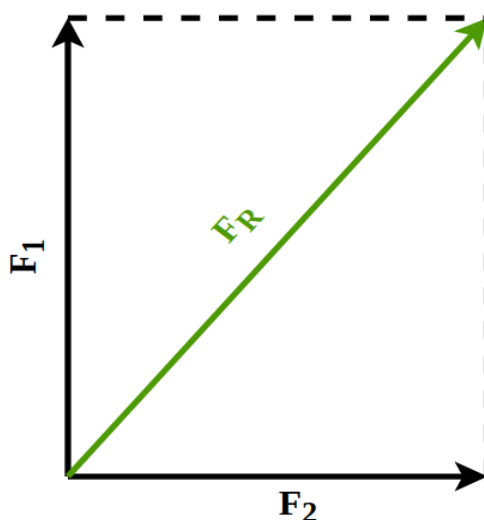
De maneira mais geral, para qualquer quantidade de forças, a força resultante será a soma vetorial de todas, denominada como ΣF . O símbolo Σ é a letra grega “sigma”, e ela representa um somatório de vários termos.

Para a condição de equilíbrio, a força que deve ser anulada é a força resultante. A maçã que está na árvore sofre uma força gravitacional para baixo e uma força de tensão de seu ramo para cima, de tal forma que as forças se cancelam e a força resultante sobre a maçã é nula.

Para realizar uma análise completa, no entanto, é necessário resgatar a concepção de decomposição de vetores, e utilizá-la para separar todas as forças sobre o objeto nas duas dimensões, vertical e horizontal. Com isso, temos equações escalares para as forças, e podemos verificar se elas se cancelam em cada dimensão, da forma:

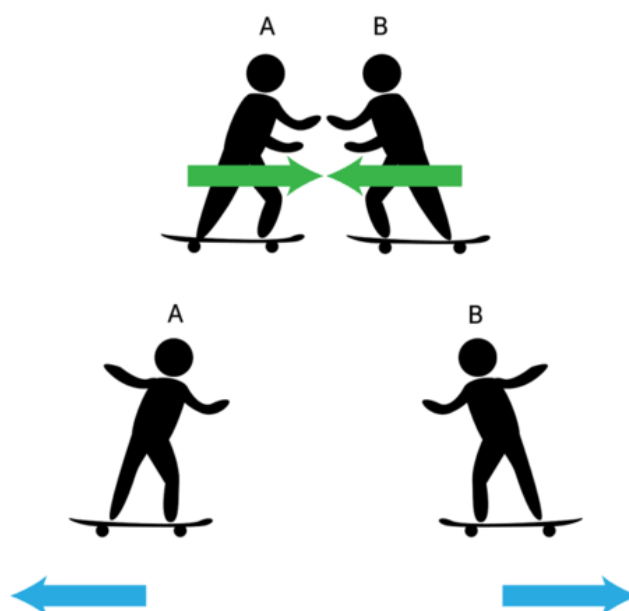
$$\Sigma F_x = 0 \text{ e } \Sigma F_y = 0$$

Uma ferramenta útil no estudo do equilíbrio, e no estudo de forças em geral, é o **diagrama de forças**. Para construí-lo, desenhamos a partícula como a origem de um plano cartesiano e traçamos as forças como vetores tendo origem no ponto. Desta forma, podemos decompor as componentes verticais e horizontais, para somá-las e verificar a condição de equilíbrio.



Vale ressaltar que estamos tratando de um sistema com apenas um corpo, e forças agindo sobre ele. Para tratar de dois corpos, que interagem entre si por meio de uma força, é necessário estudar a Terceira Lei de Newton, que diz “A toda ação há sempre uma reação oposta e de igual intensidade: as ações mútuas de dois corpos, um sobre o outro, são sempre iguais e dirigidas em sentidos opostos”.

Ou seja, quando um corpo A realiza uma força sobre um outro corpo B, o corpo B realiza uma outra força, de mesma intensidade (módulo) e mesma direção, mas de sentido oposto, sobre o corpo A.



Vimos pela primeira lei de Newton que se a resultante das forças que atuam num corpo for nula, o corpo estará em equilíbrio, e não terá aceleração. Então, faz sentido afirmar que se houver força resultante, haverá aceleração, e isso é exatamente o que a segunda lei de Newton afirma. “A aceleração é proporcional à força motora aplicada, e é produzida na direção e sentido nos quais tal força é aplicada”. Com seus experimentos, Newton não só percebeu que estas grandezas estão relacionadas, mas que são proporcionais, e que sua proporção é a massa do corpo:

$$\frac{Fr}{a} = m$$

Ou na sua forma mais comum:

$$Fr = ma$$

FORÇAS CONHECIDAS

Agora que conhecemos as três leis de Newton e, portanto, entendemos como as forças funcionam, podemos conhecer diversas forças notáveis da física, que vemos no nosso cotidiano.

Peso

Peso é o nome dado pelos físicos para a força responsável pela gravidade na superfície da Terra. Se um corpo for abandonado de uma certa altura na superfície da Terra, ele cairá por ação de seu Peso. Caso seja a única força que atua sobre o corpo, o Peso causará uma aceleração que é a gravidade, portanto, pela segunda lei de Newton, temos:

$$P = mg$$

Tração

Tração é a força feita por cordas, barbantes ou outros fios inextensíveis, isto é, que não são elásticos. A tração age como uma transmissão de forças, e é utilizada em vários mecanismos, como polias e roldanas.

Força Normal e Força de Atrito

As chamadas Forças de Contato ocorrem quando dois corpos entram em contato um com o outro, ou quando um corpo entra em contato com uma superfície. A força normal é a força de repulsão que ocorre perpendicularmente ao plano de contato, ou à superfície, enquanto o atrito ocorre paralelamente ao plano de contato ou à superfície.

Vale ressaltar que o atrito apenas existe quando há movimento ou tendência de movimento, como uma pessoa empurrando um bloco pesado demais. Quando há o movimento, o chamamos de **atrito cinético**, e quando o objeto está parado mas há uma tendência de movimento, o chamamos de **atrito estático**. Em ambos os casos, o atrito pode ser descrito como:

$$F_{at} = \mu \cdot N$$

Onde F_{at} é a força de atrito, N é a normal e μ é o coeficiente de atrito.

Força Elástica

Uma mola, ao ser comprimida ou esticada, exerce uma força para voltar ao seu estado de equilíbrio. Não só isso, como a força que a mola exerce para voltar ao equilíbrio é diretamente proporcional ao quanto ela está sendo deformada. Com essas observações, o físico Robert Hooke (1635-1703) desenvolveu sua teoria, chamada Lei de Hooke, para a deformação das molas:

$$F_{el} = -k \cdot \Delta S$$

Onde F_{el} é a força elástica, k é a constante elástica da mola e ΔS é a deformação.

Note que, para qualquer deformação, a força exercida é na direção oposta: caso a mola seja comprimida, a força exercida é feita para a esticar, e vice-versa. Por isso, a Lei de Hooke inclui um sinal negativo, demonstrando essa oposição.

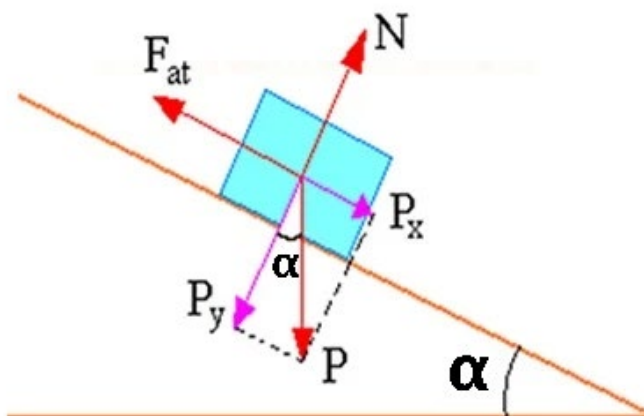
O PLANO INCLINADO

Um caso especial dessas forças muito conhecido e estudado é o plano inclinado, presente no cotidiano em declives, rampas e escadas. Para analisarmos o plano inclinado, é necessária uma mudança de referencial: ao invés de considerar o eixo x na horizontal, usaremos o próprio plano inclinado como eixo x. Fazemos isso pois assim a Normal e o Atrito estarão alinhadas, e precisaremos decompor apenas o Peso.

Na imagem ao lado, temos um plano inclinado a um ângulo α . Utilizando semelhança de triângulos, conseguimos aferir que o ângulo entre o Peso e o nosso eixo y também é α , de tal forma que podemos decompor o Peso como:

$$P_x = P \sin(\alpha)$$

$$P_y = P \cos(\alpha)$$



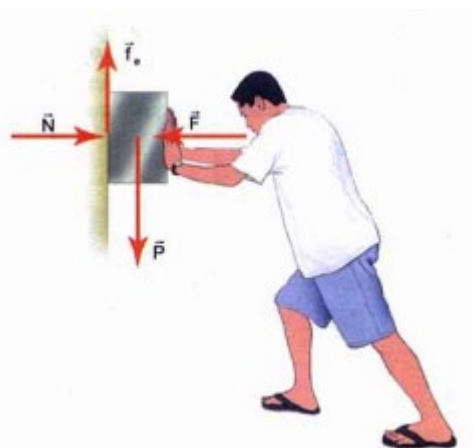
EXERCÍCIOS

Questão 1) Uma motocicleta de 500 kg encontra-se em repouso e passa a acelerar uma taxa constante de $0,2 \text{ m/s}^2$, durante um intervalo de tempo de 5,0 segundos. Determine a intensidade da força exercida sobre essa motocicleta.

- a) 250 N
- b) 2500 N
- c) 100 N
- d) 1000 N

Questão 2) Um bloco é comprimido contra uma parede por uma força $\vec{F}$, como mostra a figura. Assinale a alternativa incorreta.

- a) A parede exerce sobre o bloco uma reação normal de mesmo módulo e de sentido contrário a $\vec{F}$
- b) Se o bloco está em repouso, existe uma força dirigida para cima atuando sobre ele.
- c) Se o peso do bloco for maior que $\vec{F}$, o bloco cairá.
- d) Se o módulo de $\vec{F}$ for nulo, o objeto não estará em equilíbrio.



Questão 3) Um caminhão de 4000 kg acelera, partindo do repouso, até atingir uma velocidade de 20 m/s, tendo percorrido uma distância de 200 m. A força média responsável por impulsionar esse caminhão foi de:

- a) 2000 N
- b) 4000 N
- c) 1500 N
- d) 3000 N

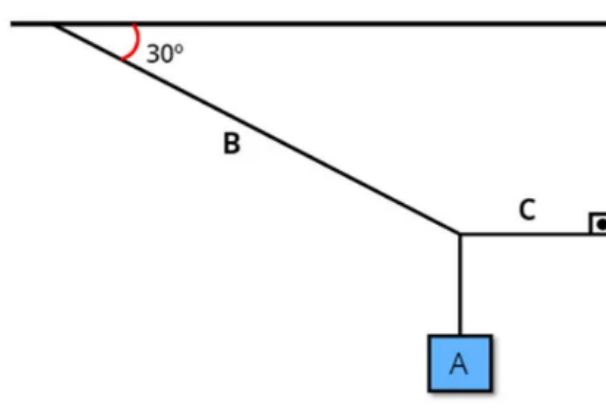
Questão 4) Um pássaro está em pé sobre uma das mãos de um garoto. É CORRETO afirmar que a reação à força que o pássaro exerce sobre a mão do garoto é:

- a) A força da Terra sobre o pássaro
- b) A força do pássaro sobre a Terra
- c) A força da Terra sobre a mão do garoto

d) A força da mão do garoto sobre o pássaro

Questão 5) Uma caixa A, de peso 300 N, é suspensa por duas cordas B conforme a figura a seguir. Determine módulo da tração na corda B

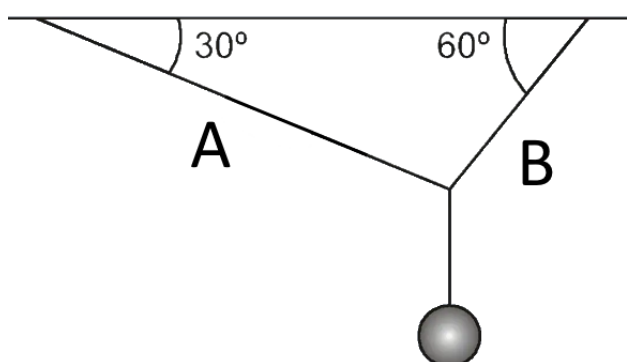
- a) 150 N
- b) 260 N
- c) 350 N
- d) 600 N



igual a
e C
o

Questão 6) A força que a corda A é de 10 N. O peso, em newtons, da pendurada é:

- a) 10
- b) $10\sqrt{3}$
- c) 20
- d) $20\sqrt{3}$



exerce
esfera

Questão 7) Sobre a 2ª lei de Newton, assinale a alternativa correta.

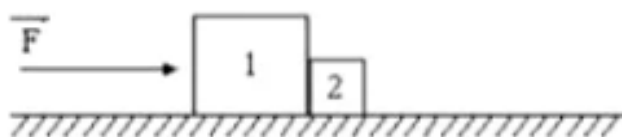
- a) A força resultante sobre um corpo é nula caso esse corpo se mova com aceleração constante
- b) A força resultante sobre um corpo é igual ao produto de sua massa pela sua aceleração
- c) Se a força resultante sobre um corpo for nula, esse corpo estará em repouso
- d) Se a força resultante sobre um corpo for nula, esse corpo se moverá com velocidade constante

Questão 8) Duas forças A e B, de módulos 20 N e 40 N, respectivamente, atuam em sentidos opostos sobre um corpo de 20 kg. A aceleração deste corpo após a aplicação das forças é de:

- a) $1,0 \text{ m/s}^2$, no sentido de B
- b) $1,0 \text{ m/s}^2$, no sentido de A
- c) $3,0 \text{ m/s}^2$, no sentido de B
- d) $3,0 \text{ m/s}^2$, no sentido de A

Questão 9) O bloco 1, de 4 kg, e o bloco 2, de 1 kg, representados na figura, estão justapostos e apoiados sobre uma superfície plana e horizontal. Eles são acelerados pela força $\vec{F}$ horizontal, de módulo igual a 10 N, aplicada ao bloco 1 e passam a deslizar sobre a superfície com atrito desprezível. Qual a direção da força que o bloco 2 faz sobre o bloco 1?

- a) $\rightarrow$
- b) $\leftarrow$
- c) $\uparrow$
- d) $\downarrow$



Questão 10) Um corpo de massa m é submetido a uma força resultante de módulo F , adquirindo aceleração a . A força resultante que se deve aplicar a um corpo de massa $m/2$ para que ele adquira aceleração $4a$ deve ter módulo:

- a) $F/2$
- b) F
- c) $2F$
- d) $4F$

Questão 11) Uma caixa de massa M é levantada por um guindaste contendo uma roldana fixa. Sabendo que o guindaste faz uma força de 2000 N para levantar essa caixa, calcule a massa dela em quilogramas. Considere a aceleração da gravidade como 10 m/s^2 .

- a) 200
- b) 250
- c) 300
- d) 350

Questão 12) Quatro molas foram fixadas a uma haste horizontal e, em suas extremidades livres, foram fixados corpos com diferentes massas. Observe na tabela os valores tanto das constantes elásticas K das molas quanto das massas dos corpos. A mola que apresentou maior deformação está identificada pelo seguinte número:

MOLA	K (N/cm)	MASSA DO CORPO FIXADO (kg)
I	0,9	0,9
II	0,8	1,2
III	0,6	1,8
IV	0,7	1,4

- a) I
- b) II
- c) III
- d) IV

Questão 13) Uma pessoa de massa igual a 80 kg encontra-se em repouso, em pé sobre o solo, pressionando perpendicularmente uma parede com uma força de magnitude igual a 120 N. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 , o coeficiente de atrito entre o solo e o pé da pessoa é da ordem de:

- a) 0,15
- b) 0,36
- c) 0,67
- d) 1,28

Questão 14) Um bloco de madeira encontra-se em equilíbrio sobre um plano inclinado de 45° em relação ao solo. A intensidade da força que o bloco exerce perpendicularmente ao plano inclinado é igual a 2,0 N.

A intensidade da força de atrito entre o bloco e o plano, em N, é:

- a) 0,7
- b) 1,0
- c) 1,4
- d) 2,0

Questão 15) Na antiguidade, algumas pessoas acreditavam que, no lançamento oblíquo de um objeto, a resultante das forças que atuavam sobre ele tinha o mesmo sentido da velocidade em todos os instantes do movimento. Isso não está de acordo com as interpretações científicas atualmente utilizadas para explicar esse fenômeno.

Desprezando a resistência do ar, qual é a direção e o sentido do vetor força resultante que atua sobre o objeto no ponto mais alto da trajetória?

- a) Indefinido, pois ele é nulo, assim como a velocidade vertical nesse ponto.
- b) Vertical para baixo, pois somente o peso está presente durante o movimento.
- c) Horizontal no sentido do movimento, pois devido à inércia o objeto mantém seu movimento.
- d) Inclinado na direção do lançamento, pois a força inicial que atua sobre o objeto é constante.

Questão 16) Em 1543, Nicolau Copérnico publicou um livro revolucionário em que propunha a Terra girando em torno do seu próprio eixo e rodando em torno do Sol. Isso contraria a concepção aristotélica, que acredita que a Terra é o centro do universo. Para os aristotélicos, se a Terra gira do oeste para o leste, coisas como nuvens e pássaros, que não estão presas à Terra, pareceriam estar sempre se movendo do leste para o oeste, justamente como o Sol. Mas foi Galileu Galilei que, em 1632, baseando-se em experiências, rebateu a crítica aristotélica, confirmando assim o sistema de Copérnico. Seu argumento, adaptado para a nossa época, é se uma pessoa, dentro de um vagão de trem em repouso, solta uma bola, ela cai junto a seus pés. Mas se o vagão estiver se movendo com velocidade constante, a bola também cai junto a seus pés. Isto porque a bola, enquanto cai, continua a compartilhar do movimento do vagão.

O princípio usado por Galileu para rebater o argumento aristotélico foi

- a) a lei da inércia.
- b) ação e reação.
- c) a segunda lei de Newton.
- d) a conservação da energia.

Questão 17) Um corpo de massa m está sujeito à ação de uma força F que o desloca segundo um eixo vertical em sentido contrário ao da gravidade. Se esse corpo se move com velocidade constante, é porque

- a) a força F é maior do que a da gravidade.
- b) a força resultante sobre o corpo é nula.
- c) a força F é menor do que a gravidade.
- d) a diferença entre os módulos das duas forças é diferente de zero.

Respostas: 1-C 2-C 3-B 4-D 5-D 6-C 7-B 8-A 9-B 10-C 11-A 12-C 13-A 14-D 15-B 16-A 17-B

2.3 - LEIS DE CONSERVAÇÃO

No capítulo anterior, aprendemos que o que gera aceleração é a força, a causa do movimento, e aprendemos como as forças funcionam, analisando diversos cenários. Neste capítulo, veremos como analisar os mesmos cenários, e alguns outros, utilizando uma outra estratégia, a ideia de **conservação**.

ENERGIA E TRABALHO

A **energia**, medida em Joules (J), é um dos conceitos mais importantes da Física e, pelo seu uso no cotidiano, temos uma certa noção do que significa. Na Física, podemos dizer que a energia é a **capacidade de causar movimento**, ou seja, se um corpo pode se mover, ele tem alguma forma de energia.

Quando um goleiro salta para pegar uma bola, ele é capaz de fazer isso graças à energia fornecida pela sua alimentação. Quando uma turbina é movida num gerador, a ela é fornecida energia, pelo vapor esquentado numa caldeira queimando carvão ou num reator nuclear.

A energia existe em várias formas, como a energia química dos alimentos ou do carvão e a energia nuclear do combustível do reator. Atualmente, uma das energias mais utilizadas é a energia elétrica, ao ponto de que o termo “energia” se tornou sinônimo de eletricidade. No entanto, todas as formas de energia podem se transformar entre si por processos diferentes, pois a **energia nunca se perde**, ela apenas se transforma.



No entanto, trataremos apenas de fenômenos mecânicos nessa apostila. Um objeto que está em movimento é capaz de causar movimento, ao colidir por exemplo, e portanto tem energia. Denominamos a energia associada ao próprio movimento do objeto como **energia cinética**, e ela é da forma:

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

Onde E_c é a energia cinética, m é a massa e v é a velocidade.

Como a energia cinética é proporcional à velocidade (para ser mais exato, ao seu quadrado), sabemos que a aplicação de uma força, por aumentar a velocidade, também aumentará a energia cinética. Esse aumento (ou diminuição) de energia por uma força é denominado **trabalho**, e podemos encontrar uma expressão para ele.

Assumindo que um corpo sofre efeito de uma força resultante F_r na parte de sua trajetória retilínea, o trabalho feito por tal força resultante é:

$$\begin{aligned} T &= E_c - E_{c_o} \Rightarrow T = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_o^2}{2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow T = \frac{m}{2}(v^2 - v_o^2) \end{aligned}$$

Podemos utilizar nossos conhecimentos de MRUV, onde vimos que

$$v^2 = v_o^2 + 2a\Delta S \Rightarrow v^2 - v_o^2 = 2a\Delta S$$

Utilizando isso na nossa expressão para o trabalho, temos:

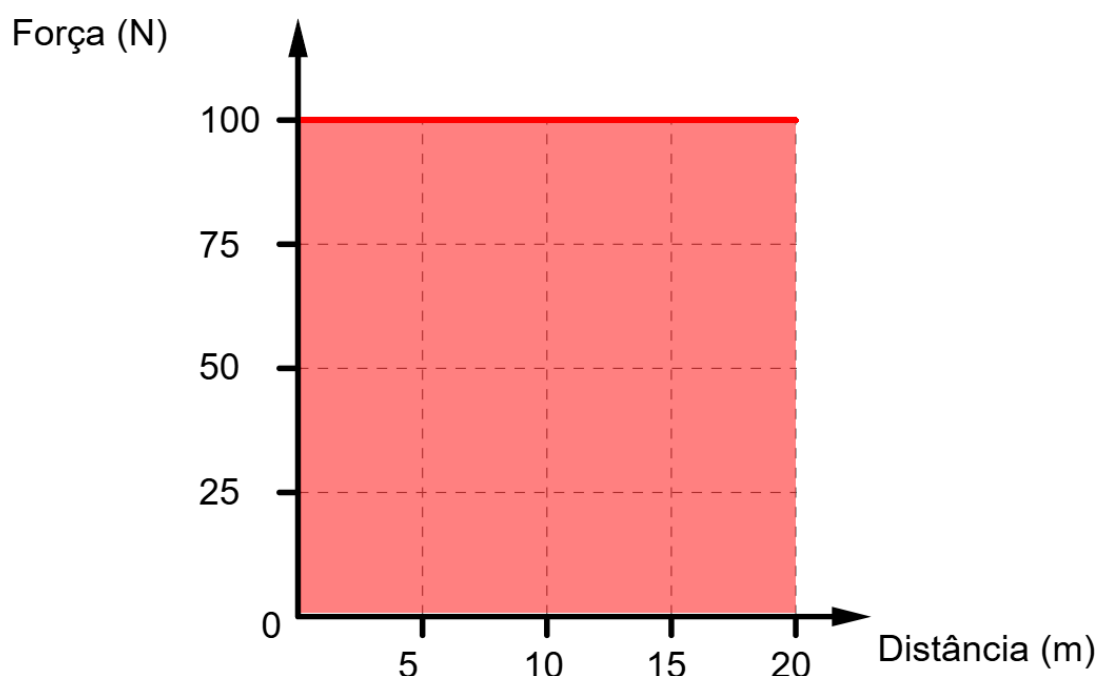
$$T = \frac{m}{2} 2a\Delta S \Rightarrow T = ma\Delta S$$

Lembrando a segunda lei de Newton, nós conseguimos chegar à expressão que relaciona o trabalho à força:

$$T = F \cdot \Delta S$$

Agora, munidos do conceito de **trabalho**, podemos corrigir uma breve simplificação feita: a definição de energia é a capacidade de fazer trabalho.

Da mesma maneira que, por $\Delta S = v\Delta t$, a área abaixo da curva num gráfico $v \times t$ representa o deslocamento, pela expressão do trabalho aferimos que num gráfico $F \times S$, a área abaixo da curva representa o trabalho.



No gráfico acima, a área abaixo da curva representa o trabalho realizado pela força. Quando o corpo atinge 20 m em sua trajetória, sabemos que a força realizou 300 J de trabalho sobre o objeto.

Podemos ver que há nuances não capturadas na nossa definição de trabalho, pois não há nenhuma menção do tempo durante o qual a força foi aplicada, o que significa que a grandeza do trabalho não diferencia uma pessoa empurrando uma bola que rola 5 metros e uma pessoa, fazendo a mesma força e no mesmo percurso, empurrando um botijão de gás.

Para explicar a diferença entre ambos cenários, é necessário pensar num novo conceito, a **potência** (P), medida em Watts (W), que nada mais é uma medida de quanto trabalho é feito por uma força num intervalo de tempo:

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

Com a expressão para o trabalho, também podemos desenvolver que:

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

Onde relacionamos com a velocidade v do objeto por meio de $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$.

Outra forma de energia que existe é a **energia potencial**, uma forma de energia que é capaz de causar movimento não pelo movimento em si, mas por uma outra característica do corpo. Os dois casos que serão estudados nesta apostila são a energia armazenada num **campo gravitacional** e a energia armazenada numa **mola**.

A primeira, denominada **energia potencial gravitacional**, está diretamente relacionada com a posição do corpo com relação ao campo gravitacional da terra, ou em palavras mais simples, sua altura.

Sabemos que um corpo que começa parado e cai uma altura h terá uma energia cinética igual ao trabalho realizado pelo Peso, que é a força resultante, pois é a única força que age sobre o corpo. Portanto, o corpo ao cair uma altura h terá energia cinética:

$$E_c = mgh$$

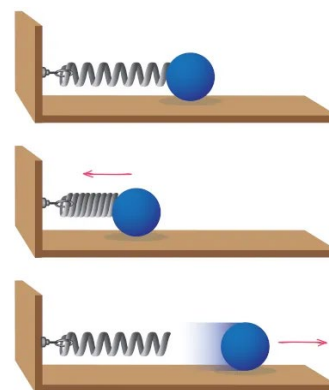
Como a energia se transforma, sabemos que antes de cair essa altura h , essa mesma quantidade de energia estava guardada na partícula. Logo, a energia potencial gravitacional é igual a energia cinética.

$$E_{pg} = mgh$$

A energia também pode ser acumulada em uma mola deformada. O trabalho realizado para comprimir ou esticar uma mola fica armazenado na mola como **energia potencial elástica** e se mantém armazenado.

Sabendo que a área abaixo da curva num gráfico $F \times S$ representa o trabalho realizado, podemos provar que a energia potencial elástica pode ser expressa como:

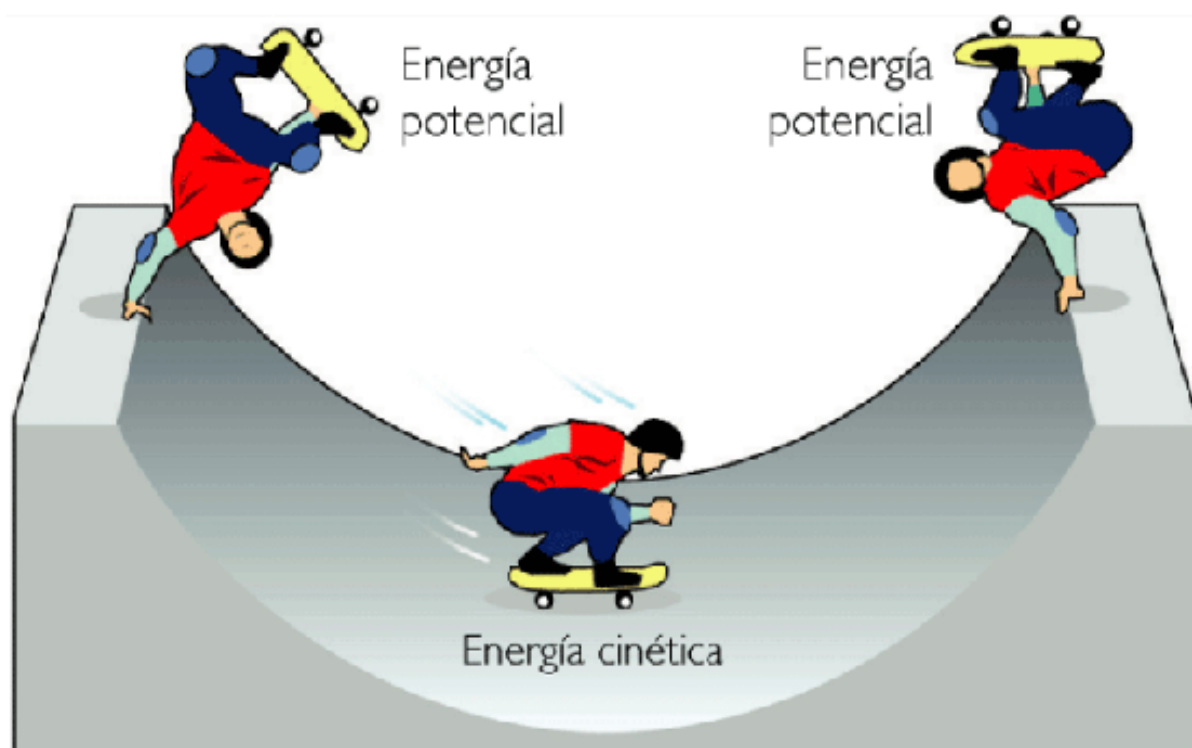
$$E_{pel} = \frac{kx^2}{2}$$



No início deste capítulo, foi dito que a energia nunca se perde e apenas se transforma. O resultado dessa característica da energia na mecânica é que a energia é uma quantidade **conservada**, isto é, obedece a uma **lei de conservação**.

No caso da mecânica, a lei de conservação trata da conversão entre energia cinética e energia potencial. A soma da energia cinética de um objeto com a energia potencial do mesmo objeto é denominada **energia mecânica**, e é conservada, ou seja, constante durante todo o percurso.

$$E_c + E_p = E_{c_o} + E_{p_o}$$



EXERCÍCIOS

Questão 1) O projeto DART (do inglês, “Teste de Redirecionamento de Asteroides Duplos”) é um projeto para desviar a trajetória de um asteroide através da colisão com uma sonda especialmente enviada para esse fim. A previsão é de que a sonda terá 300 kg e atingirá qualquer asteroide alvo a 6 km/s. Assim, a energia cinética da sonda antes da colisão será igual a:

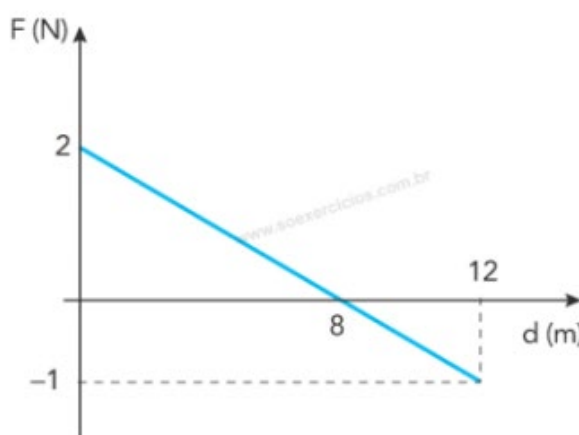
- a) $1,8 \times 10^3 \text{ J}$
- b) $5,4 \times 10^3 \text{ J}$
- c) $1,8 \times 10^6 \text{ J}$
- d) $5,4 \times 10^9 \text{ J}$

Questão 2) Determinado atleta usa 25% da energia cinética obtida na corrida para realizar um salto em altura sem vara. Se ele atingiu a velocidade de 10 m/s, considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, a altura atingida em razão da conversão de energia cinética em potencial gravitacional é:

- a) 1,25 m
- b) 2,5 m
- c) 3,75 m
- d) 5 m

Questão 3) O gráfico ao lado indica a variação da força F que atua em um objeto numa trajetória retilínea ao longo de um deslocamento de 12 m. Determine o trabalho realizado por F nesse deslocamento.

- a) 6 J
- b) 8 J
- c) 10 J
- d) 12 J



Questão 4) Para analisar a queda dos corpos, um estudante abandona, simultaneamente, duas esferas maciças, uma de madeira e outra de aço, de uma mesma altura em relação ao solo

horizontal. Se a massa da esfera de aço fosse maior do que a massa da esfera de madeira e não houvesse resistência do ar, nesse experimento:

- a) A esfera de madeira chegaria ao solo com menor velocidade do que a do aço
- b) As duas esferas chegariam ao solo com a mesma energia mecânica
- c) A esfera de aço chegaria primeiro ao solo
- d) A esfera de aço chegaria ao solo com mais energia cinética do que a de madeira

Questão 5) Em quanto tempo um elevador com motor de 200 W é capaz de erguer uma massa de 8 kg a uma altura de 5 metros?. Considere a aceleração da gravidade $10,0 \text{ m/s}^2$.

- a) 1 s
- b) 2 s
- c) 3 s
- d) 4 s

Questão 6) Alguns carrinhos são movidos a corda. Neles, uma mola no interior é comprimida quando a criança puxa o carrinho para trás. Ao ser solto, o carrinho entra em movimento enquanto a mola volta à sua forma inicial. O processo de conversão de energia que ocorre no carrinho descrito também é verificado em:

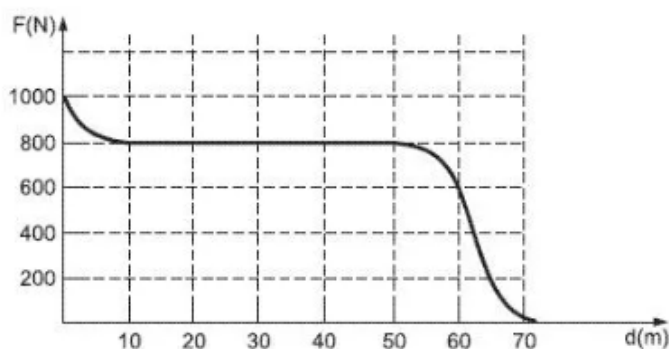
- a) Engrenagem
- b) Estilingue
- c) Usina Hidroelétrica
- d) Freio de Automóvel

Questão 7) Em uma rodovia plana, um carro se move a 72 km/h no instante em que a potência do seu motor é 120 kW. Sabendo que o carro pesa 2000 kg, determine a aceleração do carro nesse instante.

- a) 2 m/s^2
- b) 3 m/s^2
- c) 4 m/s^2
- d) 5 m/s^2

Questão 8) A tração animal é, possivelmente, a primeira fonte externa de energia usada pelo ser humano. Na antiguidade, bois eram usados para puxar arados e lavrar um terreno para o

plantio. O gráfico ao lado mostra a força de tração exercida por um boi como função do deslocamento do arado que ele carrega. Determine o trabalho feito pelo boi no período em que ele puxa com força constante.

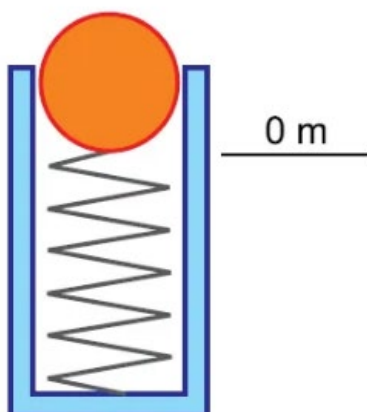


- a) 16 kJ
- b) 24 kJ
- c) 32 kJ
- d) 40 kJ

Questão 9) Um objeto de 4,0 kg colide horizontalmente com uma mola relaxada, de constante elástica de 100 N/m. Esse choque a comprime 1,6 cm. Qual é a velocidade, em m/s, desse objeto antes de se chocar com a mola?

- a) 0,02
- b) 0,08
- c) 0,16
- d) 0,40

Questão 10) A figura mostra uma esfera de 250 g em repouso, apoiada sobre uma mola ideal comprimida. Ao ser liberada, a mola transfere 50 J à esfera, que inicia, a partir do repouso e da altura indicada na figura, um movimento vertical para cima. Determine a altura máxima que a esfera alcança em relação a sua altura de partida. Despreze a resistência do ar e considere $g = 10 \text{ m/s}^2$



- a) 40 m
- b) 25 m
- c) 20 m
- d) 10 m

Respostas: 1-D 2-A 3-A 4-D 5-B 6-B 7-B 8-C 9-B 10-C

IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

Uma bola de isopor e uma bola de aço, ambas rolando a uma velocidade de 10 m/s numa superfície sem atrito, irão realizar um movimento uniforme, segundo a lei da inércia. No entanto, para frear por completo a bola de aço em 2 segundos é necessária uma força muito maior do que para a bola de isopor. Podemos dizer, de certa forma, que a velocidade da bola de aço “vale mais”, pois ela é mais difícil de ser parada, por ser mais pesada.

Por isso, na física definimos o conceito de **quantidade de movimento**(q), também denominado **momento linear**, como o produto da massa pela velocidade:

$$q = mv$$

Quando um jogador de vôlei faz um saque ou quando um tenista rebate a bola com a raquete, eles aplicam uma força sobre a bola num intervalo curto de tempo, causando uma aceleração e mudando sua velocidade. Podemos pensar então, que a força da raquete ou da mão fornece quantidade de movimento à bola, assim causando uma **variação da quantidade de movimento**(Δq), também chamada de **Impulso**(I).

Conhecemos, no entanto, a segunda lei de Newton, e com ela, podemos chegar a uma expressão precisa de como essa variação da quantidade de movimento é expressada na física:

$$F = ma \Rightarrow F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F \cdot \Delta t = m \Delta v$$

Se a massa da partícula é constante, temos que $m \Delta v = \Delta q$, logo:

$$\Delta q = F \cdot \Delta t \text{ ou } I = F \cdot \Delta t$$

Com isso, temos uma expressão que relaciona diretamente a força exercida sobre um corpo com a quantidade de movimento que é fornecida a esse corpo: quanto mais tempo a força é exercida, mais a quantidade de movimento aumenta.

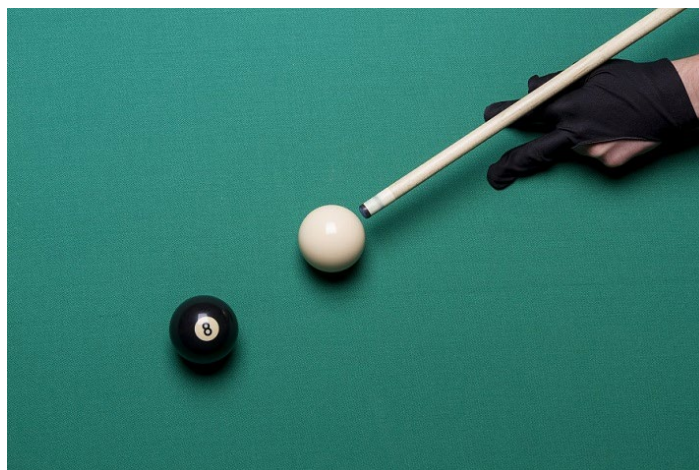
A quantidade de movimento é útil para a análise de problemas físicos, pois ela tem propriedades interessantes quando analisamos seus efeitos na terceira lei de Newton. Quando

dois corpos, A e B, colidem, a força que A faz em B tem a mesma intensidade que a força que B faz em A, mas é feita no sentido contrário:

$$F_{AB} = -F_{BA}$$

Além disso, como a colisão demora o mesmo tempo para ambos corpos, podemos afirmar que o Impulso que A faz em B também tem mesma intensidade e sentido oposto ao que B faz em A, e portanto, podemos afirmar que a quantidade de movimento que A “perdeu” é a quantidade de movimento que B “ganhou”.

Numa mesa de sinuca podemos ver esse fenômeno acontecendo, quando a bola branca é atingida por um taco, ela ganha uma quantidade de movimento. Depois, quando a bola branca bate numa bola preta, a branca fornece toda sua quantidade de movimento para a preta e fica completamente parada.



Isso significa que, quando consideramos partículas interagindo entre si, isto é, sem forças externas (como a tacada no caso da sinuca), a soma das quantidades de movimento de todas as partículas continua a mesma, ou seja, **se conserva**.

$$\Delta q_1 + \Delta q_2 + \dots = 0$$

A conservação da quantidade de movimento é utilizada amplamente no estudo de colisões, em que forças muito grandes agem por muito pouco tempo, tendo um grande impulso. No entanto, para analisarmos por completo as colisões, são necessários conhecimentos da

seção passada sobre conservação de energia. Colisões em que a energia é conservada são chamadas de **colisões elásticas**, caso contrário, são chamadas de **colisões inelásticas**.

EXERCÍCIOS

Questão 1) As chamadas estrelas cadentes nada mais são que meteoros. Esses pedaços de rocha são atraídos pelo campo gravitacional da Terra e incandescem no atrito com a atmosfera. Admita que um meteoro, ao penetrar na atmosfera terrestre, tenha, em determinado instante, massa de 10 kg e velocidade de 252.000 km/h. Nessas condições, a quantidade de movimento do meteoro, em kg.m/s, é igual a

- a) 560.000
- b) 680.000
- c) 700.000
- d) 820.000

Questão 2) Em determinadas condições, nanopartículas podem ser impulsionadas como um foguete pela simples interação com o meio. Admita que, em um dado instante, uma dessas partículas, com massa de $9,0 \times 10^{-26}$ kg, adquiere velocidade de $2,0 \times 10^2$ m/s.

Com base nessas informações, a ordem de grandeza da quantidade de movimento dessa partícula é igual a

- a) 10^{-20}
- b) 10^{-21}
- c) 10^{-22}
- d) 10^{-23}

Questão 3) Durante um reparo na estação espacial internacional, um astronauta, de massa 90 kg, substitui uma bomba do sistema de refrigeração, de massa 360 kg, que estava danificada. Inicialmente, o cosmonauta e a bomba estão em repouso em relação à estação. Quando ele empurra a bomba para o espaço, ele é empurrado no sentido oposto. Nesse processo, a bomba adquiere uma velocidade de 0,2 m/s em relação à estação. Após o empurrão, a velocidade do astronauta, em m/s, foi de

- a) 0,20
- b) 0,40

- c) 0,50
- d) 0,80

Questão 4) Um observador, situado em um sistema de referência inercial, constata que um corpo de massa igual a 2 kg, que se move com velocidade constante de 15 m/s no sentido positivo do eixo x, recebe um impulso de 40 N.s em sentido oposto ao de sua velocidade. Para esse observador, a velocidade, especificada em módulo e sentido, com que o corpo se move imediatamente após o impulso será de

- a) -5 m/s
- b) 5 m/s
- c) -35 m/s
- d) 35 m/s

Questão 5) Um estudante, ao observar o movimento de uma partícula, inicialmente em repouso, constatou que a força resultante que atuou sobre a partícula era não-nula e manteve módulo, direção e sentido inalterados durante todo o intervalo de tempo da observação. Desse modo, ele pôde classificar as variações temporais da quantidade de movimento e da energia cinética dessa partícula, ao longo do tempo de observação, respectivamente, como

- a) linear - linear
- b) constante - linear
- c) linear - quadrática
- d) constante - quadrática

Questão 6) Um automóvel cuja massa é de 900 kg desenvolve velocidade de 108 Km/h, quando o motorista pisa bruscamente no freio e, com desaceleração constante, consegue parar após 5,0 segundos. Pode-se afirmar que o impulso, em N.s, feito pelo disco de freio foi

- a) 0
- b) 5400
- c) 27000
- d) 97000

Respostas: 1-C 2-D 3-D 4-A 5-C 6-C

2.4 - ROTAÇÃO E CORPOS RÍGIDOS

No capítulo 2.1, para simplificar nossa análise, decidimos tratar os corpos e objetos de estudo como partículas, ou seja, pontos, e decidimos tratar todas trajetórias como retas. No entanto, muitos movimentos na natureza ou acontecem em trajetórias curvas ou envolvem objetos cujas dimensões não podemos desprezar. Apesar de serem campos diferentes, o estudo deles ao nível que queremos é bem semelhante, pois ambos envolvem o mesmo fenômeno, **a rotação**. Neste capítulo, estudaremos tanto partículas em trajetórias curvilíneas, mais especificamente circulares, quanto **corpos rígidos**, que podem fazer movimentos de **rotação**.

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

Uma partícula está em **movimento circular** quando sua trajetória é uma circunferência. Se, além disso, o módulo da velocidade se mantiver constante, o movimento é dito como **movimento circular uniforme (MCU)**, e será o movimento analisado nesta seção.

Como a trajetória é uma circunferência, a partícula, depois de um determinado intervalo de tempo, volta ao mesmo lugar que estava. O tempo que a partícula demora para fazer a volta completa é chamado de **período** e é representado por T . Além disso, o espaço percorrido pela partícula durante um período é simplesmente o tamanho da circunferência, ou seja, $2\pi R$, onde R é o raio da trajetória. Com isso, como o movimento é uniforme, podemos computar o módulo da velocidade como:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Note que o vetor velocidade sempre é tangencial à trajetória.

Uma grandeza importante para o movimento circular, e para qualquer outro movimento periódico, é a **frequência**, medida em Hertz (Hz), definida como a quantidade de voltas e o tempo gasto para realizar essa quantidade de voltas. Note que, para uma volta, o tempo é por definição o período do movimento. Portanto, frequência e período são recíprocos, isto é, se relacionam pela seguinte expressão:

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

Munidos desses conceitos básicos sobre a rotação, podemos analisar a rotação com nossos conceitos de cinemática.

Para um deslocamento da partícula em sua trajetória, ela varre um ângulo $\Delta\theta$, onde θ é a letra grega “teta”(com “é” aberto). Utilizando esse **ângulo varrido** como uma base para nossa analogia com a cinemática retilínea, podemos traçar um paralelo com a velocidade, que será chamado de **velocidade angular**, representada pela letra grega ω (“ômega”), definida como:

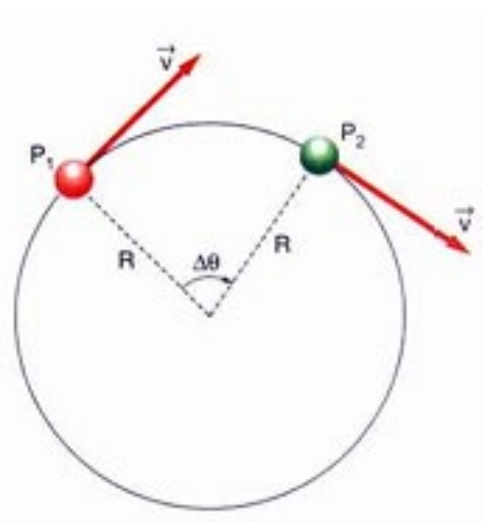
$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

Para evitar confusão, a velocidade definida anteriormente recebe o nome de **velocidade linear**.

Uma maneira de computar a velocidade angular é assumir uma volta inteira, em que Δt é T e $\Delta\theta$ é 360° . No entanto, para se ater às medidas corretas, é necessário o uso de radianos, que estão ligados intrinsecamente ao tamanho do raio. Por isso, estamos tomando o ângulo varrido como 2π . Dessa forma, temos que a velocidade angular é:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

E com isso, podemos ver a relação entre v e ω :



$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow v = \left(\frac{2\pi}{T}\right)R$$

$$v = \omega R$$

Assim, conseguimos computar a velocidade linear apenas sabendo a velocidade angular e o raio da trajetória. Note que essa expressão é apenas válida para valores de ω expressos com rad/s (radianos por segundo).

Apesar do módulo da velocidade ser constante, temos que lembrar que a velocidade é uma grandeza vetorial, que tem direção e sentido. Considerando isso, sabemos que, como a direção está mudando, a velocidade está mudando, o que significa que há alguma aceleração no movimento. Essa aceleração é chamada **aceleração centrípeta**, pois ela aponta sempre para o centro da trajetória e é sempre perpendicular à velocidade linear.

A aceleração centrípeta é dada pela seguinte expressão:

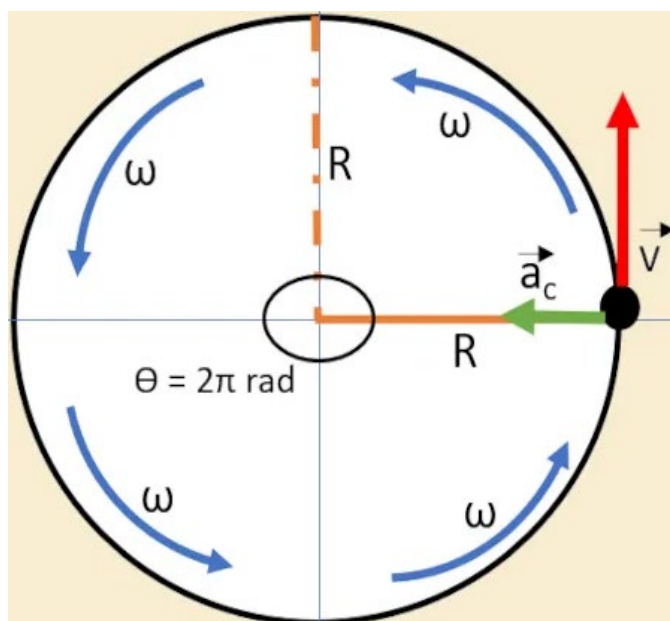
$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

Onde a_c é a aceleração centrípeta, v a velocidade linear e R o raio da trajetória.

Notamos também que, se a aceleração não fosse puramente centrípeta, isto é, se existisse **aceleração tangencial**, a partícula ficaria cada vez mais rápida em seu movimento circular.

Associada a essa aceleração centrípeta está uma força, denominada **força centrípeta**, que, pela segunda lei de Newton, pode ser definida como:

$$F_c = ma_c$$



EXERCÍCIOS

Questão 1) O plasma sanguíneo é a parte líquida do sangue e corresponde à maior parte do seu volume. Nele, proteínas, sais minerais, dióxido de carbono e outras substâncias estão dissolvidos em água. Para separar o plasma, o método de centrifugação é comumente aplicado.

Admita uma centrífuga de laboratório, girando com frequência de 60 Hz. Se considerarmos que as amostras periféricas se encontram a 15 cm do centro de rotação, a velocidade linear, em m/s, é de, aproximadamente

- a) 4,2
- b) 9,0
- c) 28
- d) 57

Questão 2) Em um equipamento industrial, duas engrenagens, A e B, giram 100 vezes por segundo e 6000 vezes por minuto, respectivamente.

A razão entre o período da engrenagem A e o da engrenagem B é igual a

- a) $\frac{1}{6}$
- b) $\frac{3}{5}$
- c) 1

d) 6

Questão 3) As máquinas de lavar roupa compõem um grupo de eletrodomésticos muito presentes nas residências. Na etapa final de lavagem, a centrifugação, a máquina gira o cesto de roupas a uma frequência de 1500 rpm. Considerando $\pi = 3$ e sabendo que o raio do cesto é de 20 cm, a velocidade, em m/s, de um ponto pertencente à parede deste cesto corresponde a

- a) 30
- b) 120
- c) 90
- d) 60

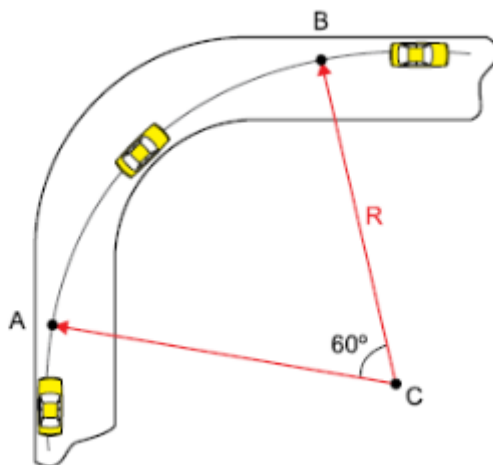
Questão 4) No topo do Edifício Dom Pedro II, popularmente conhecido como Central do Brasil, o relógio mecânico tem um ponteiro de minutos que mede 7,5 metros. Sabendo disso, a velocidade linear da ponta do ponteiro de minutos, em cm/s, é de, aproximadamente

- a) 0,13
- b) 0,8
- c) 1,3
- d) 8

Questão 5) Dois móveis executam curvas semicirculares, mantendo os módulos de suas velocidades constantes. Os raios das curvas são distintos, porém o tempo que cada móvel gasta para executá-las é o mesmo. Considerando que o raio da curva efetuada pelo móvel 1 é o dobro do raio da curva efetuada pelo móvel 2, a relação entre as intensidades das forças centrípetas F_1 e F_2 , que atuam, respectivamente, sobre os móveis 1 e 2 é

- a) $F_1 = \frac{F_2}{2}$
- b) $F_1 = F_2$
- c) $F_1 = 2F_2$
- d) $F_1 = 4F_2$

Questão 6) A figura mostra a visão superior de um carro, de massa 1200 kg, trafegando por uma pista horizontal e fazendo uma curva segundo a trajetória indicada. O trecho contido entre os pontos A e B é um arco de circunferência de raio $R=100\text{m}$ e centro C.



Considerando que o trecho AB da trajetória é percorrido pelo carro em 5 s com velocidade escalar constante e que $\pi=3$, a força de atrito que mantém esse carro na curva, nesse trecho, tem intensidade, em Newtons

- a) 3600
- b) 1200
- c) 2400
- d) 4800

Questão 7) Um DVD gira em movimento circular uniforme, realizando 30 rpm. Considerando $\pi=3$, a velocidade angular dele, em rad/s, é de

- a) 90
- b) 6
- c) 3
- d) 120

Questão 8) Em uma fábrica, um técnico deve medir a velocidade angular de uma polia girando. Ele apaga as luzes do ambiente e ilumina a peça somente com a luz de uma lâmpada estroboscópica, cuja frequência pode ser continuamente variada e precisamente conhecida. A polia tem uma mancha branca na lateral. Ele observa que, quando a frequência estroboscópica é de 9 Hz, a mancha na polia parece estar parada. O técnico então aumenta vagarosamente a frequência do piscar da lâmpada, até a mancha da polia parecer parada novamente, desta vez com uma frequência de 12 Hz. Com base nessas observações, ele determina que a velocidade angular da polia, em rpm, é

- a) 1260
- b) 309
- c) 180
- d) 36

Questão 9) Em uma viagem a Júpiter, deseja-se construir uma nave espacial com uma seção rotacional, para simular, por efeitos centrífugos, a gravidade. Considerando $g = 10\text{m/s}^2$ e que a seção terá um raio de 90 metros, a velocidade angular, em rad/s, com a qual a seção deve girar para simular a gravidade terrestre é de

- a) $1/3$
- b) $1/30$
- c) $2/3$
- d) $1/2$

Respostas: 1-D 2-C 3-A 4-C 5-C 6-D 7-C 8-C 9-A

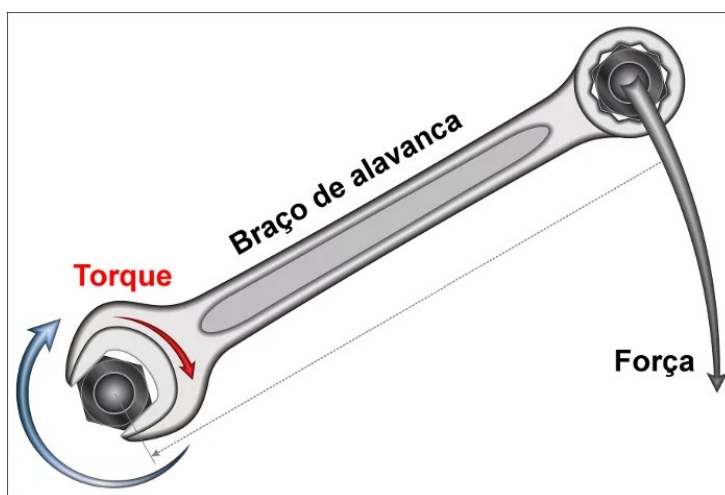
EQUILÍBRIO DO CORPO RÍGIDO

Um corpo que não é uma partícula, ou seja, cujas dimensões não podem ser desprezadas, é denominado um **corpo rígido**. A mecânica de tais corpos envolve tratar de dois tipos de movimento, a translação, o quanto o centro de massa do objeto se move em relação ao espaço, e a rotação, como o objeto se move em relação a si mesmo. No entanto, já estudamos a translação no capítulo 2.1, pois o centro de massa do objeto pode ser tratado como partícula, e estudamos a rotação anteriormente neste capítulo. Esta seção do capítulo 2.4 tem como objetivo tratar da dinâmica dos corpos rígidos, mais especificamente do **equilíbrio do corpo rígido**.

Como já visto anteriormente, equilíbrio significa uma ausência de aceleração. Quando tratamos de partículas, apenas consideramos a aceleração linear, isto é, da partícula se movendo. No entanto, um corpo rígido pode estar parado no espaço e girando, isto é, sofrendo uma **aceleração angular**. O equilíbrio do corpo rígido, portanto, implica na ausência de ambas as acelerações.

Quando uma força é aplicada a um corpo rígido, ela não só causará aceleração linear, como também causará uma rotação se aplicada fora do eixo de rotação. Esta rotação causada pela força é denominada **torque**, representado pela letra grega τ ("tau") e medida em Newton-metro (N.m).

O torque é dado tanto pela força aplicada quanto pela distância do ponto de aplicação até o eixo de rotação, distância essa denominada "braço de alavanca".



$$\tau = F \cdot d$$

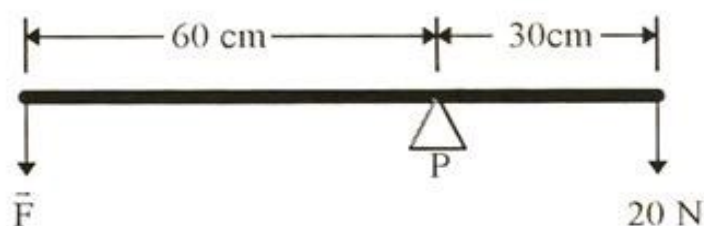
Semelhante a como forças para a direita se tem sinal oposto a forças para a esquerda, torques no sentido horário tem sinal oposto a torques no sentido anti-horário. Assim como nas forças, o **torque resultante**, a soma de todos os torques, deve ser nulo para que o objeto esteja em equilíbrio.

EXERCÍCIOS

Questão 1) Arnaldo, que pesa 30 kg, e Caio, que pesa 40 kg, brincam numa gangorra de 2 metros de comprimento, com seu pivô no centro. Após subir, Arnaldo caminha 0,5 metros em direção ao pivô. A gangorra irá girar ou continuará na mesma posição? Por quê?

- a) A gangorra irá girar pois Arnaldo exercerá mais torque sobre ela.
- b) A gangorra continuará na mesma posição, pois o torque que Caio faz aumentará.
- c) A gangorra irá girar pois a força que Caio exerce será menor quando Arnaldo se aproximar.
- d) A gangorra continuará na mesma posição, pois o torque que Arnaldo faz sobre a gangorra continuará menor do que o que Caio faz.

Questão 2) A figura ao lado mostra uma barra uniforme de massa desprezível em equilíbrio estático sobre um suporte P. Determine a intensidade da força $\vec{F}$.



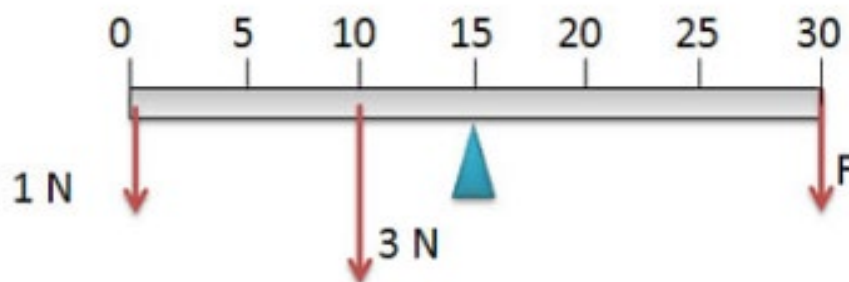
- a) 10 N
- b) 20 N
- c) 30 N
- d) 40 N

Questão 3) Uma barra de 2 metros de comprimento e 10 kg de massa é suspensa em equilíbrio com um cabo em seu centro. Ao mover o ponto de equilíbrio 0,5 m para a direita, a barra sai do equilíbrio. Determine a intensidade e o sentido da força necessária que deve ser feita na ponta direita da barra para deixá-la em equilíbrio.

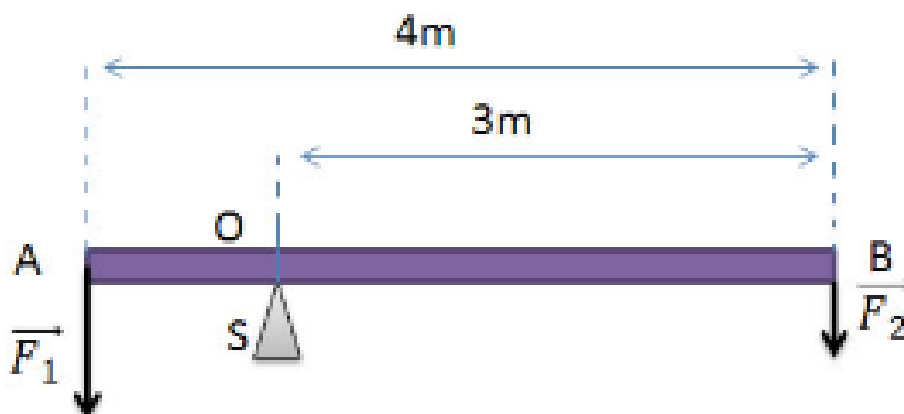
- a) 50 N
- b) 100 N
- c) 150 N
- d) 200 N

Questão 4) A figura mostra uma régua homogênea em equilíbrio estático, sob a ação de várias forças. Determine a intensidade da força F , em Newtons.

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



Questão 5) A figura abaixo mostra uma barra homogênea AB de peso desprezível, que está em equilíbrio sob ação das forças F_1 e F_2 , apoiada no Suporte no ponto O . Sendo $F_2 = 200\text{ N}$, determine a intensidade da força normal exercida pelo suporte sobre a barra.



- a) 400 N
- b) 600 N
- c) 800 N
- d) 1000 N

Respostas: 1-D 2-A 3-B 4-C 5-B

PARTE III:

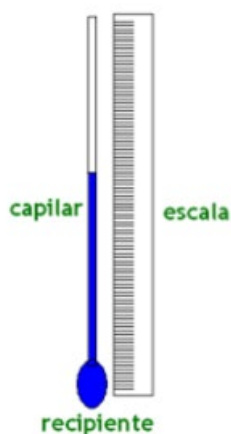
FENÔMENOS TÉRMICOS

FENÔMENOS TÉRMICOS

3.1- TERMOLOGIA

- Calor: energia térmica em trânsito.
- Temperatura: número associado à vibração molecular
Dica: É importante diferenciar o calor da temperatura. Calor é uma forma de energia, enquanto a temperatura é uma maneira de medir o "quente" e o "frio".
- O fluxo de calor é da região de maior temperatura para a região de menor temperatura.
- Corpos a diferentes temperaturas buscam o equilíbrio térmico quando em contato.

O termômetro é o instrumento necessário para medir a temperatura. O termômetro mais comum é formado por um capilar com um líquido que se dilata quando aquecido.



Um termômetro clínico também possui um líquido (mercúrio) no interior do capilar, contudo ele possui um estrangulamento que impede que o mercúrio retorne a uma temperatura mais baixa após retirado.

Há outros tipos de termômetros como os que usam resistores, gás, etc.

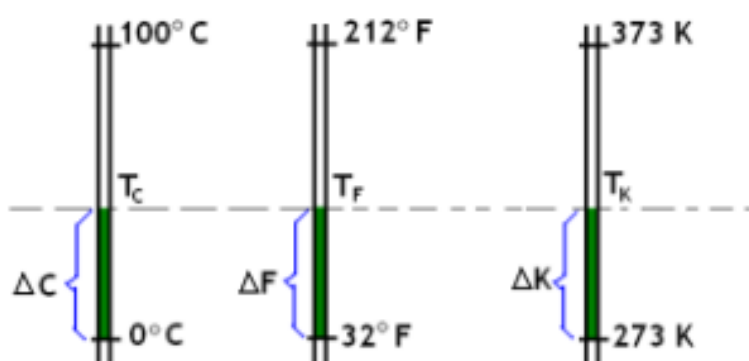
ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Para que uma escala termométrica possa ser comparada com outras é preciso conhecer valores da nova escala em comparação com outras. Geralmente usam-se os dois pontos:

- Ponto fixo de fusão do gelo
- Ponto fixo de ebulição da água.

Há muitas escalas, contudo três são mais conhecidas. A escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Os pontos fixos são mostrados em seguida.



Para fazer a relação entre as escalas é preciso considerar a proporção existente. A variação que a coluna sofre é a mesma em qualquer escala, contudo os números serão diferentes,

$$\frac{\Delta C}{100 - 0} = \frac{\Delta F}{212 - 32} = \frac{\Delta K}{373 - 273}$$

$$\frac{\Delta C}{100} = \frac{\Delta F}{180} = \frac{\Delta K}{100}$$

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

- 1) Observe que a variação em Celsius é a mesma variação em Kelvin.
- 2) A escala Kelvin é conhecida como escala absoluta porque o zero Kelvin corresponde à menor temperatura possível. É o chamado zero absoluto (não existe Kelvin negativo). Chegar a essa

temperatura representaria um estado em que as moléculas parariam de vibrar, o que é impossível de acontecer segundo a teoria quântica moderna. Contudo, alguns cientistas ao redor do mundo já conseguiram chegar perto do zero absoluto, dando luz a um novo estado de agregação da matéria, o condensado de Bose-Einstein.

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

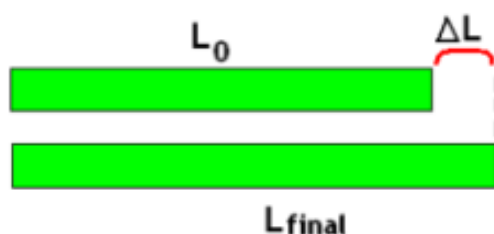
$$T_K = T_C + 273$$

DILATAÇÃO TÉRMICA

• Dilatação

É a variação na dimensão de um corpo e depende do(a):

- Tamanho inicial (L_0 , S_0 e V_0)
- Variação de temperatura ($\Delta\theta$)
- Coeficiente de dilatação (α , β e γ)



$$L_{FINAL} = L_0 + \Delta L \Rightarrow L_{FINAL} = L_0(1 + \alpha\Delta\theta)$$

$$S_{FINAL} = S_0 + \Delta S \Rightarrow S_{FINAL} = S_0(1 + \beta\Delta\theta)$$

$$V_{FINAL} = V_0 + \Delta V \Rightarrow V_{FINAL} = V_0(1 + \gamma\Delta\theta)$$

LINEAR

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta\theta$$

SUPERFICIA L

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta\theta$$

VOLUMÉTRIC A

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta\theta$$

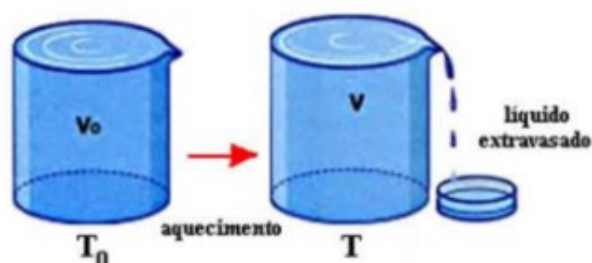
Relação entre os coeficientes

$$\beta = 2 \alpha$$

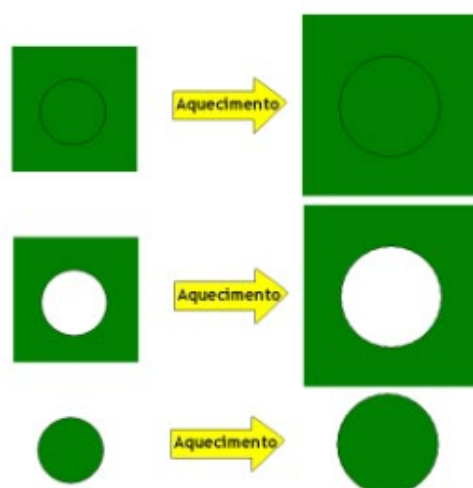
$$\gamma = 3\alpha$$

Observações:

1) Unidade usual de α , β e $\gamma \Rightarrow ^\circ\text{C}^{-1}$



2) Uma chapa com orifício dilata-se como preenchida.



Uma chapa inteira dilata-se por inteiro. Ao ser retirado um pedaço da chapa, este pedaço vai se dilatar. Então o espaço deixado pela retirada do pedaço vai aumentar como se fosse preenchido.

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA APARENTE

Um recipiente contendo um líquido, ao ser aquecido, vai provocar uma dilatação aparente, pois o recipiente também se dilata.

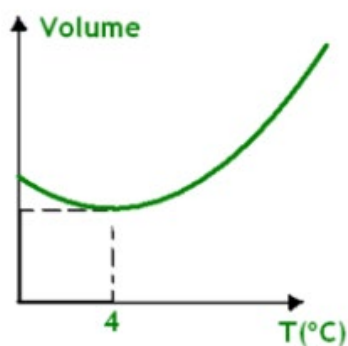
$$\Delta V_{real} = \Delta V_{ap} + \Delta V_{recip}$$

$$V_0 \gamma_{real} \Delta \theta = V_0 \gamma_{ap} \Delta \theta + V_0 \gamma_{recip} \Delta \theta$$

$$\gamma_{real} = \gamma_{real} + \gamma_{real}$$

DILATAÇÃO ANÔMALA DA ÁGUA

A água entre 0o C e 4o C dilata-se de maneira inversa, isto é, ao ser aquecida ela se contrai e ao ser resfriada ela se expande. Observe o gráfico de volume por temperatura.

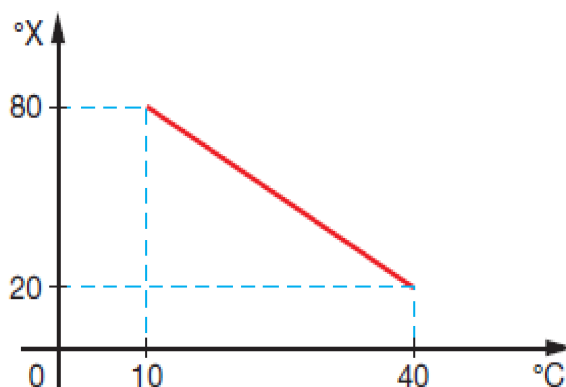


EXERCÍCIOS

1 - Um corpo está numa temperatura que, em °C, tem a metade do valor medido em °F. Determine essa temperatura na escala Fahrenheit.

2 - (Unifor-CE) Uma escala de temperatura arbitrária

X está relacionada com a escala Celsius de acordo com o gráfico abaixo.



As temperaturas de fusão do gelo e de ebulição da água, sob pressão normal, na escala X valem, respectivamente:

- a) -100 e 50 d) 100 e -100
b) -100 e 0 e) 100 e 50
c) -50 e 50

3 - (Cesgranrio–RJ) Uma caixa de filme fotográfico

traz a tabela apresentada abaixo, para o tempo de revelação do filme, em função da temperatura dessa revelação.

Temperatura	65 °F (18 °C)	68 °F (20 °C)	70 °F (21 °C)	72 °F (22 °C)	75 °F (24 °C)
Tempo (em minutos)	10,5	9	8	7	6

A temperatura em °F corresponde exatamente ao seu valor na escala Celsius, apenas para o tempo de revelação, em min, de:

- a) 10,5 b) 9 c) 8 d) 7 e) 6

4 - (UEPI) Duas escalas termométricas arbitrárias, E e G , foram confeccionadas de tal modo que as suas respectivas correspondências com a escala Celsius obedecem à tabela abaixo.

Escala C	Escala E	Escala G
180 °C	—	70 °G
100 °C	70 °E	—
0 °C	20 °E	10 °G

A relação de conversão entre as escalas E e G é dada por:

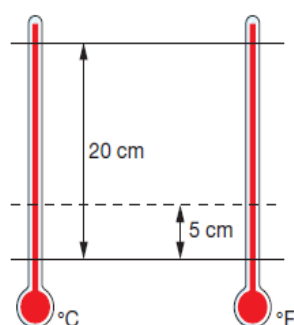
$$a) t_E = \left(\frac{3}{2}\right)t_G + 5 \quad d) t_G = t_E - 10$$

$$b) t_G = \frac{(2t_E + 50)}{3} \quad e) t_G = 2t_E - 5$$

$$c) t_E = \frac{3(t_G - 10)}{2}$$

5 - (UFBA) As indicações para o ponto de fusão do gelo e de ebulição da água sob pressão normal de dois termômetros, um na escala Celsius e outro na escala Fahrenheit, distam 20 cm, conforme a figura. A 5 cm do ponto de fusão do gelo, os termômetros registram temperaturas iguais a:

- a) 25 °C e 77 °F
- b) 20 °C e 40 °F
- c) 20 °C e 45 °F
- d) 25 °C e 45 °F
- e) 25 °C e 53 °F



6 - (Unifor-CE) Fazendo-se passar vapor d'água por um tubo metálico oco, verifica-se que a sua temperatura sobe de 25 °C para 98 °C. Verifica-se também que o comprimento do tubo passa de 800 mm para 801 mm. Pode-se concluir daí que o coeficiente de dilatação linear do metal vale, em °C⁻¹:

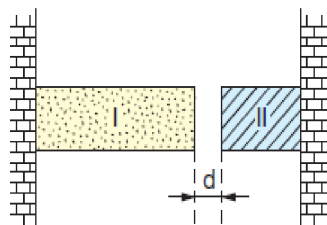
- a) $1,2 \cdot 10^{-5}$
- b) $1,7 \cdot 10^{-5}$
- c) $2,1 \cdot 10^{-5}$
- d) $2,5 \cdot 10^{-5}$
- e) $2,9 \cdot 10^{-5}$

7 - (Uniupe-MG) No continente europeu uma linha férrea da ordem de 600 km de extensão tem sua temperatura variando de -10 °C no inverno até 30 °C no verão. O coeficiente de dilatação linear do material de que é feito o trilho é $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A variação de comprimento que os trilhos sofrem na sua extensão é, em metros, igual a:

- a) 40 c) 140 e) 240
b) 100 d) 200

8 - (Unipa-MG) Considere o microssistema abaixo formado por duas pequenas peças metálicas, I e II, presas em duas paredes laterais. Observamos que, na temperatura de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, a peça I tem tamanho igual a 2 cm , enquanto a peça II possui apenas 1 cm de comprimento. Ainda nesta temperatura as peças estavam afastadas apenas por uma pequena distância d igual a $5 \times 10^{-3}\text{ cm}$. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação linear α_I da peça I é igual a $3 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ e que o da peça II (α_{II}) é igual a $4 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, qual deve ser a temperatura do sistema, em $^{\circ}\text{C}$, para que as duas peças entrem em contato sem empenar?

- a) 20
b) 35
c) 50
d) 65



- e) nenhuma das opções acima

9 - (UEBA) Uma peça de zinco é construída a partir de uma chapa quadrada de lado 30 cm , da qual foi retirado um pedaço de área de 500 cm^2 . Elevando-se de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a temperatura da peça restante, sua área final, em centímetros quadrados, será mais próxima de:

(Dado: coeficiente de dilatação linear do zinco = $2,5 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$)

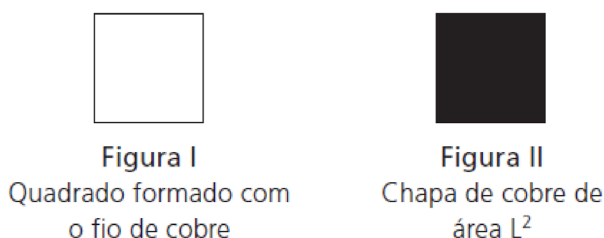
- a) 400 c) 405 e) 416
b) 401 d) 408

10 - (MACK-SP) Uma placa de aço sofre uma dilatação de $2,4\text{ cm}^2$, quando aquecida de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear médio

do aço, no intervalo considerado, é $1,2 \times 10^{-6}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, podemos afirmar que a área da placa, antes desse aquecimento, era:

- a) $200,0 \text{ m}^2$ d) $1,0 \text{ m}^2$
b) $100,0 \text{ m}^2$ e) $0,010 \text{ m}^2$
c) $2,0 \text{ m}^2$

11 - (Unirio-RJ) Um estudante pôs em prática uma experiência na qual pudesse observar alguns conceitos relacionados à “Dilatação Térmica dos Sólidos”. Ele utilizou dois objetos: um fino fio de cobre de comprimento $4L$, com o qual montou um quadrado, como mostra a figura I, e uma chapa quadrada, também de cobre, de espessura desprezível e área igual a L^2 , como mostra a figura II. Em seguida, o quadrado montado e a chapa, que se encontravam inicialmente à mesma temperatura, foram colocados num forno até que alcançassem o equilíbrio térmico com este.



Assim, a razão entre a área da chapa e a área do quadrado formado com o fio de cobre, após o equilíbrio térmico destes com o forno, é:

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

12 - (Cesesp-PE) O tanque de gasolina de um carro, com capacidade para 60 litros, é completamente cheio a 10°C , e o carro é deixado num estacionamento onde a temperatura é de 30°C . Sendo o coeficiente de dilatação volumétrica da gasolina igual a $1,1 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, e considerando desprezível a variação de volume do tanque, a quantidade de gasolina derramada é, em litros:

- a) 1,32 b) 1,64 c) 0,65 d) 3,45 e) 0,58

13 - (Unifor-CE) Um recipiente de vidro de capacidade 500 cm^3 contém 200 cm^3 de mercúrio, a 0°C . Verifica-se que, em qualquer temperatura, o volume da parte vazia é sempre o mesmo.

Nessas condições, sendo γ o coeficiente de dilatação volumétrica do mercúrio, o coeficiente de dilatação linear do vidro vale:

- a) $\frac{\gamma}{15}$ c) $\frac{\gamma}{5}$ e) $\frac{6\gamma}{5}$
b) $\frac{2\gamma}{15}$ d) $\frac{3\gamma}{5}$

14 - (UFMA) Se o vidro de que é feito um termômetro de mercúrio tiver o mesmo coeficiente de dilatação cúbica do mercúrio, pode-se dizer, corretamente, que esse termômetro:

- a) não funciona
b) funciona com precisão abaixo de 0 °C
c) funciona com precisão acima de 0 °C
d) funciona melhor do que os termômetros comuns
e) funciona independente de qualquer valor atribuído

3.2 – CALORIMETRIA

MECANISMOS DE PROPAGAÇÃO DE CALOR

- **Condução**: mecanismo direto de propagação que se dá pela troca de calor de molécula com molécula.

Há uma relação para cálculo do fluxo de calor por uma superfície (Lei de Fourier de Condução do Calor).

$$\Phi = \frac{kA(T_Q - T_F)}{L}$$


TQ e TF correspondem às temperaturas nos lados quente e frio e k é um coeficiente de condutibilidade.

- **Radiação ou Irradiação**: transmissão de calor associada a ondas eletromagnéticas (Ex. infravermelho).

- **Convecção**: processo de transmissão de calor, nos líquidos ou nos gases, por efeito das camadas aquecidas que se chamam correntes de convecção. Não ocorre passagem de energia de um corpo para outro, mas movimento de partículas, levando consigo a energia de uma posição para outra. Portanto, a convecção não pode ocorrer no vácuo.

Quantidade de calor

- Calor sensível: provoca variação de temperatura
- Calor latente: provoca mudança de estado.
- Unidade de quantidade de calor = caloria (1 cal = 4,18 J)

Quantidade de calor sensível = Q

Assim $Q = m.c.\Delta\Theta$

m = massa (geralmente em gramas – no SI: kg)

c = calor específico da substância

$\Delta\theta$ = Variação de temperatura

Unidade (c) = cal/g°C

C = capacidade térmica (ou calorífica) da substância/corpo

Unidade (C) = cal/°C (usual) no SI J/K

$C = mc$

Obs.: Uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1g de água de 1°C no intervalo de 14,5°C a 15,5°C. Consequentemente define-se o calor específico da água como $c = 1 \text{ cal/g°C}$

Dica: É importante ressaltar que o calor específico da água é alto.

Entre outros:

-A Terra e o corpo humano possuem temperaturas estáveis, pois possuem muita água.

-A água é um ótimo material refrigerante, por exemplo, em motores.

Quantidade de calor latente (Q):

$Q = mL$

Onde L é o

Calor Latente (L)

Unidade (L) = cal/g [no SI J/kg]

Importante:

Durante a mudança de fase não ocorre variação de temperatura

Para a água:

Calor latente de fusão = 80 cal/g

Calor latente de vaporização = 540 cal/g

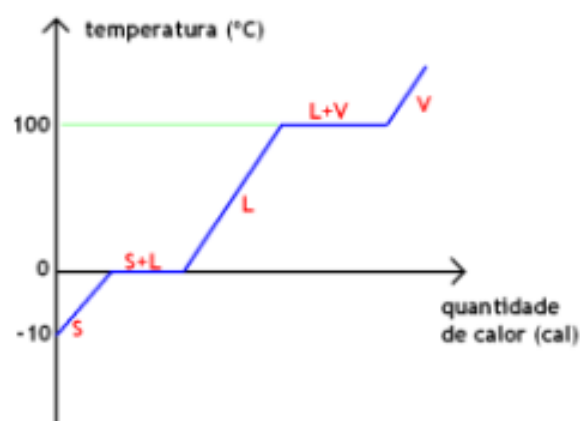


Gráfico da evolução do aquecimento de um bloco de gelo até vapor sob pressão constante de 1,0 atm

- **Potência**

É a energia por unidade de tempo

$$Pot = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$Pot = \frac{mc\Delta\theta}{\Delta t} \quad Pot = \frac{mL}{\Delta t}$$

PRINCÍPIO DAS TROCAS DE CALOR

Em um sistema a diferentes temperaturas há a busca pelo equilíbrio térmico. A ideia é que o que é quente vai esfriar e o que é frio vai esquentar. Nessa troca de energias, a energia não vai sumir.

Se uma substância perdeu calor a outra vai receber calor de forma que, em módulo, sejam iguais essas quantidades. Ou a soma das trocas vai dar zero (quem esquentar é positivo e quem esfria é negativo)

$$Q_{CEDIDO} + Q_{RECEBIDO} = \text{zero}$$

$$\text{Ou } \sum Q = \text{zero}$$

Assim

$$|Q_{CEDIDO}| = |Q_{RECEBIDO}|$$

$$\text{Ou } Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = \text{zero}$$

EXERCÍCIOS

1- (UFAL 92) O calor de combustão de uma substância é a quantidade de calor que ela fornece por unidade de massa que sofre combustão total. Sabendo-se que o calor de combustão do álcool é de 6 400 cal/g pode-se afirmar que a massa mínima de álcool a ser utilizada como combustível para fundir um bloco de gelo de 400 g a 0 °C é, em grama, de:

Dado: calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

- a) 2
- b) $4,0 \times 10^2$
- c) $1,6 \times 10$
- d) $6,4 \times 10$
- e) 5

2- (UFU-MG 89) São misturados 50 g de água a 20 °C com 20 g de gelo a 0 °C em um calorímetro de capacidade térmica desprezível. O calor latente de fusão do gelo é de 80 cal/g e o calor específico da água é de 1 cal/g °C. A temperatura final da mistura é, em °C, de:

- a) 20
- b) 8,5
- c) 10
- d) 12
- e) 0

3- (EFO Alfenas- MG 86) A quantidade de calor necessária para transformar 50 g de água a 20 °C em vapor de água a 140 °C é:

Dados: calor específico da água = 1 cal/g°C

calor latente de vaporização da água = 540 cal/g

calor específico do vapor de água = 0,5 cal/g°C

- a) 27 000 cal
- b) 32 000 cal
- c) 1 000 cal
- d) 4 000 cal
- e) 64 000 cal

4- (Mackenzie-SP) O carvão, ao queimar libera 6000 cal/g. Queimando 70 g desse carvão, 20% do calor liberado é usado para aquecer, em 15° C, 8 kg de um líquido. Não havendo mudança do estado de agregação, podemos afirmar que o calor específico desse líquido, em cal/g°C, é de:

- a) 0,8
- b) 0,7

- c) 0,6
- d) 0,4
- e) 0,2

5- (USJT-SP) Uma fonte térmica é utilizada, por imersão, para aquecer 200 g de água, durante um intervalo de tempo de 5 min, variando a temperatura da água em 30°C . Se o calor específico da água

é de $1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ e $1\text{ cal} = 4,18\text{ J}$, a potência dessa fonte é de:

- a) 125,4 W b) 100 W c) 95,2 W
- d) 83,6 W e) 75 W

6- (Unifor-CE) Um corpo de massa m a 270°C é colocado em um recipiente, onde existe idêntica massa de água a 50°C , obtendo-se uma temperatura de equilíbrio igual a 70°C . Admitindo que somente houve troca de calor entre o corpo e a água, o calor específico do corpo, em $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$, é igual a:

- a) 0,010 b) 0,030 c) 0,054 d) 0,20 e) 0,10

7- (PUC-MG) Considere dois corpos A e B de mesma massa de substâncias diferentes. Cedendo a mesma quantidade de calor para os dois corpos, a variação de temperatura será maior no corpo:

- a) de menor densidade.
- b) cuja temperatura inicial é maior.
- c) de menor temperatura inicial.
- d) de maior capacidade térmica.
- e) de menor calor específico.

8- (U. E. Londrina-PR) Num laboratório, para se obter água a 30°C , mistura-se água de torneira a 15°C com água quente a 60°C . Para isso, coloca-se um recipiente de capacidade térmica $500\text{ cal/}^{\circ}\text{C}$ com 5,0 litros de água quente sob uma torneira cuja vazão é 1,0 litro/min, durante certo intervalo de tempo. Esse intervalo de tempo, em minutos, é um valor próximo de:

(Dado: densidade da água = $1,0\text{ g/cm}^3$, calor específico da água = $1,0\text{ cal/g }^{\circ}\text{C}$.)

- a) 5
- b) 7

- c) 9
- d) 11
- e) 13

9- (Cesgranrio-RJ) Numa casa de praia, deseja-se aquecer 1,0 litro de água, num recipiente termicamente isolado, por meio de um aquecedor elétrico de 420 W. A água foi introduzida no recipiente a 10 °C. Sabendo-se que o calor específico da água é igual a $4,2 \cdot 10^3 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$, o tempo necessário para a água começar a ferver será aproximadamente de:

- a) 5 min
- b) 10 min
- c) 15 min
- d) 42 min
- e) 1 h

10- (Esan-SP) Uma bacia contém 18 litros de água à temperatura de 24 °C. Desprezando-se a capacidade térmica da bacia e as perdas para o ambiente, pode-se obter uma mistura à temperatura final de 36 °C. despejando-se na bacia certa quantidade de água a 72 °C. Essa quantidade de água deverá ser de:

- a) 7,5 litros
- b) 6,0 litros
- c) 4,5 litros
- d) 3,0 litros
- e) 1,5 litros

11- (Vest-Rio) Um confeitoiro. preparando um certo tipo de massa precisa de água a 40 °C para obter melhor fermentação. Seu ajudante pegou água da torneira a 25 °C e colocou-a para aquecer num recipiente graduado de capacidade térmica desprezível. Quando percebeu, a água fervia e atingia o nível 8 do recipiente. Para obter a água na temperatura de que precisa, deve acrescentar, no recipiente, água da torneira até o seguinte nível:

- a) 18
- b) 25
- c) 32
- d) 40

e) 56

12-(UFMA 88) Temos 50 g de gelo a 0 °C. Que quantidade de calor devemos fornecer à massa de gelo para obter 50 g de água a 10 °C ?

Dados:

calor específico da água = 1 cal/g°C

calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

a) 40 000 cal

b) 40 500 cal

c) 4 000 cal

d) 4 500 cal

e) n.r.a

13- (Unifor-CE 89) Uma pedra de gelo, de 40 g de massa e à temperatura de -10 °C, é exposta ao sol. Admitindo que o gelo só absorve calor do sol a uma taxa média de 200 cal/min, podemos afirmar que o tempo para a pedra derreter completamente é, em minutos, de:

Dados: calor específico do gelo = 0,5 cal/g°C calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

a) 1

b) 5

c) 17

d) 16

e) 34

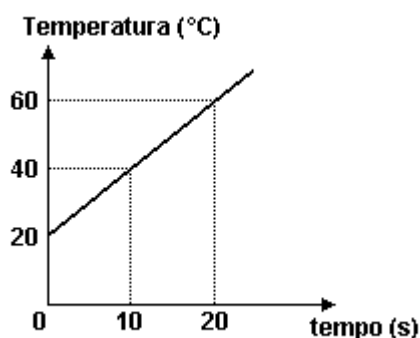
14- Num experimento , aquece-se um corpo com o objetivo de determinar sua capacidade térmica. Para tanto, utiliza uma fonte térmica, de potência constante, que fornece 30 calorias por segundo e constrói o gráfico anterior. A capacidade térmica do corpo é:

a) 15 cal/°C

b) 20 cal/°C

c) 30 cal/°C

d) 40 cal/°C



e) $50 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$

15- (F.M.ABC-SP) Dois corpos sólidos receberam a mesma quantidade de calor e sofreram o mesmo aumento de temperatura. Podemos concluir que os corpos têm mesmo(a):

- a) massa.
- b) densidade.
- c) capacidade térmica.
- d) calor específico.
- e) coeficiente de dilatação.

Respostas: 1-E / 2-E / 3-B / 4-B / 5-D / 6- E / 7-E / 8-D / 9-C / 10-B / 11-D / 12-D / 13-C / 14-A / 15-C

01. (FEI-SP) Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato e em equilíbrio térmico, e ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:

- a) o corpo maior é o mais quente.
- b) o corpo menor é o mais quente.
- c) não há troca de calor entre os corpos.
- d) o corpo maior cede calor para o corpo menor.
- e) o corpo menor cede calor para o corpo maior

02. (UFMT) Dois corpos de ferro A e B estão, inicialmente, com as temperaturas $T_A = 120^\circ\text{C}$ e $T_B = 80^\circ\text{C}$. As massas dos corpos são: $M_A = 1,0 \text{ kg}$ e $M_B = 2,0 \text{ kg}$. Quando colocados em contato térmico, dentro de um recipiente isolado termicamente:

- 01. a energia flui sob a forma de calor do corpo B para o corpo A;
- 02. a temperatura dos dois corpos tenderá a se igualar;
- 04. a energia flui sob a forma de calor do corpo A para o corpo B;
- 08. como a massa de B é o dobro da massa do corpo A, a energia em forma de calor fluirá do corpo B para o corpo A;
- 16. para o equilíbrio térmico ser alcançado o corpo B cederá energia em forma de calor para o corpo A.

Dê como resposta, a soma das afirmativas corretas.

03. (Fei 99) Um sistema isolado termicamente do meio possui três corpos, um de ferro, um de alumínio e outro de cobre. Após um certo tempo verifica-se que as temperaturas do ferro e do alumínio aumentaram. Podemos concluir que:

- a) o corpo de cobre também aumentou a sua temperatura
- b) o corpo de cobre ganhou calor do corpo de alumínio e cedeu calor para o corpo de ferro
- c) o corpo de cobre cedeu calor para o corpo de alumínio e recebeu calor do corpo de ferro
- d) o corpo de cobre permanece com a mesma temperatura
- e) o corpo de cobre diminuiu a sua temperatura

04. (PUCCAMP) Um termocópio é um aparelho que indica variações numa propriedade que é função da temperatura. Por exemplo, a resistência elétrica de um fio aumenta com o aumento da temperatura. Dois corpos, A e B, são colocados num recipiente de paredes adiabáticas,

separados por outra parede isolante. Um termoscópio de resistência elétrica é colocado em contato com o corpo A. Após estabilização, a leitura do termoscópio é 40,0. Colocado, a seguir, em contato com o corpo B, o mostrador do termoscópio indica também 40,0. Retirando a parede divisória e colocando o termoscópio em contato com A e B, a sua indicação deverá ser:

- a) 10,0
- b) 20,0
- c) 40,0
- d) 80,0
- e) 160

05. (FATEC-SP) Um frasco contém 20g de água a 0°C . Em seu interior é colocado um objeto de 50g de alumínio a 80°C . Os calores específicos da água e do alumínio são respectivamente $1,0\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ e $0,10\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$. Supondo não haver trocas de calor com o frasco e com o meio ambiente, a temperatura de equilíbrio desta mistura será:

- a) 60°C
- b) 16°C
- c) 40°C
- d) 32°C
- e) 10°C

06. Um corpo de massa 200 g a 50°C , feito de um material desconhecido, é mergulhado em 50 g de água a 90°C . O equilíbrio térmico se estabelece a 60°C . Sendo $1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ o calor específico da água, e admitindo só haver trocas de calor entre o corpo e a água, determine o calor específico do material desconhecido.

07. (Ufpr 2003) A uma caneca contendo 50ml de café, inicialmente a 70°C , adicionam-se 5g de um adoçante, inicialmente a 28°C . Considere o calor específico do café igual a $1\text{cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$, o do adoçante igual a $2\text{cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$ e a densidade do café igual a 1g/ml . Despreze as trocas de calor com a caneca e com o ambiente. Determine a temperatura final da mistura, expressando-a em graus Celsius.

08. Num calorímetro ideal misturam-se 200 g de gelo a -40°C com 100 g de água a uma temperatura θ .

Dados:

Calor específico do gelo = $0,50 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g

Calor específico da água = $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Determine:

- A temperatura θ , para que no equilíbrio térmico coexistam massas iguais de gelo e de água.
- A temperatura da água, quando o gelo atinge 0°C , considerando as condições do item **a**.

09. (U.F. Pelotas-PR) Num dia muito quente, Roberto pretende tomar um copo de água bem gelada. Para isso, coloca, num recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível, 1000 g de água a 15°C e 200 g de gelo a -6°C . Esperando pelo equilíbrio térmico, Roberto obterá: São dados:

- calor específico da água = $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 - calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
 - calor latente de fusão do gelo = 80 cal/g
- 1020 g de água e 180 g de gelo, ambos a 0°C ;
 - 1180 g de água e 20 g de gelo, ambos a 0°C ;
 - 1100 g de água e 100 g de gelo, ambos a -1°C ;
 - 1200 g de água a 0°C ;
 - 1200 g de água a 1°C .

10. (U. Salvador-BA) No interior de um calorímetro ideal, encontram-se 300 g de um líquido, L1, à temperatura de 80°C . Acrescentando-se ao calorímetro 100 g de outro líquido, L2, à temperatura de 15°C , o sistema atinge o equilíbrio térmico a 75°C .

Sabendo-se que o calor específico de L1 é igual a $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e o de L2 é igual a $x \cdot 10^{-2} \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, determine o valor de x .

11. (Vunesp) Após assistir a uma aula sobre calorimetria, uma aluna concluiu que, para emagrecer sem fazer muito esforço, bastaria tomar água gelada, já que isso obrigaria seu corpo a ceder calor para a água até que esta atingisse a temperatura de $36,5^\circ\text{C}$. Depois, esta água seria eliminada levando consigo toda essa energia e sem fornecer nenhuma energia para o corpo, já que água “não tem caloria”. Considerando que ela beba, num dia, 8 copos de 250 mL

de água, a uma temperatura de $6,5^{\circ}\text{C}$, a quantidade de calor total que o corpo cederá à água para elevar

a sua temperatura até $36,5^{\circ}\text{C}$ equivale, aproximadamente, a energia fornecida por:

a) uma latinha de refrigerante light – 350 mL (2,5 kcal). b) uma caixinha de água de coco – 300 mL (60 kcal).

c) três biscoitos do tipo água e sal – 18g (75 kcal).

d) uma garrafa de bebida isotônica – 473 mL (113 kcal).

e) um hambúrguer, uma porção de batata frita e um refrigerante de 300 mL (530 kcal).

(Considere o calor específico da água = $1 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ e sua densidade = 1 g/mL)

PARTE IV:

ELETRICIDADE E MAGNETISMO

ELETRICIDADE E MAGNETISMO

4.1 – ELETRODINÂMICA

A carga elétrica é uma propriedade fundamental da matéria, podendo ser positiva ou negativa. Ela é medida em **coulombs (C)** e obedece à lei de conservação: a carga total de um sistema isolado permanece constante.

A **corrente elétrica (i)** é definida como o fluxo ordenado de cargas elétricas através de um condutor. Sua fórmula é:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

- I é a corrente elétrica (em ampères, A)
- ΔQ é a variação de carga (em coulombs, C)
- Δt é o intervalo de tempo (em segundos, s)

A **tensão (U)** é uma pressão feita nas cargas para movê-las, e é o que causa corrente. Ela é medida em **Volts (V)**

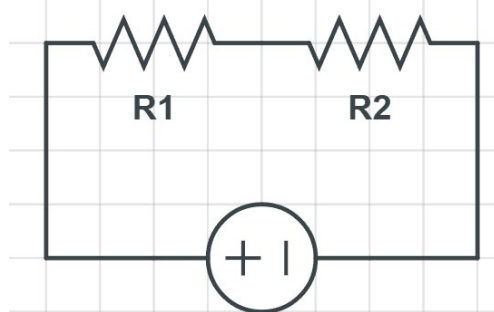
A fórmula que relaciona a corrente à tensão é a **Primeira Lei de Ohm**:

$$U = RI$$

- I é a corrente elétrica (em ampères, A)
- R é a resistência do fio (em Ohms, Ω)
- U é a tensão (em volts, V)

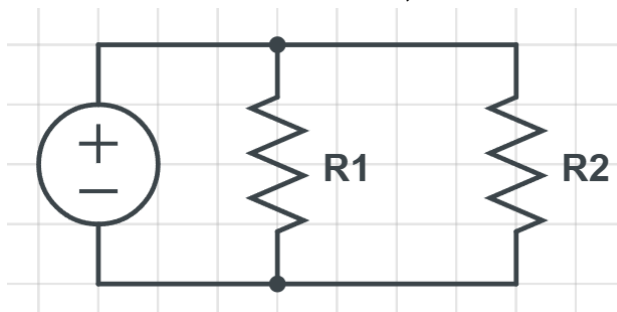
ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Resistores em Série: Estão sob a mesma corrente, um na frente do outro.



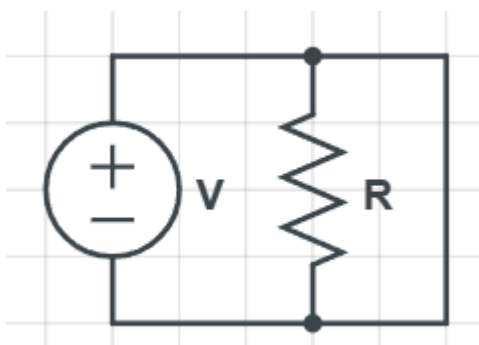
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Resistores em Paralelo: Estão sob a mesma tensão, um do lado do outro.



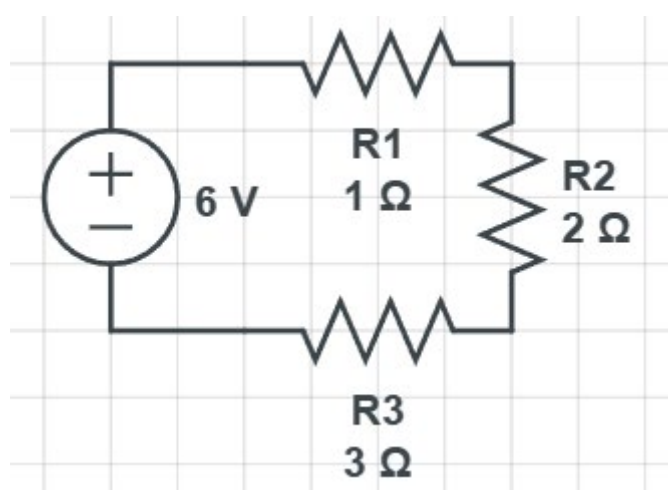
$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

OBS: *Curto circuito* acontece quando um fio sem resistor é associado em paralelo com um resistor.

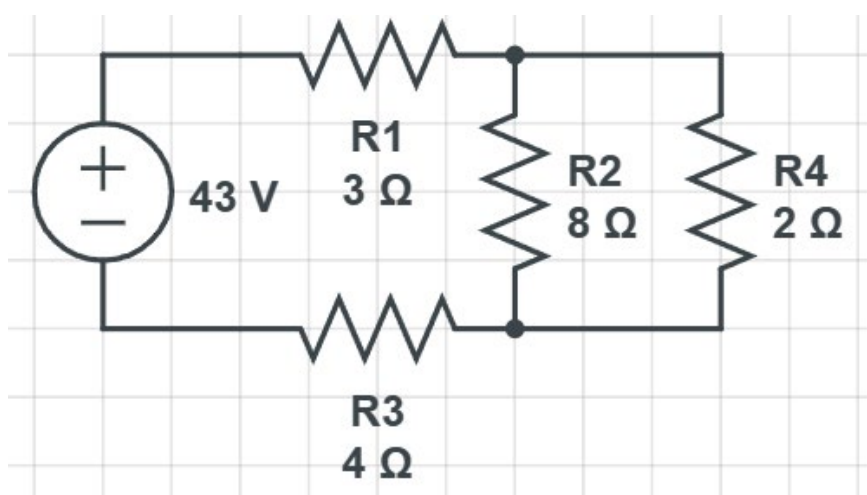


EXERCÍCIOS

- 1) Um resistor é submetido a uma tensão de 100 V, e nele passa uma corrente de 1 A.
Determine a resistência do resistor.
- 2) Determine a tensão necessária para induzir uma corrente de 3 A num resistor de $10\ \Omega$.
- 3) Determine a resistência equivalente e a corrente no circuito abaixo:



- 4) Determine a resistência equivalente e a corrente no circuito abaixo:



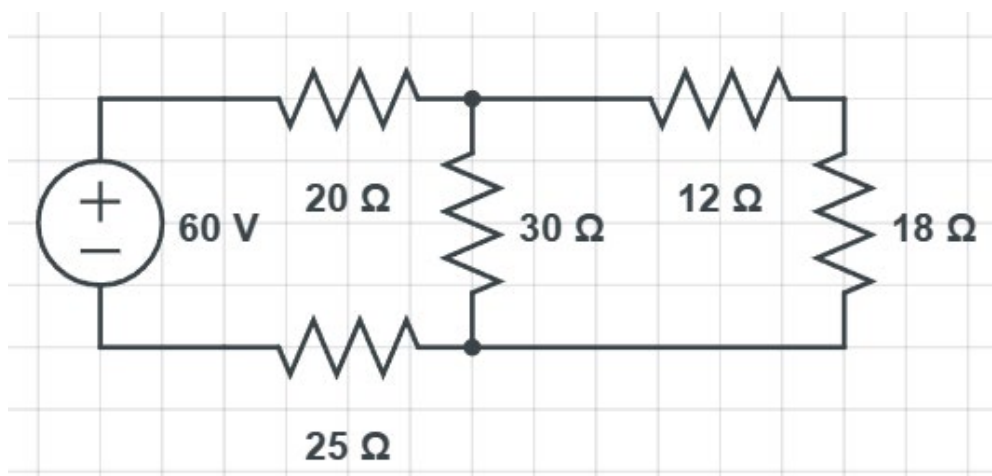
- 5) Para uma análise de sua capacidade de contração, uma amostra de tecido muscular, mantido em cultura, foi submetida a uma tensão de 20 V, estabelecendo-se uma corrente elétrica de 10 mA.

A resistência elétrica do músculo, em ohm, equivale a:

- a) 2000
 - b) 1000
 - c) 200
 - d) 100
- 6) O impulso nervoso, ou potencial de ação, é uma consequência da alteração brusca e rápida da diferença de potencial transmembrana dos neurônios. Admita que a diferença de potencial corresponde a 0,07 V e a intensidade da corrente estabelecida a $7 \mu\text{A}$.

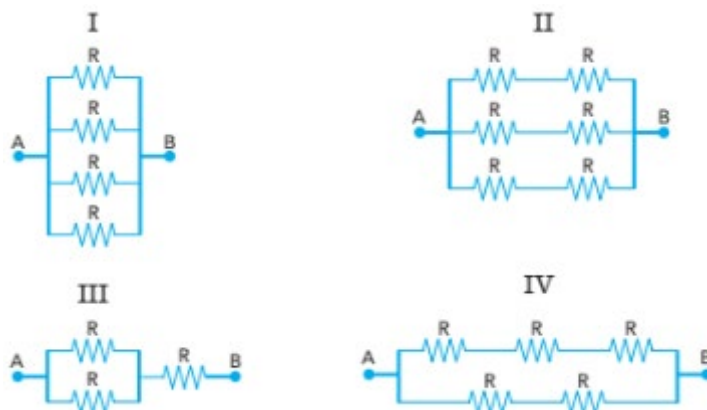
A resistência elétrica dos neurônios, em ohms, é:

- a) 100
 - b) 1000
 - c) 10000
 - d) 100000
- 7) A corrente no circuito abaixo, em Ampères, é:



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

- 8) Resistores ôhmicos idênticos foram associados em quatro circuitos diferentes e submetidos à mesma tensão como visto abaixo.

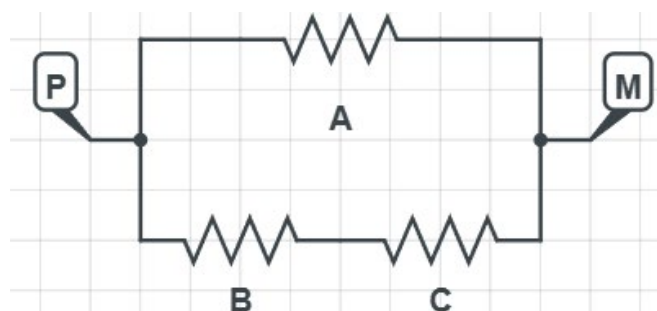


A corrente elétrica de menor intensidade se estabelece no circuito:

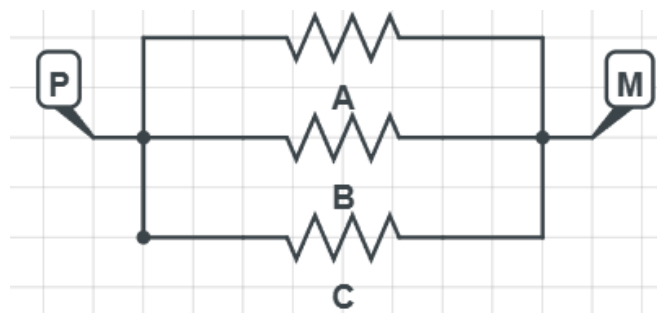
- a) I
 - b) II
 - c) III
 - d) IV
- 9) Considere a associação de 3 resistores A, B e C. Suas respectivas resistências são R_A, R_B, R_C , sendo que $R_A > R_B > R_C$.

O esquema que apresenta a maior resistência entre os pontos P e M está indicado em:

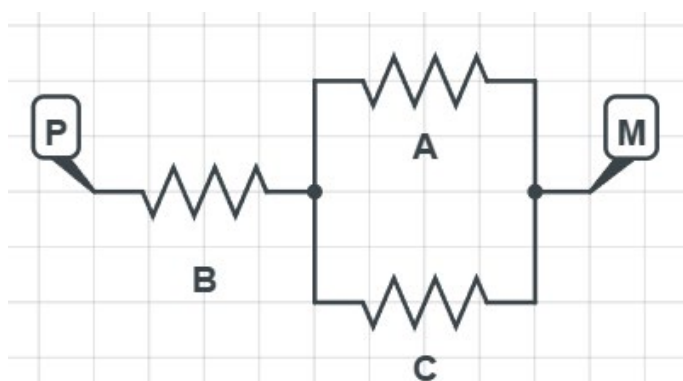
a)



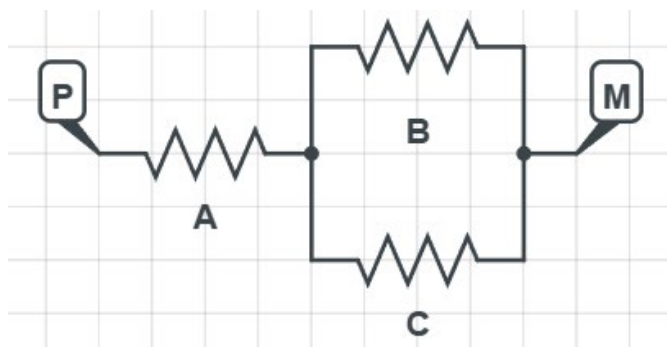
b)



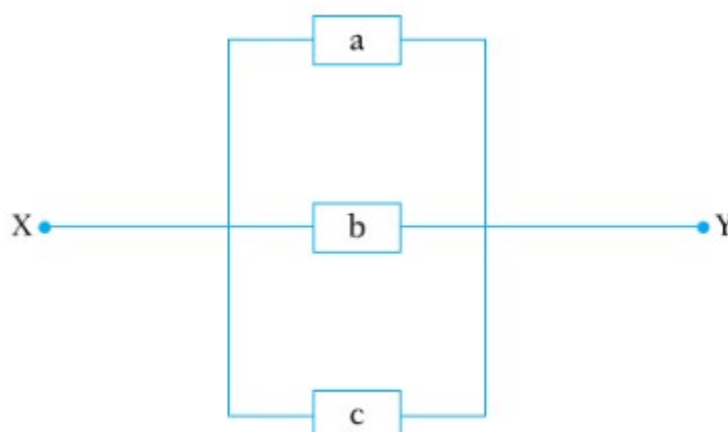
c)



d)



10) Observe a representação abaixo do trecho X, Y de um circuito com 3 resistores a, b e c.



Admita que a sequência (a, b, c) é uma progressão geométrica de razão $\frac{1}{2}$ e que a resistência equivalente entre X e Y é de 2Ω .

O valor de (a+b+c), em ohms, é igual a:

a) 21,0

b) 22,5

c) 23,0

d) 24,5

4.2 - ELETROMAGNETISMO

O mundo moderno depende profundamente do eletromagnetismo. Desde a lâmpada elétrica até o funcionamento de trens de levitação magnética, esse ramo da Física explica como cargas elétricas e campos magnéticos interagem. Ao estudar eletromagnetismo, veremos como correntes geram campos magnéticos, como campos magnéticos afetam cargas em movimento e como é possível converter energia mecânica em elétrica e vice-versa.

CAMPO MAGNÉTICO

O campo magnético ($\vec{B}$) é uma região do espaço onde cargas elétricas em movimento ou materiais magnéticos sofrem forças magnéticas. É medido em **tesla (T)**. O sentido do campo magnético gerado por uma corrente é dado pela regra da mão direita: o polegar aponta no sentido da corrente, e os outros dedos indicam o sentido das linhas de campo.

Uma carga elétrica que se move num campo magnético sofre a força magnética dada pela **Lei de Lorentz**:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B}$$

- $\vec{F}$ é a força magnética (em newtons, N)
- q é a carga elétrica (em coulombs, C)
- $\vec{v}$ é a velocidade da carga (em m/s)
- $\vec{B}$ é o campo magnético (em tesla, T)

Campos magnéticos podem ser criados por correntes. A Lei de Ampère relaciona o campo magnético criado por um fio à corrente elétrica que o produz. Para um fio longo e retilíneo, temos:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \pi r}$$

- μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo
- i é a corrente elétrica (em A)
- r é a distância ao fio (em m)

EXERCÍCIOS

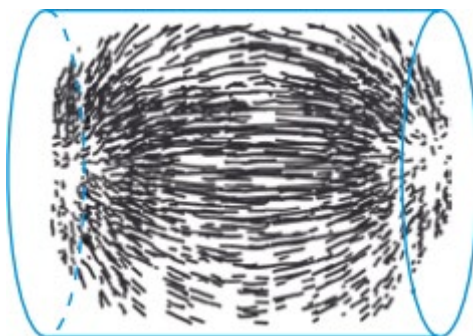
Questão 1) Um elétron com carga $q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ se move com velocidade de $2 \times 10^6 \text{ m/s}$ perpendicularmente a um campo magnético uniforme de $0,05 \text{ T}$. Determine o módulo da força magnética que atua sobre o elétron.

- a) $1,2 \times 10^{-14} \text{ N}$
- b) $1,4 \times 10^{-14} \text{ N}$
- c) $1,6 \times 10^{-14} \text{ N}$
- d) $1,8 \times 10^{-14} \text{ N}$
- e) $2,0 \times 10^{-14} \text{ N}$

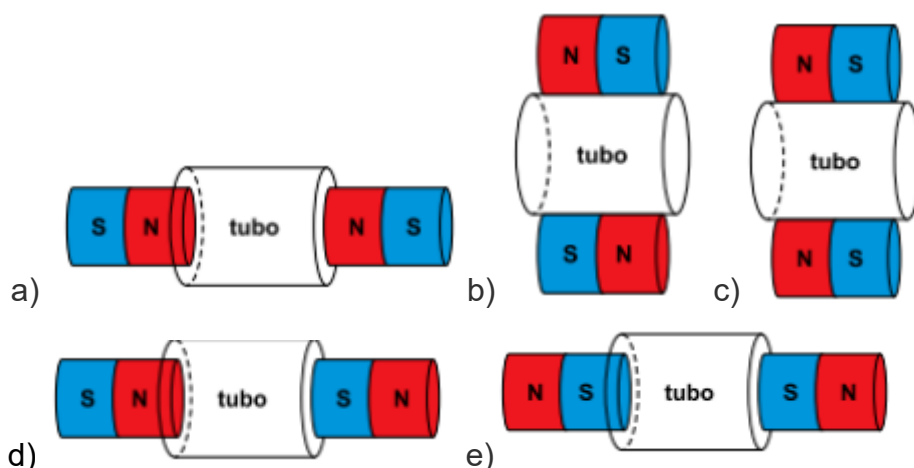
Questão 2) O fluxo magnético através de uma espira circular é reduzido de $0,08 \text{ Wb}$ para $0,02 \text{ Wb}$ em $0,2 \text{ s}$. Determine a força eletromotriz induzida na espira.

- a) $0,10 \text{ V}$
- b) $0,20 \text{ V}$
- c) $0,25 \text{ V}$
- d) $0,30 \text{ V}$
- e) $0,40 \text{ V}$

Questão 3) Uma forma de se observar a configuração das linhas de campo magnético geradas por um ímã é aproximá-lo de uma quantidade razoável de limalha de ferro. Com o intuito de fazer uma demonstração a seus alunos, uma professora de física coloca, no interior de um tubo transparente cilíndrico fechado, certa quantidade de limalha de ferro e aproxima dois ímãs, também cilíndricos, da região exterior do tubo. A imagem mostra como ficou configurada a limalha no interior do tubo.



O possível posicionamento dos dois ímãs pela professora foi:



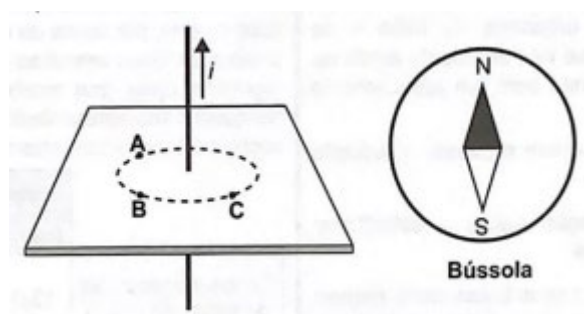
Questão 4) A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região especificado corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.

A elevação de temperatura descrita ocorre porque:

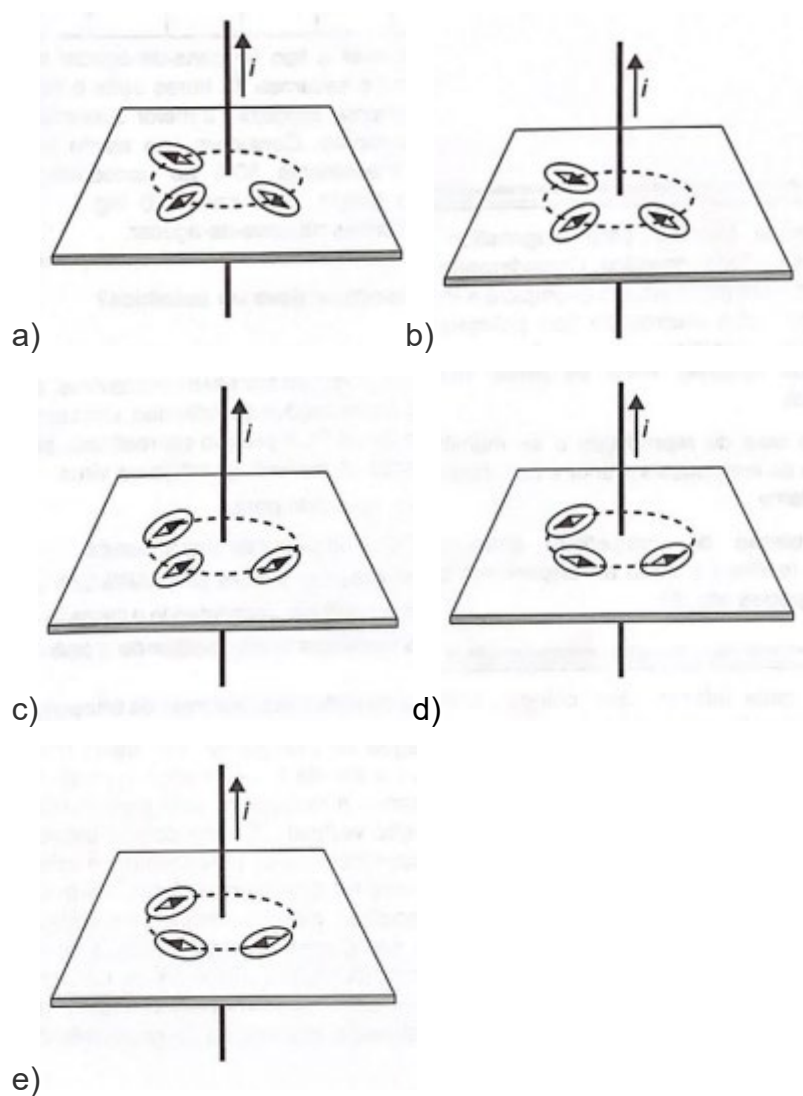
- a) o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.
- b) o campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.
- c) as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.
- d) o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.
- e) as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

Questão 5) O físico Hans C. Oersted observou que um fio transportando corrente elétrica produz um campo magnético. A presença do campo magnético foi verificada ao aproximar uma bússola de um fio conduzindo corrente elétrica.

A figura ilustra um fio percorrido por uma corrente elétrica i , constante e com sentido para cima. Os pontos A, B e C estão num plano transversal e equidistantes do fio. Em cada ponto foi colocada uma bússola.



Considerando apenas o campo magnético por causa da corrente i , as respectivas configurações das bússolas nos pontos A, B e C serão:



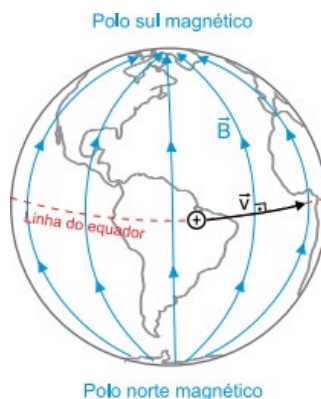
Questão 6) A corrente elétrica contínua em uma dada linha de transmissão é de 4000

A. Um escoteiro perdido, andando perto da linha de transmissão, tenta se orientar utilizando uma bússola. O campo magnético terrestre é de $5,0 \cdot 10^{-7} \text{ T}$ perto da superfície da Terra. A permeabilidade magnética é $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$.

A que distância radial do fio o campo gerado pela corrente terá o módulo igual ao do campo magnético terrestre?

- a) $1,2 \cdot 10^1 \text{ m}$
- b) $1,6 \cdot 10^1 \text{ m}$
- c) $2 \cdot 10^1 \text{ m}$
- d) $8 \cdot 10^0 \text{ m}$
- e) nenhuma das anteriores

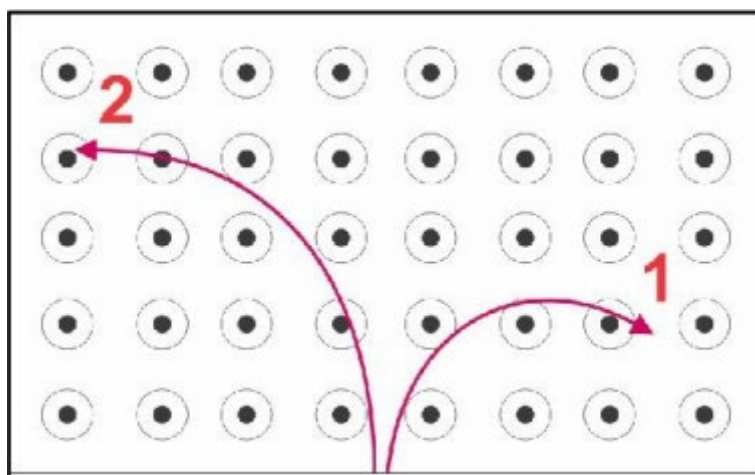
Questão 7) Considere que, nas proximidades da superfície da Terra, todas as linhas de campo magnético, $\vec{B}$, sejam paralelas à superfície e perpendiculares à linha do equador e que um próton seja disparado com velocidade horizontal $\vec{v}$ na direção da linha do equador e no sentido de Oeste para Leste, como representado na imagem.



Imediatamente após o disparo, a força magnética, devido ao campo magnético da Terra:

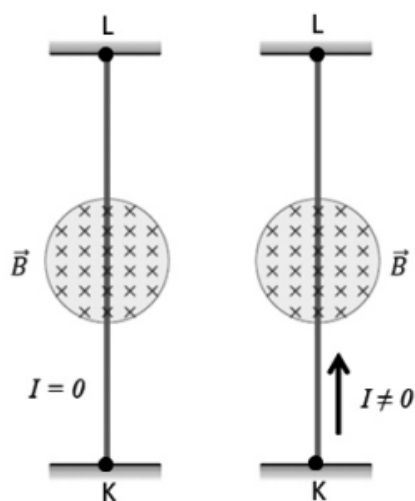
- a) fará com que o próton realize um desvio horizontal, apontando para o Hemisfério Norte da Terra.
- b) fará com que o próton realize um desvio vertical, apontando para fora da Terra.
- c) fará com que o próton realize um desvio horizontal, apontando para o Hemisfério Sul da Terra.
- d) será nula, uma vez que o campo é perpendicular à velocidade do próton.
- e) fará com que o próton realize um desvio vertical, apontando para o centro da Terra.

Questão 8) Considere duas partículas eletricamente carregadas 1 e 2, de massas idênticas, entrando em uma região de campo magnético uniforme, com a mesma velocidade. Devido à interação entre o campo magnético e as partículas, elas descrevem uma trajetória circular nesta região. As trajetórias das partículas são distintas, conforme a figura, a seguir. Assinale a alternativa que representa a CORRETA relação entre cargas destas partículas.



- a) $|q_1| > |q_2|$, sendo q_1 negativa e q_2 positiva;
- b) $|q_1| < |q_2|$, sendo q_1 positiva e q_2 negativa;
- c) $|q_1| > |q_2|$, sendo q_1 positiva e q_2 negativa;
- d) $|q_1| < |q_2|$, sendo q_1 negativa e q_2 positiva;
- e) $|q_1| = |q_2|$, sendo q_1 negativa e q_2 positiva;

Questão 9) Um fio condutor de cobre está esticado entre dois pontos, K e L, que estão ligados aos terminais de uma fonte de tensão ajustável, inicialmente, programada para 0 V. Nesta condição, a corrente elétrica que flui pelo fio também é nula. Na região central deste condutor, existe um campo magnético $\vec{B}$ de módulo constante no tempo, orientado perpendicularmente ao plano desta folha, apontando para dentro.



Se uma corrente elétrica começar a fluir de K para L, o vetor força magnética que atuará no fio condutor estará mais bem representado em:

- a) $\downarrow$
- b) $\uparrow$
- c) $\rightarrow$
- d) $\leftarrow$
- e) A força magnética é nula.

PARTE V:

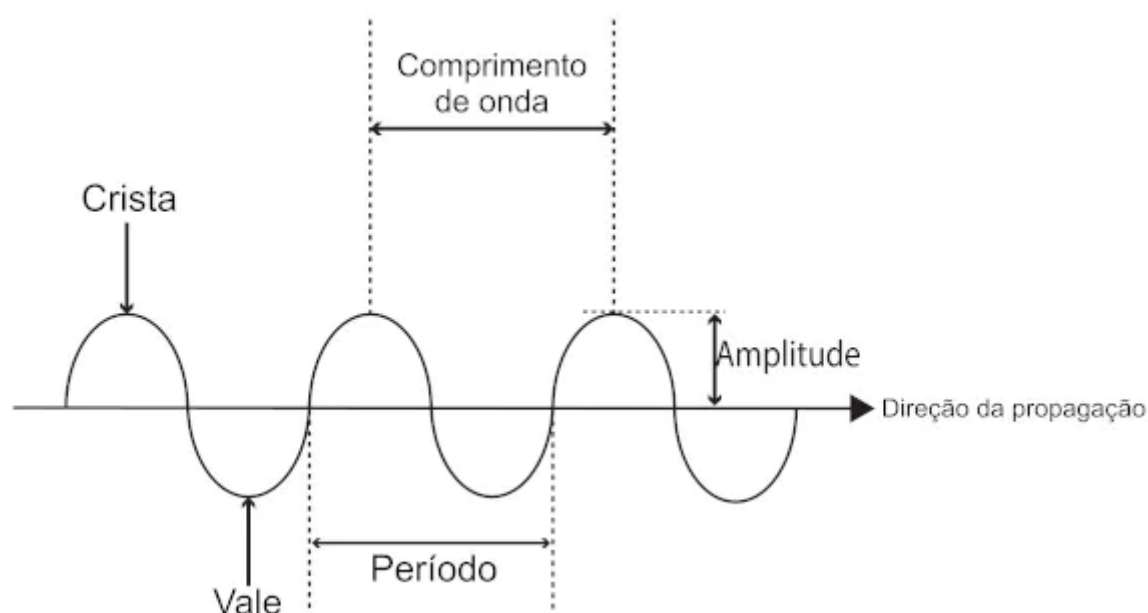
ELETRICIDADE E MAGNETISMO

ONDULATÓRIA E ÓPTICA

5.1 - ONDAS

Na física, uma onda é uma oscilação periódica de alguma grandeza no espaço. Uma onda pode ser um chacoalhar em uma corda, que é transmitido de uma ponta a outra, em que a grandeza oscilante é a altura da corda. Uma onda no mar também se caracteriza como onda na física, com a grandeza oscilante sendo o nível da água.

Os elementos que caracterizam uma onda são seu **comprimento**, representado pela letra grega λ ("lambda"), sua **frequência** e sua **amplitude**.



A amplitude da onda é a grandeza física que oscila, de um mínimo para um máximo, com o tempo. Os pontos de amplitude máxima são chamados de **cristas** e os de amplitude mínima são chamados de **vales**.

O comprimento de onda é o tamanho de uma oscilação completa, que pode ser visto como a distância entre cristas ou a distância entre vales.

A frequência de uma onda, em geral medida em Hertz (Hz) é a quantidade de oscilações ocorridas em um determinado tempo. Assim como outros movimentos periódicos, podemos definir o **período** como o recíproco da frequência:

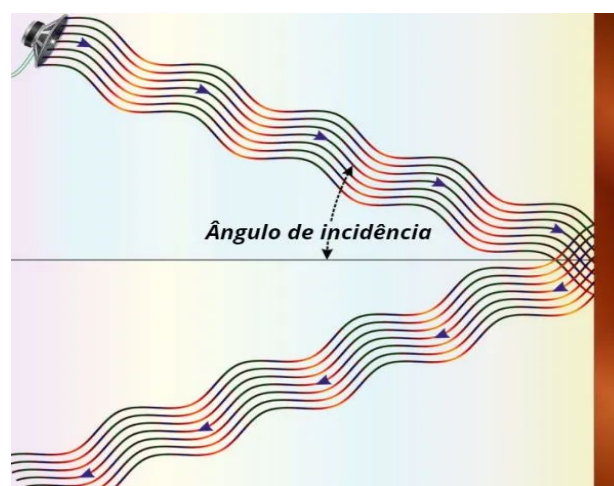
$$T = \frac{1}{f}$$

É importante, também, distinguir **ondas transversais**, que oscilam perpendicularmente à sua direção de propagação, de **ondas longitudinais**, que oscilam paralelamente à direção de propagação.

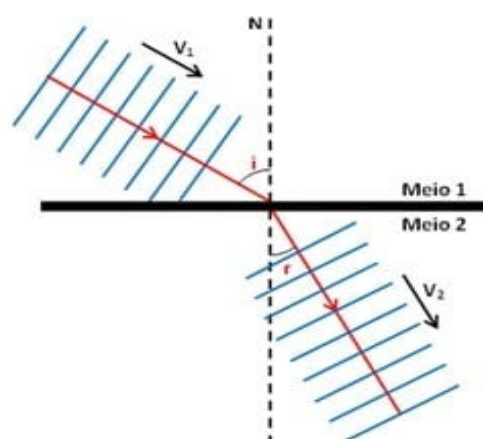
FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Ondas interagem com o ambiente de diversas maneiras, desviando ou refletindo de obstáculos e sendo alteradas pelo meio.

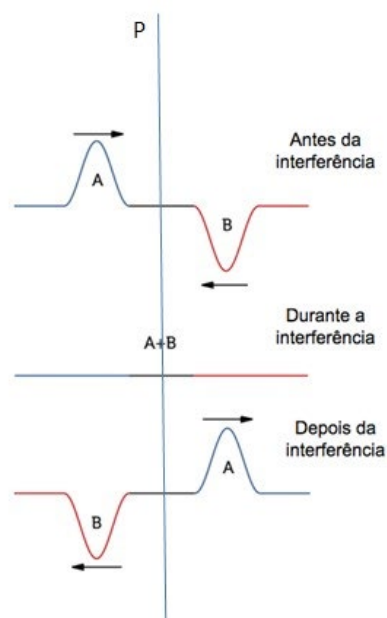
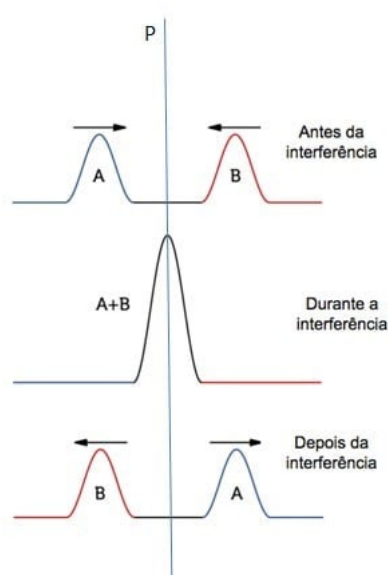
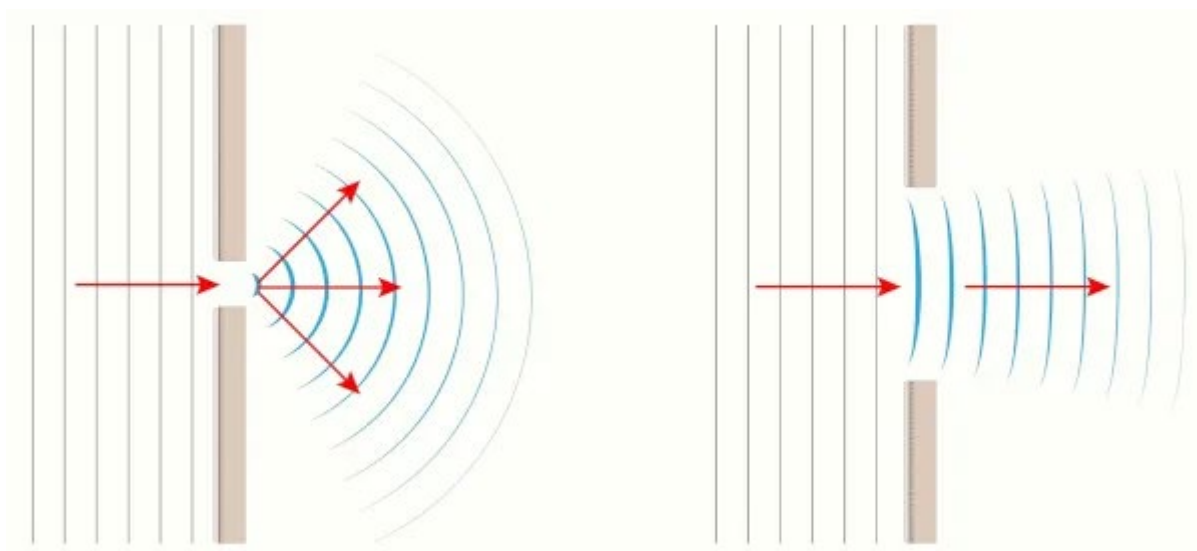
Reflexão ocorre quando a onda encontra um obstáculo sólido, pelo qual ela não pode passar. A onda colide com o obstáculo e é forçada a voltar. Sua velocidade, frequência e comprimento permanecem iguais. Além disso, o ângulo com que a onda incide no obstáculo é o mesmo com que a onda reflete.



Refração ocorre quando a onda muda de meio, como o som atingindo a parede, ou a luz atravessando água. Quando isso acontece, a onda é desviada, ficando com velocidade e comprimento de onda alterados.



Difração ocorre quando a onda encontra um obstáculo pelo qual consegue passar, mas é alterada no processo.



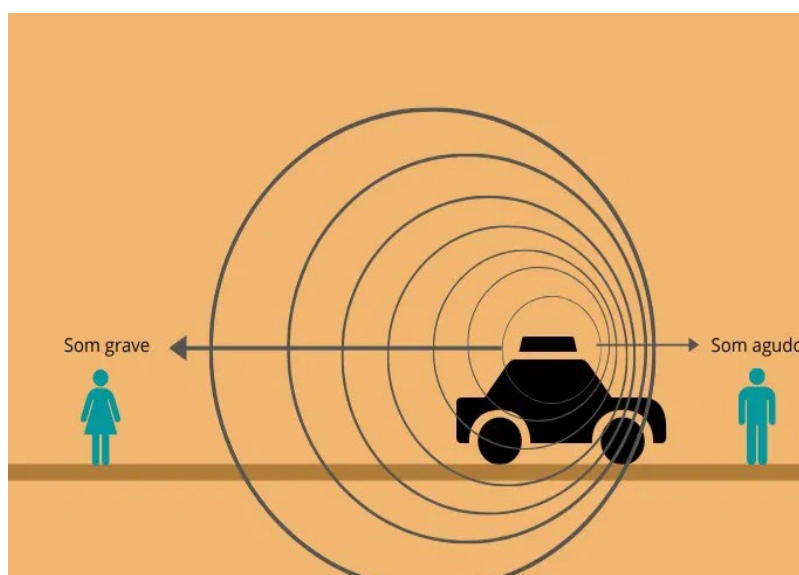
Interferência ocorre quando duas ondas diferentes interagem entre si, somando suas amplitudes no espaço em que estão presentes. Quando as ondas se encontram em fases diferentes, ou seja, a crista de uma das ondas encontra o vale da outra, é dito que as ondas estão em **interferência destrutiva**, e as amplitudes se subtraem, tornando a onda menos intensa. Quando se encontram em fase, isto é, a crista de uma encontra a crista da outra, é dito

que as ondas estão em **interferência construtiva**, e as amplitudes se somam, tornando a onda mais intensa.

Quando uma fonte se move, as ondas na frente da fonte se amontoam e atrás da fonte se dispersam, causando uma diferença na percepção da frequência chamada de **Efeito Doppler**.

SOM

O som está relacionado com as vibrações mecânicas. Sempre que há um som, há um corpo vibrando, que produz este som. As cordas vibram num instrumento musical, as pregas vocais vibram na garganta de uma pessoa falando, a madeira e as folhas vibram quando uma árvore cai, e assim geram som. As ondas sonoras são criadas por essas fontes, se propagam em meios materiais que estão entre as fontes e nossos ouvidos, e vibram nossos tímpanos. Essa vibração dos tímpanos, depois de processada pelo cérebro, é a sensação do som.



No entanto, nem todos sons podem ser escutados pelo ouvido humano. As frequências que um ser humano com boa audição pode ouvir estão na faixa dos 20 Hz a 20.000 Hz, e essa faixa diminui com a idade e com atividades danosas ao ouvido. Ondas sonoras abaixo dos 20 Hz são denominadas **infra-som**, e ondas sonoras acima dos 20.000 Hz são denominadas **ultra-som**. Apesar de inaudíveis para humanos, vários animais se comunicam entre membros da mesma espécie nas faixas do infra-som ou do ultra-som. Alguns animais, como os morcegos, utilizam do ultra-som e da reflexão do som para localizar objetos, um sentido chamado

ecolocalização, e o mesmo processo é utilizado por submarinos, que usam sonares para mapear o fundo do mar.

A velocidade do som pode mudar dependendo do material pelo qual se propaga, e até num mesmo material, a velocidade muda com a temperatura. No ar atmosférico, a 20°C, o som se propaga a 340 m/s. No entanto, na água, a 4°C, a temperatura da maioria do oceano, o som se propaga a uma velocidade de 1450 m/s.

A amplitude da onda sonora define a intensidade do som, ou seja, seu volume. Um som criado por uma turbina de avião é muito mais intenso do que o tique-taque de um relógio, por isso suas ondas sonoras têm uma amplitude muito maior. A intensidade do som é medida com a unidade **bel** (B), no entanto, comumente usamos um décimo de bel, o **decibel**, para medir intensidade sonora.

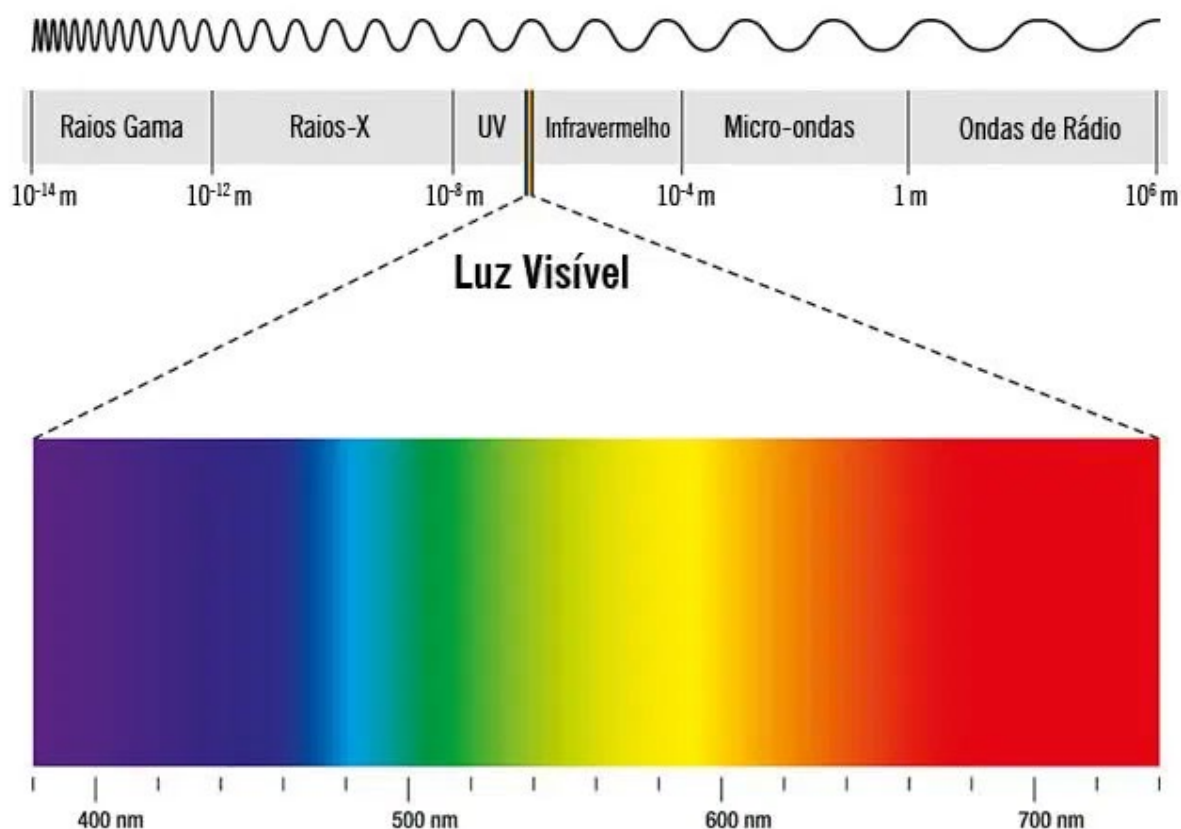
A frequência da onda sonora afeta na altura do som. Sons altos são aqueles com alta frequência, e são comumente chamados de agudos ou finos, e sons baixos tem baixa frequência e são chamados de graves ou grossos. Portanto, as notas musicais são definidas pelas frequências, com o lá comum sendo 440 Hz

No entanto, isso levanta um questionamento. Se o lá de um violino e o lá de um piano têm a mesma frequência, por que são diferentes? Isso se dá pela diferença de material da corda, do instrumento e de vários outros fatores que afetam o formato da onda, chamado **timbre**. Por isso, conseguimos distinguir instrumentos diferentes e até vozes de pessoas diferentes.

LUZ

Assim como o som, a luz também é uma onda. No entanto, ela se propaga por meio do campo eletromagnético, e por isso não depende de meios materiais e pode atravessar o vácuo. A luz emitida por estrelas a trilhões de quilômetros de nós pode nos atingir.

Semelhantemente ao som, o olho humano é capaz de enxergar apenas uma faixa de frequências (ou comprimentos) da luz, chamadas de luz visível. No entanto, além da luz visível há um **espectro eletromagnético**, utilizado tanto por animais para enxergar fenômenos diferentes quanto por humanos, que utilizam ondas eletromagnéticas de vários comprimentos diferentes, desde raios-x utilizados na medicina até ondas de rádio, fundamentais para a idade da informação.



Também como o som, a velocidade da luz depende do meio pelo qual ela se propaga. No entanto, a velocidade da luz no vácuo é quase um milhão de vezes maior que a velocidade do som na atmosfera, sendo de aproximadamente 300.000.000 m/s, o suficiente para dar a volta ao mundo 7 vezes por segundo.

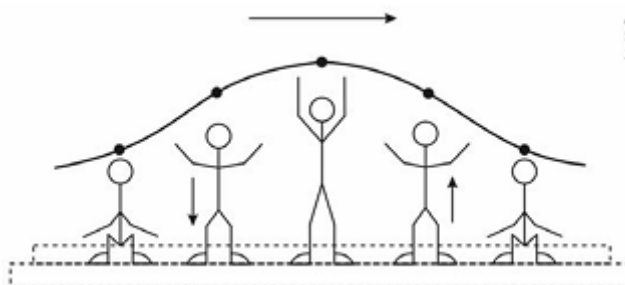
Diferente do som, a emissão de luz é dada por um efeito muito mais complexo chamado **radiação de corpo negro**, explicado minuciosamente apenas pela Física Quântica. No entanto, sabemos que todo corpo emite luz, e quanto mais quente um corpo está, maior a frequência da luz que ele emite, ou menor o comprimento de onda emitido. Seres humanos, a uma temperatura em média de 36 °C, emitem infravermelho. Objetos mais quentes, como um ferro sendo forjado ou a brasa de um carvão, são quentes o suficiente para emitir luz visível. A superfície do Sol, a uma temperatura de aproximadamente 5500 °C, é capaz de emitir ultravioleta e raios-x.

EXERCÍCIOS

Questão 1) O ouvido absoluto é uma característica perceptual de poucos indivíduos capazes de identificar notas isoladas sem outras referências, isto é, sem precisar relacioná-las com outras notas de uma melodia. A propriedade física das ondas que permite essa distinção entre notas é a

- a) frequência.
- b) intensidade.
- c) forma da onda.
- d) amplitude da onda.

Questão 2) Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a ola. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é de 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm. A frequência dessa ola mexicana, em Hertz, é um valor mais próximo de

- a) 0,3.
- b) 0,5.
- c) 1,0.
- d) 1,9.

Questão 3) O sonar é um equipamento eletrônico que permite a localização de objetos e a medida de distâncias no fundo do mar, pela emissão de sinais sônicos e ultrassônicos e a recepção dos respectivos ecos. O fenômeno do eco corresponde à reflexão de uma onda sonora

por um objeto, a qual volta ao receptor pouco tempo depois de o som ser emitido. No caso do ser humano, o ouvido é capaz de distinguir sons separados por, no mínimo, segundo. Considerando uma condição em que a velocidade do som no ar é 340 m/s, qual é a distância mínima a que uma pessoa deve estar de um anteparo refletor para que se possa distinguir o eco do som emitido?

- a) 17 m
- b) 34 m
- c) 68 m
- d) 1700 m

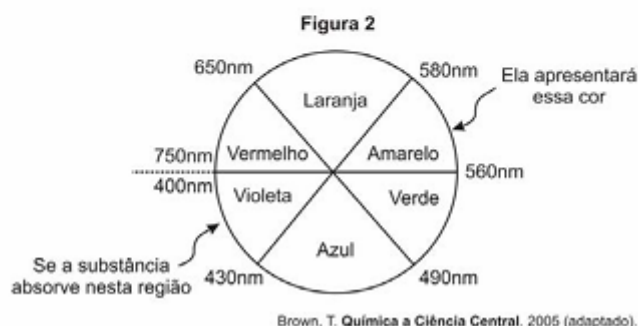
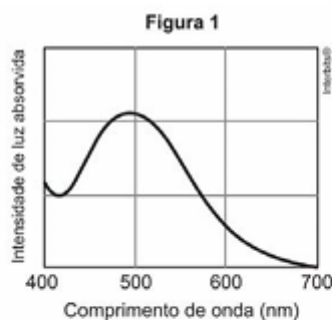
Questão 4) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas. Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando

- a) a altura da onda sonora
- b) a amplitude da onda sonora
- c) a frequência da onda sonora
- d) a velocidade da onda sonora

Questão 5) Em um violão afinado, quando se toca a corda Lá com seu comprimento efetivo (harmônico fundamental), o som produzido tem frequência de 440 Hz. Se a mesma corda do violão é comprimida na metade do seu comprimento, a frequência do novo harmônico

- a) se reduz à metade
- b) dobra
- c) se reduz a um quarto
- d) quadruplica

Questão 6) Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.



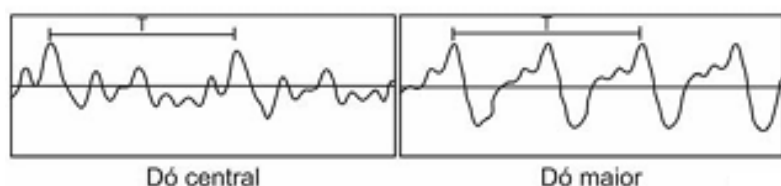
A cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1 é

- a) Azul.
- b) Verde.
- c) Laranja.
- d) Vermelho.

Questão 7) Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor. A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

- a) da luz visível
- b) do ultravioleta
- c) do infravermelho
- d) das micro-ondas

Questão 8) Em um piano, o Dó central e a próxima nota Dó (Dó maior) apresentam sons parecidos, mas não idênticos. É possível utilizar programas computacionais para expressar o formato dessas ondas sonoras em cada uma das situações como apresentado nas figuras, em que estão indicados intervalos de tempo idênticos (T).



A razão entre as frequências do Dó central e do Dó maior é de:

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

Questão 9) A pele humana possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou-se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum. O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de

- a) baixa intensidade
- b) baixa frequência
- c) amplitude inadequada
- d) curto comprimento de onda

Questão 10) Para afinar um violão, um músico necessita de uma nota para referência, por exemplo, a nota Lá em um piano. Dessa forma, ele ajusta as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a mesma nota. Mesmo ouvindo a mesma nota, é possível diferenciar o som emitido pelo piano e pelo violão. Essa diferenciação é possível, porque

- a) a ressonância do som emitido pelo piano é maior
- b) a potência do som emitido pelo piano é maior
- c) a intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente
- d) o timbre do som produzido por cada instrumento é diferente

Questão 11) Em um dia de chuva muito forte, constatou-se uma goteira sobre o centro de uma piscina coberta, formando um padrão de ondas circulares. Nessa situação, observou-se que caíam duas gotas a cada segundo. A distância entre duas cristas consecutivas era de 25 cm e cada uma delas se aproximava da borda da piscina com velocidade de 1,0 m/s. Após algum tempo a chuva diminuiu e a goteira passou a cair uma vez por segundo. Com a diminuição da chuva, a distância entre as cristas e a velocidade de propagação da onda se tornaram, respectivamente

- a) maior que 25 cm e maior que 1 m/s
- b) maior que 25 cm e igual a 1 m/s
- c) menor que 25 cm e menor que 1 m/s
- d) menor que 25 cm e igual a 1 m/s

Questão 12) A ultrassonografia, também chamada de ecografia, é uma técnica de geração de imagens muito utilizada em medicina. Ela se baseia na reflexão que ocorre quando um pulso de ultrassom, emitido pelo aparelho colocado em contato com a pele, atravessa a superfície que separa um órgão do outro, produzindo ecos que podem ser captados de volta pelo aparelho. Para a observação de detalhes no interior do corpo, os pulsos sonoros emitidos têm frequências altíssimas, de até 30 MHz, ou seja, 30 milhões de oscilações a cada segundo. A determinação de distâncias entre órgãos do corpo humano feita com esse aparelho fundamenta-se em duas variáveis imprescindíveis:

- a) a intensidade do som produzido pelo aparelho e a frequência desses sons.
- b) a quantidade de pulsos emitidos pelo aparelho a cada segundo e a frequência dos sons emitidos pelo aparelho
- c) a quantidade de luz usada para gerar as imagens no aparelho e a velocidade do som nos tecidos
- d) a velocidade do som no interior dos tecidos e o tempo entre os ecos produzidos pelas superfícies dos órgãos

Questão 13) Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente, bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é 340 m/s e que a região de frequências das notas emitidas é de,

aproximadamente, 20 Hz a 4000 Hz. Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?

- a) Difração
- b) Reflexão
- c) Refração
- d) Interferência

Questão 14) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle. A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) terem fases opostas
- b) terem intensidades inversas
- c) serem da mesma amplitude
- d) terem frequências próximas

Questão 15) As ondas eletromagnéticas, como a luz visível e as ondas de rádio, viajam em linha reta em um meio homogêneo. Então, as ondas de rádio emitidas na região litorânea do Brasil não alcançariam a região amazônica do Brasil por causa da curvatura da Terra. Entretanto sabemos que é possível transmitir ondas de rádio entre essas localidades devido à ionosfera. Com ajuda da ionosfera, a transmissão de ondas planas entre o litoral do Brasil e a região amazônica é possível por meio da

- a) reflexão
- b) refração
- c) difração
- d) interferência

Respostas: 1-A / 2-C / 3-A / 4-B / 5-B / 6-D / 7-C / 8-A / 9-B / 10-D / 11-B / 12-D / 13-A / 14-D / 15-A

5.2 - ÓPTICA

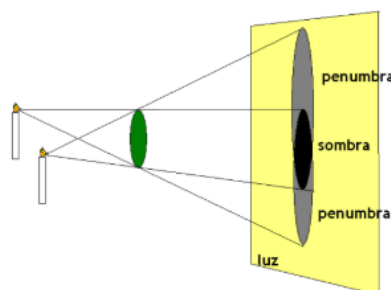
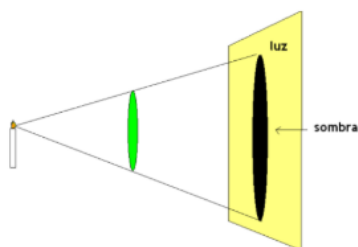
A óptica geométrica é fundamentada em três princípios básicos:

- Independência dos raios luminosos: um raio luminoso não depende do outro, não é influenciado pelo outro.
- Reversibilidade dos raios: o raio de luz é reversível, não há diferença entre ir e vir.
- Propagação retilínea da luz: a luz caminha em linha reta.

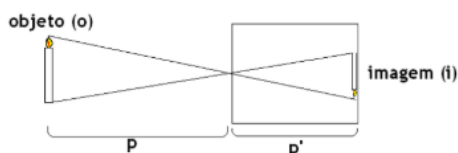
Obs.: As cores são resultados da reflexão nos objetos. A cor que é vista corresponde à luz não absorvida. A luz branca possui todas as cores. Assim, se um objeto aparece vermelho sob luz branca quer dizer que ele absorve todas as cores exceto o vermelho. Se esse objeto for iluminado com luz amarela parecerá negro, pois o objeto só é capaz de refletir vermelho e na luz amarela não há vermelho. Nos exercícios que envolvem esse conceito é comum perguntar quais cores serão vistas na bandeira brasileira iluminada com certa cor. Por exemplo: se a bandeira brasileira for iluminada com cor azul, quais cores serão vistas? Como só há a chegada de luz azul, o que é azul ou branco ficará azul (o branco reflete todas as cores), enquanto que as outras cores (verde e amarelo) ficarão escuras, sem cor.

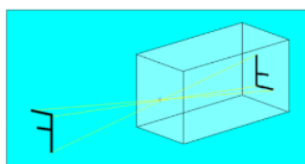
Consequências da propagação retilínea da luz

- Sombra: formada por fonte pontual (com definição na projeção)
- Penumbra: formada por duas fontes pontuais ou uma fonte extensa (região mais clara, pouca definição)



- **Câmara escura:** uma caixa fechada com apenas um pequeno buraco. A luz entra pelo buraco e forma imagem na face oposta.



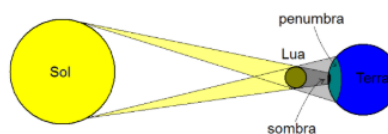


$$\frac{i}{o} = \frac{p'}{p}$$

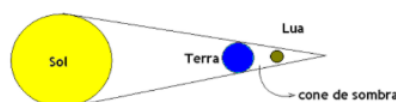
F

- i = dimensão da imagem
- o = dimensão do objeto
- L** p = distância do objeto até o orifício na câmara.
- p' = distância da imagem até o orifício na câmara.

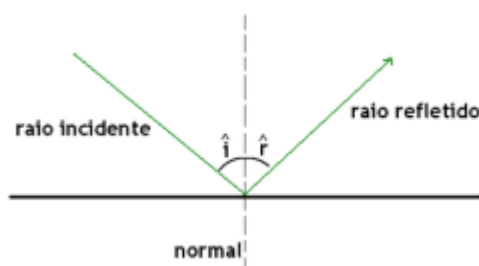
- **Eclipse do Sol** (ocorre na lua nova)



- **Eclipse do Lua** (ocorre na lua cheia)

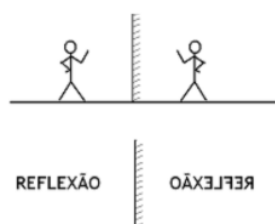


- O raio incidente, o raio refletido e a reta normal estão no mesmo plano:
- O ângulo de incidência (i) é igual ao ângulo de reflexão (r).



ESPELHOS PLANOS – CARACTERÍSTICAS

- Enantiomorfismo: a imagem fica ao contrário



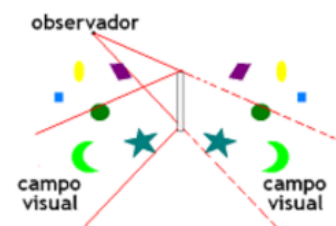
- **Campo visual**: é o espaço que o observador consegue enxergar através do espelho

Considere os objetos na frente do espelho

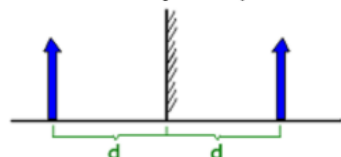
observador



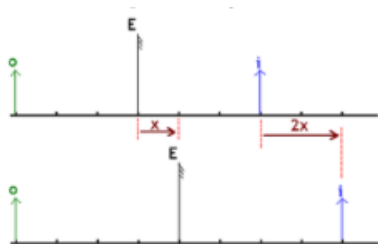
O observador conseguirá enxergar os que ficarem dentro do campo visual.



- Distância objeto espelho = distância imagem espelho

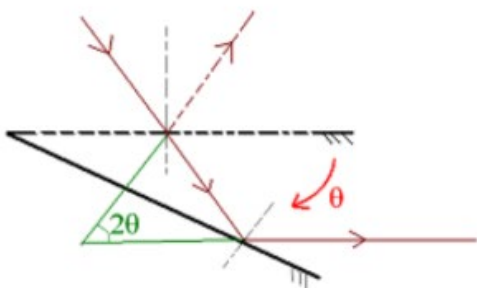
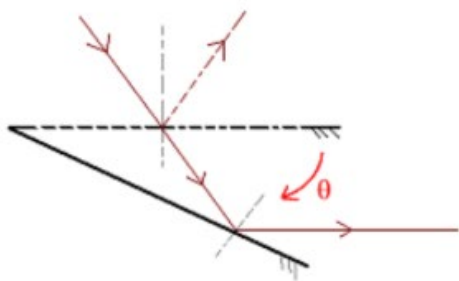
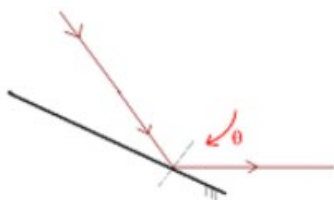
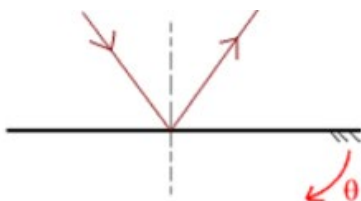


- **Translação:** espelho anda x , imagem anda $2x$



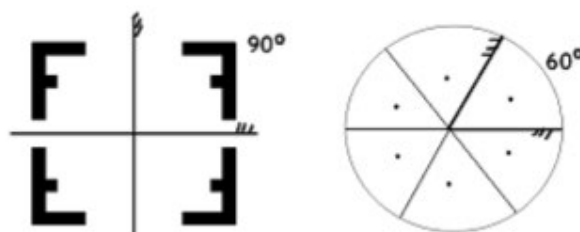
$$V_{\text{imagem}} = 2 V_{\text{espelho}}$$

- **Rotação:** espelho gira , raio refletido gira 2θ



- **Associação de espelhos planos:** dois espelhos são colocados de modo a formar um ângulo α . O número N de imagens formadas é dado por:

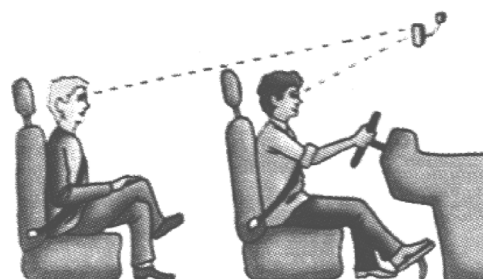
$$N = \frac{360}{\alpha} - 1$$



EXERCÍCIOS

1. .Numa aula de física foi comentada a situação esquematizada abaixo, onde motorista e passageiro conversam olhando no espelho retrovisor interno do carro. Com esse exemplo, o professor pretendia demonstrar uma aplicação da (o):

- reflexão difusa.
- fenômeno da difração.
- princípio da reflexão.
- princípio da reversibilidade da Luz.
- princípio da independência dos raios luminosos



2. Um quadro coberto com uma placa de vidro plano, não pode ser visto tão nitidamente quanto outro não coberto, porque o vidro:

- é opaco;
- é transparente;
- não reflete a luz;
- reflete parte da luz;

3. Você pode ver a folha de um livro, porque ela:

- é feita de celulose;
- possui luz e a emite;

- c) é branca e absorve a luz;
- d) difunde a luz para seus olhos;

4. Qual das afirmações abaixo é correta?

- a) a velocidade da luz é igual a velocidade do som;
- b) a luz se propaga em linha reta;
- c) a velocidade da luz solar é maior que a da luz de uma vela;
- d) a luz não se propaga no vácuo;

5. O vidro fosco é um meio:

- a) opaco;
- b) translúcido;
- c) transparente;
- d) nenhuma das anteriores;

6. À medida que a luz solar penetra na água, em locais de grande profundidade, ela vai se transformando em outro tipo de energia (geralmente em energia calorífica). Este fenômeno é conhecido por:

- a) difusão;
- b) mutação;
- c) absorção;
- d) refração;

7. Os corpos que permitem a passagem parcial da luz se chamam:

- a) opacos;
- b) transparentes;
- c) translúcidos;
- d) luminosos;

8. A luz se propaga:

- a) em linha curva;
- b) somente no ar;

- c) num só sentido;
- d) em linha reta;

9. Quando ocorre um eclipse parcial do Sol, o observador se encontra:

- a) na sombra;
- b) na penumbra;
- c) na região plenamente iluminada;
- d) nenhuma das anteriores;

10. Uma fonte luminosa projeta luz sobre as paredes de uma sala; um pilar intercepta parte desta luz. A penumbra que se observa é devida:

- a) ao fato de não ser pontual a fonte luminosa;
- b) ao fato de não se propagar a luz em linha reta;
- c) aos fenômenos de interferência da luz depois de tangenciar os bordos do pilar;
- d) aos fenômenos de difração;

11. À noite, numa sala iluminada, é possível ver os objetos da sala por reflexão numa vidraça melhor do que durante o dia. Isso ocorre porque, à noite:

- a) aumenta a parcela de luz refletida pela vidraça;
- b) não há luz refletida pela vidraça;
- c) diminui a parcela de luz refratada, proveniente do exterior;
- d) aumenta a parcela de luz absorvida pela vidraça;

12. Um observador A, olhando num espelho, vê um outro observador B. Se B olhar no mesmo espelho, ele verá o observador A. Esse fato é explicado pelo:

- a) princípio da propagação retilínea da luz;
- b) princípio da independência dos raios luminosos;
- c) princípio da reversibilidade dos raios luminosos;
- d) princípio da propagação curvilínea da luz;

13. Dois faroletes emitem feixes de luz que se interceptam. Após o cruzamento dos feixes:

- a) um feixe se reflete no outro feixe;
- b) os dois feixes se juntam formando um único feixe;

- c) os feixes continuam sua propagação como se nada tivesse acontecido;
- d) os feixes diminuem de intensidade;

14. Uma lâmpada apagada não pode ser vista no escuro porque:

- a) ela não é fonte de luz primária mesmo quando acesa;
- b) ela é uma fonte secundária de luz;
- c) ela é uma fonte primária de luz;
- d) o meio não é transparente;

15. Dentre as alternativas escolha a que contém apenas fontes primárias de luz:

- a) pilha de lanterna, Sol e fósforo;
- b) Sol, Lua e lâmpada elétrica;
- c) Lâmpada elétrica, fósforo e Sol;
- d) Sol, lâmpada acesa e estrelas;

16. A sombra de uma nuvem sobre o solo tem a mesma forma e o mesmo tamanho que a própria nuvem porque os raios solares são:

- a) praticamente paralelos;
- b) muito divergentes;
- c) pouco numerosos;
- d) todos convergentes a um mesmo ponto;
- e) muito numerosos;

17. Qual dos seguintes objetos seria visível numa sala perfeitamente escurecida?

- a) um espelho;
- b) qualquer superfície clara;
- c) um fio aquecido ao rubro;
- d) uma lâmpada desligada;
- e) um gato preto;

18. Os eclipses do Sol e da Lua comprovam o princípio da:

- a) reversibilidade dos raios luminosos;
- b) independência dos raios luminosos;

- c) refração da luz;
- d) propagação retilínea;

19- (CESGRANRIO) Um experiente cientista apóia a ponta de um lápis sobre um espelho plano e avalia que a imagem da ponta do lápis dista 8 mm desta. Com base nessa estimativa, conclui-se que a espessura do vidro é de:

- a) 16 mm b) 4 mm c) 1 mm d) 8 mm e) 2 mm

20- Um raio de luz incide num espelho plano formando um ângulo de 40° , com o espelho como indica a figura. Determine:

- (a) o ângulo de incidência;
- (b) o ângulo de reflexão;
- (c) o ângulo formado entre o raio refletido e o espelho ;
- (d) o ângulo formado entre o raio incidente e o raio refletido.



21- Um estudante curioso e perspicaz deseja saber a altura de um prédio. Num dia ensolarado e munido de uma trena ele mediu o comprimento da sombra do prédio e o comprimento da própria sombra, obtendo os valores 20,0 m e 0,6 m, respectivamente. Sendo sua altura de 1,8 m, qual a altura do prédio?

22- (PUC-SP) Um objeto está a 20 cm de um espelho plano. Um observador, que se encontra diretamente atrás do objeto e a 50 cm do espelho, vê a imagem do objeto distante de si, a:

- a) 40 cm b) 70 cm c) 90 cm d) 100 cm e) 140 cm

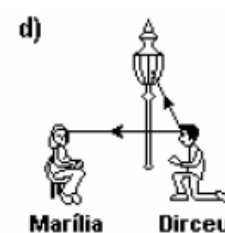
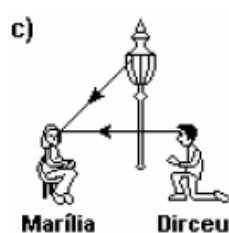
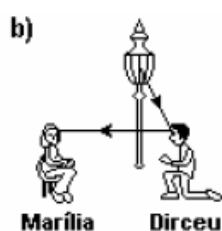
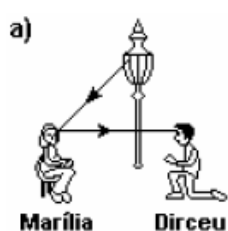
23- São fontes luminosas primárias:

- a) lanterna acesa, espelho plano, vela apagada.
- b) olho-de-gato, Lua, palito de fósforo aceso.
- c) lâmpada acesa, fio aquecido ao rubro, vaga-lume aceso.
- d) planeta Marte, fio aquecido ao rubro, parede de cor clara.
- e) vídeo de uma TV em funcionamento, Sol, lâmpada apagada.

24- Um raio de luz atinge uma superfície metálica, onde reflete. O ângulo entre os raios incidente e refletido mede 35° . O ângulo de incidência mede:

- a) $20,5^\circ$ b) $17,5^\circ$ c) $35,0^\circ$ d) $70,0^\circ$ e) $75,0^\circ$

25- UFMG - Marília e Dirceu estão em uma praça iluminada por uma única lâmpada. Assinale a alternativa em que estão CORRETAMENTE representados os feixes de luz que permitem a Dirceu ver Marília.



REFRAÇÃO

- O fenômeno da refração é caracterizado pela mudança na velocidade de propagação da onda.
- Para a óptica geométrica o índice de refração (absoluto) é a razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio.

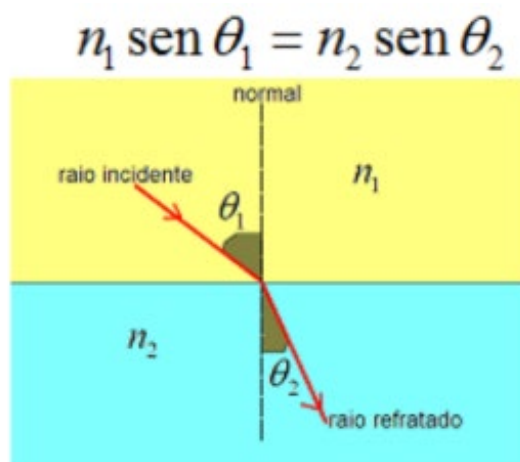
$$n = \frac{c}{v}$$

Índice de refração relativo

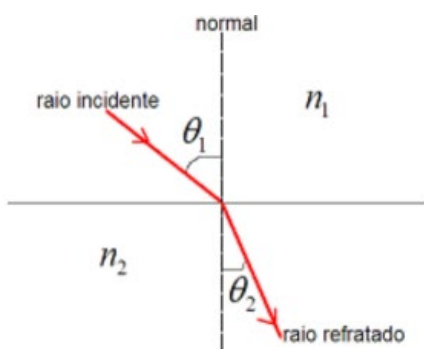
$$\frac{n_A}{n_B} = \frac{v_B}{v_A}$$

LEIS DA REFRAÇÃO

- O raio incidente, o raio refratado e a reta normal estão no mesmo plano.
- Lei de Snell



É importante reconhecer através do desenho, qual o meio onde a luz é mais rápida e qual é mais lenta. É possível reconhecer pelo ângulo. O maior ângulo significa maior velocidade e conseqüentemente menor índice de refração.



EXERCÍCIO

1. (Mackenzie-SP) Um raio luminoso monocromático, ao passar do ar ($n = 1,0$) para a água, reduz sua velocidade de 25%. O índice de refração absoluto da água para esse raio luminoso é de aproximadamente:

- a) 1,2.
- b) 1,3.
- c) 1,4.
- d) 1,5.
- e) 1,6.

2. (Cesgranrio-RJ) Um feixe de luz monocromática passa de um meio de índice de refração n_1 para outro, de índice de refração n_2 . A velocidade de propagação da luz no primeiro meio é v_1 e, no segundo, v_2 . Assim, a razão n_1/n_2 é igual a:

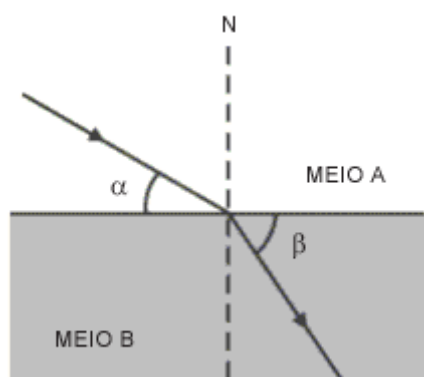
- a) $(v_1/v_2)^2$.
- b) $(v_2/v_1)^2$.
- c) v_1/v_2 .
- d) v_2/v_1 .
- e) $\sqrt{\frac{v_1}{v_2}}$.

3. (Mackenzie-SP) Um feixe luminoso monocromático atravessa um determinado meio

homogêneo, transparente e isotrópico, com velocidade de $2,4 \cdot 10^8$ m/s. Considerando a velocidade da luz no vácuo $c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s, o índice de refração absoluto deste meio é:

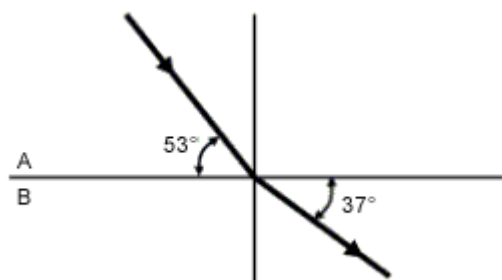
- a) 1,25 m/s.
- b) 1,25.
- c) 0,8 m/s.
- d) 0,8.
- e) $7,2 \cdot 10^{16}$ m/s.

4. (Mackenzie-SP) Quando um raio de luz monocromática, proveniente de um meio homogêneo, transparente e isotrópico, identificado por meio A, incide sobre a superfície de separação com um meio B, também homogêneo, transparente e isotrópico, passa a se propagar nesse segundo meio, conforme mostra a figura. Sabendo-se que o ângulo α é menor que o ângulo β , podemos afirmar que:



- a) no meio A a velocidade de propagação da luz é menor que no meio B.
- b) no meio A a velocidade de propagação da luz é sempre igual à velocidade no meio B.
- c) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B.
- d) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B, somente se β é o ângulo limite de incidência.
- e) no meio A a velocidade de propagação da luz é maior que no meio B, somente se β é o ângulo limite de refração.

5. (Fatec-SP) Na figura, um raio de luz monocromático se propaga pelo meio A, de índice de refração 2,0.



Dados:

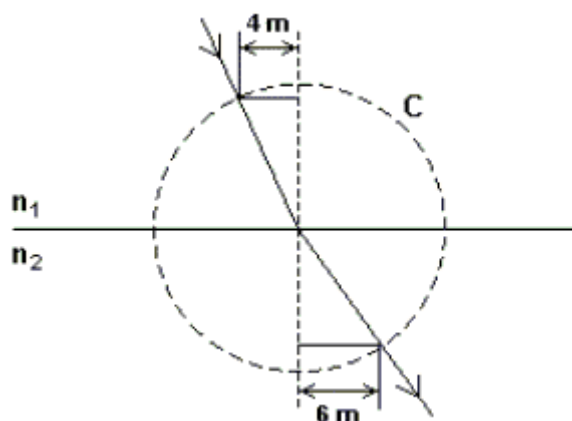
$$\text{sen } 37^\circ = 0,60$$

$$\text{sen } 53^\circ = 0,80$$

Devemos concluir que o índice de refração do meio B é:

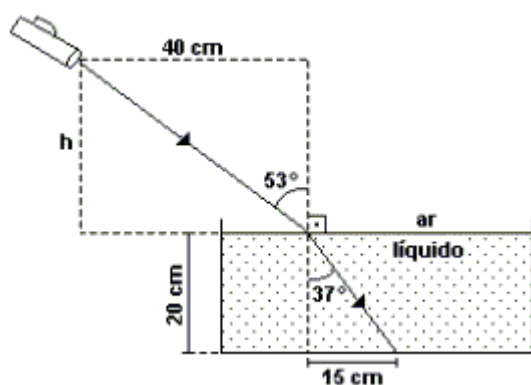
- a) 0,5.
- b) 1,0.
- c) 1,2.
- d) 1,5.
- e) 2,0.

6. (UFRGS) A figura 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) $3/2$.

7. (PUC-Campinas-SP) De uma lanterna colocada no ar ($n = 1,0$) sai um estreito feixe de luz que incide na superfície de separação entre o ar e um líquido transparente, refratando-se conforme mostra a figura. O índice de refração do líquido é:

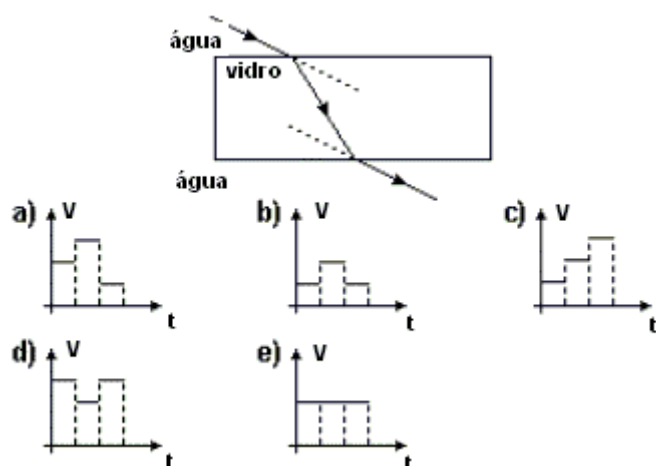


- a) 1,28.
- b) 1,33.
- c) 1,39.
- d) 1,46.
- e) 1,51.

8. (UFSM-RS) Um raio de luz é refletido totalmente na superfície de separação de dois meios a partir do ângulo limite de 45° . Sendo $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ e $\sin 90^\circ = 1$, assinale o índice de refração do meio de incidência. Considere que um dos meios é o ar, cujo índice de refração é

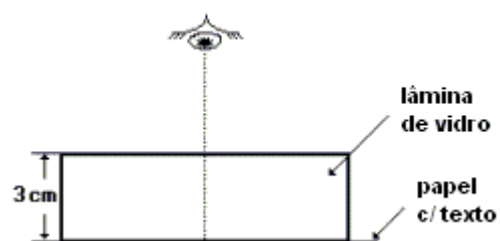
- a) $\frac{\sqrt{2}}{2}$
b) $1 - \left[\frac{\sqrt{2}}{2} \right]$
c) 1.
d) $\frac{2}{\sqrt{2}}$
e) $2\sqrt{2}$

9. (PUC-SP) Uma lâmina de vidro de faces paralelas está imersa na água. Sabe-se que o vidro é um meio mais refringente que a água e, portanto, seu índice de refração é maior que o da água. Para um raio de luz monocromática que passa da água para o vidro e chega novamente à água (figura), o gráfico que melhor representa a variação de sua velocidade de propagação em função do tempo é:



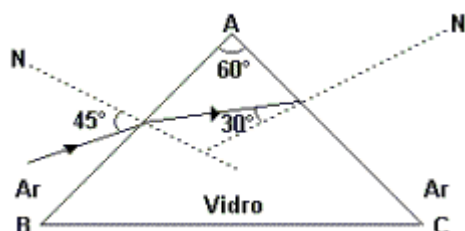
10. (UFC-CE) Uma folha de papel, com um texto impresso, está protegida por uma espessa placa de vidro.

O índice de refração do ar é 1,0 e o do vidro 1,5. Se a placa tiver 3 cm de espessura, a distância do topo da placa à imagem de uma letra do texto, quando observada na vertical, é:



- a) 1 cm.
- b) 2 cm.
- c) 3 cm.
- d) 4 cm.

11. (PUC-Campinas-SP) Um prisma de vidro, cujo ângulo de refração é 60° , está imerso no ar. Um raio de luz monocromática incide em uma das faces do prisma sob ângulo de 45° e, em seguida, na segunda face sob ângulo de 30° , como está representado no esquema.



Dados:

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Nessas condições, o índice de refração do vidro em relação ao ar, para essa luz monocromática vale:

a) $\frac{3\sqrt{2}}{2}$.

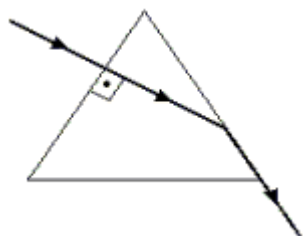
b) $\sqrt{3}$.

c) $\sqrt{2}$.

d) $\frac{\sqrt{6}}{2}$.

e) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$.

12. (PUC-SP) Um raio de luz monocromática incide perpendicularmente em uma das faces de um prisma equilátero emerge de forma rasante pela outra face. Considerando $n_{\text{vidro}} = 1,73$ e supondo o prisma imerso no ar, cujo índice de refração é 1, o índice de refração do material que constitui o prisma será, aproximadamente:



a) 0,08.

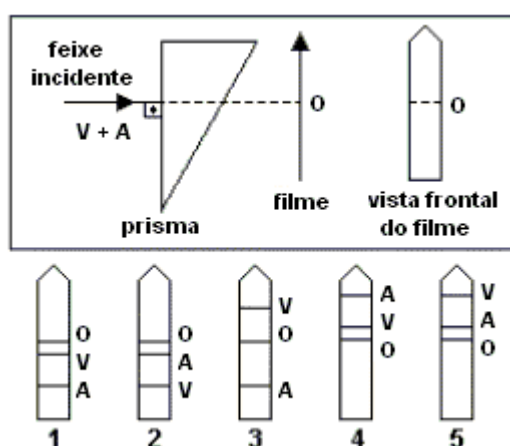
b) 1,15.

c) 2,00.

d) 1,41.

e) 2,82.

13. (Vunesp-SP) Um feixe de luz composto pelas cores vermelha (V) e azul (A), propagando-se no ar, incide num prisma de vidro perpendicularmente a uma de suas faces. Após atravessar o prisma, o feixe impressiona um filme colorido, orientado conforme a figura. A direção inicial do feixe incidente é identificada pela posição O no filme. Sabendo-se que o índice de refração do vidro é maior para a luz azul do que para a vermelha, a figura que melhor representa o filme depois de revelado é:



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

14. (UEPB) Ao viajar num dia quente por uma estrada asfaltada, é comum enxergarmos ao longe uma "poça d'água". Sabemos que em dias de alta temperatura as camadas de ar, nas proximidades do solo, são mais quentes que as camadas superiores. Como explicamos essa miragem?

- a) devido ao aumento de temperatura a luz sofre dispersão.
- b) a densidade e o índice de refração absoluto diminuem com o aumento da temperatura. Os raios rasantes incidentes do Sol alcançam o ângulo limite e há reflexão total.
- c) devido ao aumento de temperatura, ocorre refração com desvio.
- d) ocorre reflexão simples devido ao aumento da temperatura.

e) devido ao aumento de temperatura, a densidade e o índice de refração absoluto aumentam. Os raios rasantes incidentes do Sol alcançam o ângulo limite e sofrem reflexão total.

15. (Olimpíada Paulista de Física) Um fenômeno que ocorre em dias chuvosos é a formação do arco-íris. Considere as afirmações abaixo.

- I. As cores do arco-íris surgem devido ao fenômeno da reflexão da luz na superfície externa das gotículas de água.
- II. As cores do arco-íris são próprias das gotículas de água, não dependendo da luz incidente.
- III. As cores do arco-íris surgem devido ao fenômeno da dispersão da luz que ocorre com a incidência da luz solar em gotículas de água.

Com relação às afirmações, podemos dizer que:

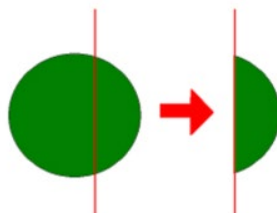
- a)** todas são corretas.
- b)** nenhuma é correta.
- c)** apenas I é correta.
- d)** apenas II é correta.
- e)** apenas III é correta.

RESPOSTAS: 1. B / 2. D / 3. B / 4. C / 5. D / 6. A / 7. B / 8. D / 9. D / 10. B / 11. C / 12. B / 13. D / 14. B
15. E

ESPELHOS ESFÉRICOS

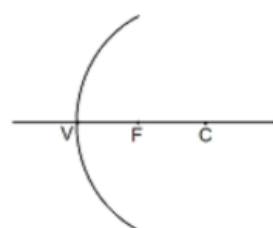
São calotas esféricas polidas.

Pense em uma esfera polida por dentro e por fora. Faça agora um corte transversal.



Essa calota esférica será o espelho esférico. Sua parte externa é chamada convexa e sua parte interna é côncava.

Representação e características



V = vértice

F = foco

C = centro de curvatura

Raio da curvatura = $2F$

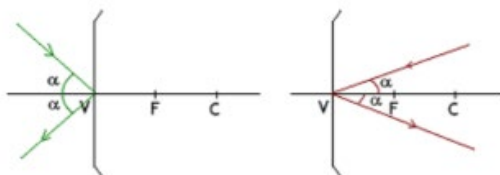
$$FC = FV$$

Dessa forma o desenho obedece às Condições de Gauss (e os espelhos esféricos estudados, quase sempre, obedecem às condições de Gauss).

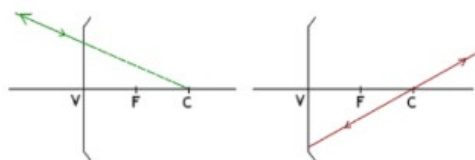
- Pouca esfericidade;
- Raios luminosos próximos ao eixo principal.

Para poder fazer os desenhos e representar as imagens corretamente usamos os raios principais que incidem nos espelhos esféricos:

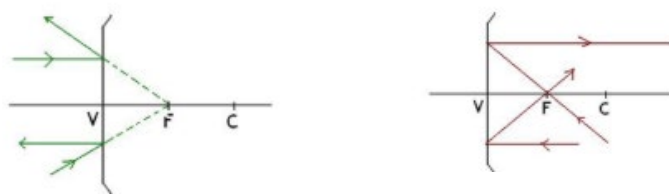
* O raio luminoso que incide no vértice possui ângulo de incidência igual ao de reflexão.



* O raio luminoso que passando pelo centro de curvatura é refletido pelo centro de curvatura.

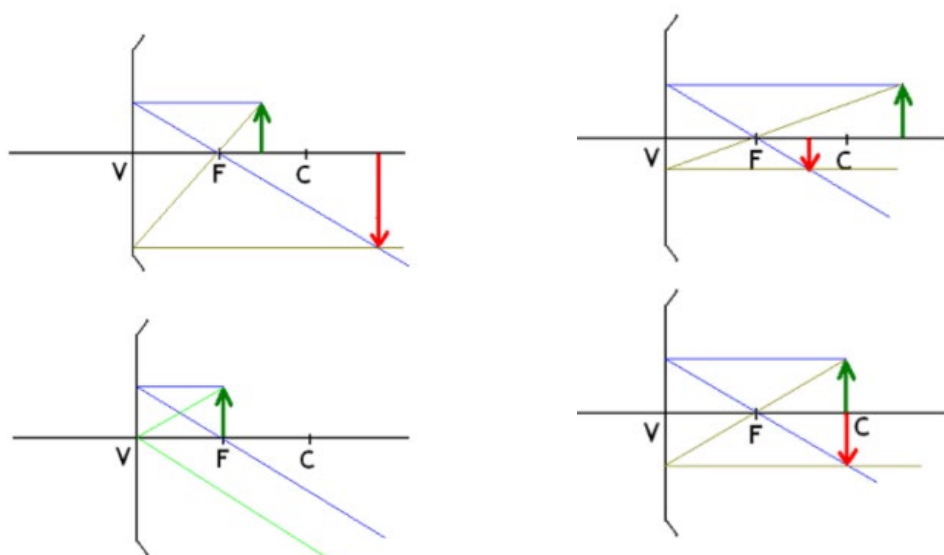


* O raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal é refletido pelo foco (vice-versa = reversibilidade).

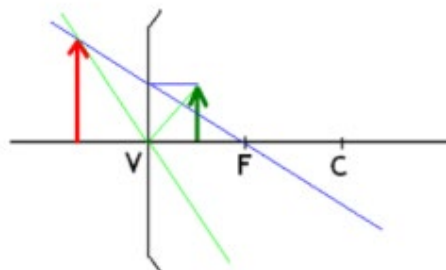


FORMAÇÃO DE IMAGENS

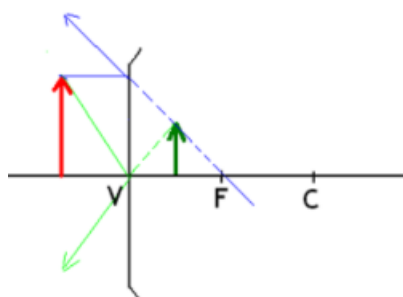
Côncavo – objeto na parte interna da concavidade (real). A imagem é invertida e real. O tamanho da imagem depende da posição do objeto. Observe que à medida que o objeto se aproxima do espelho a imagem se afasta do espelho ficando maior.



Côncavo – objeto na parte interna da concavidade (real), mas colocado entre o foco e o vértice. A imagem se forma na parte de trás do espelho. É chamada virtual, direita e sempre é maior do que o objeto.

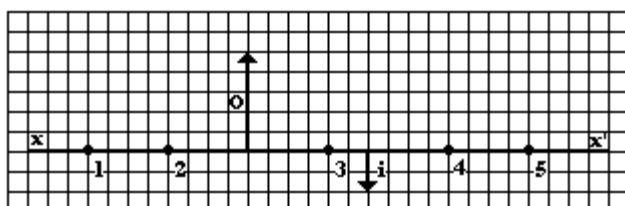


Convexo – objeto na parte externa da concavidade (agora chamada de real). A imagem se forma na parte interna do espelho entre o foco e o vértice. É chamada virtual, direita e sempre é menor do que o objeto.



EXERCÍCIOS

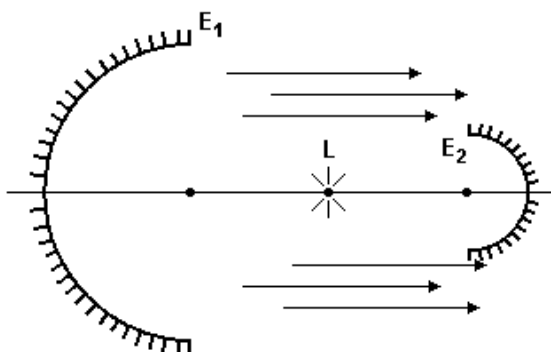
1. (UEL) Na figura a seguir estão representados um objeto O e sua imagem i conjugada por um espelho esférico côncavo, cujo eixo principal é xx' .



De acordo com a figura, o vértice do espelho está localizado no ponto

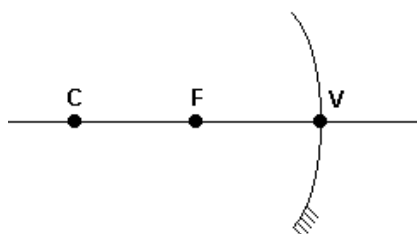
- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

2. (FUVEST) Um holofote é constituído por dois espelhos esféricos côncavos E e E , de modo que a quase totalidade da luz proveniente da lâmpada L seja projetada pelo espelho maior E , formando um feixe de raios quase paralelos. Neste arranjo, os espelhos devem ser posicionados de forma que a lâmpada esteja aproximadamente



- a) nos focos dos espelhos E e E .
b) no centro de curvatura de E , e no vértice de E .
c) no foco de E e no centro de curvatura de E .
d) nos centros de curvatura de E e E .
e) no foco de E e no centro de curvatura de E .

3. (PUC-PR) Considere o esquema ótico a seguir, onde V é o vértice do espelho côncavo, C seu centro de curvatura e F seu foco principal.



Associe as colunas a seguir:

POSIÇÃO DO OBJETO

- () à esquerda de C
- () sobre C
- () entre C e F
- () sobre F
- () entre F e V

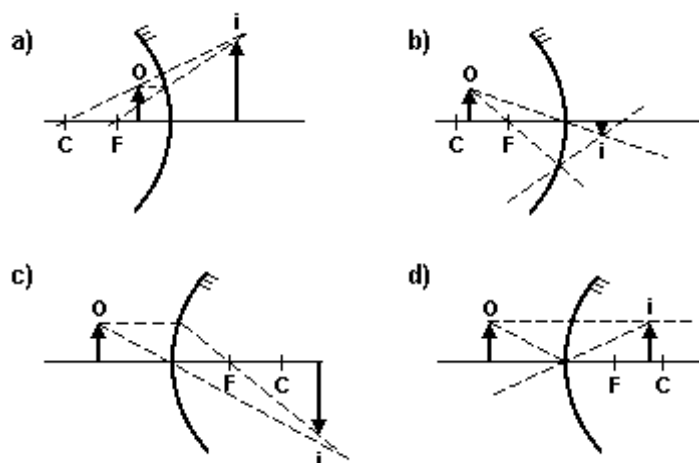
CARACTERÍSTICAS DA IMAGEM

1. real, maior e invertida
2. imagem imprópria
3. real, menor e invertida
4. real, igual e invertida
5. virtual, maior e direita

A sequência correta, de cima para baixo, será:

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

4. (UFU) Considere os espelhos côncavos e convexos e os seus respectivos focos (F) e centros (C) desenhados nos itens a seguir. Assinale a alternativa que representa corretamente o objeto real (o) e a sua imagem (i) formada.



5. (UNIFESP) Considere as situações seguintes.

I. Você vê a imagem ampliada do seu rosto, conjugada por um espelho esférico.

II. Um motorista vê a imagem reduzida de um carro atrás do seu, conjugada pelo espelho retrovisor direito.

III. Uma aluna projeta, por meio de uma lente, a imagem do lustre do teto da sala de aula sobre o tampo da sua carteira.

A respeito dessas imagens, em relação aos dispositivos ópticos referidos, pode-se afirmar que

- a) as três são virtuais.
- b) I e II são virtuais; III é real.
- c) I é virtual; II e III são reais.
- d) I é real; II e III são virtuais.
- e) as três são reais.

6. (UFPR) Mãe e filha visitam a "Casa dos Espelhos" de um parque de diversões. Ambas se aproximam de um grande espelho esférico côncavo. O espelho está fixo no piso de tal forma que o ponto focal F e o centro de curvatura C do espelho ficam rigorosamente no nível do chão. A criança pára em pé entre o ponto focal do espelho e o vértice do mesmo. A mãe pergunta à filha como ela está se vendo e ela responde:

- a) "Estou me vendo maior e em pé."
- b) "Não estou vendo imagem alguma."
- c) "Estou me vendo menor e de cabeça para baixo."
- d) "Estou me vendo do mesmo tamanho."

e) "Estou me vendo em pé e menor."

7. (UFAC – 2009) A parte côncava de uma colher de sopa de aço inox limpa pode ser utilizada como um espelho côncavo. Supondo que esta parte tenha um raio de curvatura de aproximadamente 4,0 cm. Qual a distância focal desse espelho, quando um objeto for colocado sobre seu eixo distante 12 cm do vértice?

8. (FUVEST) A imagem de um objeto forma-se a 40 cm de um espelho côncavo com distância focal de 30 cm. A imagem formada situa-se sobre o eixo principal do espelho, é real, invertida e tem 3 cm de altura.

a) Determine a posição do objeto.

b) Construa o esquema referente à questão representando objeto, imagem, espelho e raios utilizados e indicando as distâncias envolvidas.

9. (UFPEI) Um objeto de 6 cm de altura é colocado perpendicularmente ao eixo principal e a 24 cm do vértice de um espelho esférico côncavo, de raio de curvatura 36 cm. Baseado em seus conhecimentos sobre óptica geométrica, a altura e natureza da imagem são, respectivamente,

- a) 2 cm, virtual e direita.
- b) 12 cm, real e invertida.
- c) 18 cm, virtual e direita.
- d) 18 cm, real e invertida.
- e) 2 cm, virtual e invertida.

10. (UFSCAR) Uma mocinha possuía um grande espelho esférico côncavo que obedecia às condições de estigmatismo de Gauss. Com seu espelho, de raio de curvatura 3,0 m, estava acostumada a observar recentes cravos e espinhas. Certo dia, sem que nada se interpusesse entre ela e seu espelho, observando-o diretamente, a uma distância de 2,0 m da superfície refletora e sobre o eixo principal,

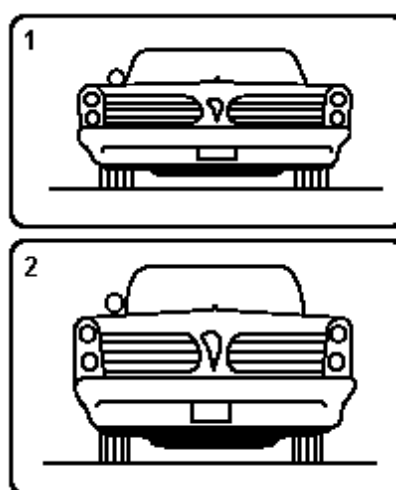
a) não pôde observar a imagem de seu rosto, que é de tamanho menor e em posição invertida.

- b) não pôde observar a imagem de seu rosto, que é de tamanho maior e em posição invertida.
- c) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho reduzido e disposta em posição direita.
- d) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho ampliado e disposta em posição direita.
- e) pôde observar a imagem de seu rosto em tamanho ampliado e disposta em posição invertida.

11. (UERJ) Com o objetivo de obter mais visibilidade da área interna do supermercado, facilitando o controle da movimentação de pessoas, são utilizados espelhos esféricos cuja distância focal em módulo é igual a 25 cm. Um cliente de 1,6 m de altura está a 2,25 m de distância do vértice de um dos espelhos.

- a) Indique o tipo de espelho utilizado e a natureza da imagem por ele oferecida.
- b) Calcule a altura da imagem do cliente.

12. (UNICAMP) Em alguns carros é comum que o espelho retrovisor modifique a altura aparente do carro que vem atrás. As imagens a seguir são vistas pelo motorista em um retrovisor curvo (Fig. 1) e em um retrovisor plano (Fig. 2).



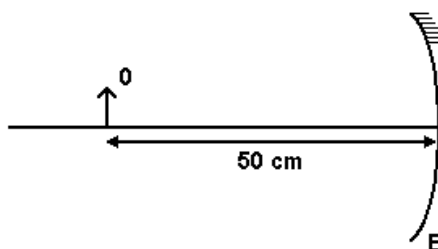
- a) Qual é (qualitativamente) a curvatura do retrovisor da Fig. 1?
- b) A que distância o carro atrás se encontra, quando a sua imagem vista pelo motorista ocupa todo o espelho plano (Fig. 2), cuja altura é de 4,0 cm? Considere que a altura real

do carro seja de 1,6 m e que o teto do carro, o olho do motorista (situado a 50 cm do retrovisor) e o topo da imagem no espelho estejam alinhados horizontalmente.

13. O espelho esférico convexo de um retrovisor de automóvel tem raio de curvatura de 80cm. Esse espelho conjuga, para certo objeto sobre o seu eixo principal, imagem 20 vezes menor. Nessas condições, a distância do objeto ao espelho, em metros, é de

- a) 1,9 b) 3,8 c) 7,6
d) 9,5 e) 12

14. (UFAL) Um objeto O, em forma de seta de 5,0cm de comprimento, está apoiado no eixo principal de um espelho esférico côncavo de distância focal 40cm, a 50cm do vértice como está indicado no esquema.



- a) Determine a distância da imagem ao vértice do espelho, em cm.
b) Determine o valor do comprimento da imagem, em cm.

15. (FATEC) Para se barbear, um jovem fica com o seu rosto situado a 50cm de um espelho, e este fornece sua imagem ampliada 2 vezes.

O espelho utilizado é

- a) côncavo, de raio de curvatura 2,0 m.
b) côncavo, de raio de curvatura 1,2 m.
c) convexo, de raio de curvatura 2,0 m.
d) convexo, de raio de curvatura 1,2 m.
e) plano.

16. (UFF) Um rapaz utiliza um espelho côncavo, de raio de curvatura igual a 40cm, para barbear-se. Quando o rosto do rapaz está a 10cm do espelho, a ampliação da imagem produzida é:

- a) 1,3 b) 1,5 c) 2,0
d) 4,0 e) 40

GABARITO

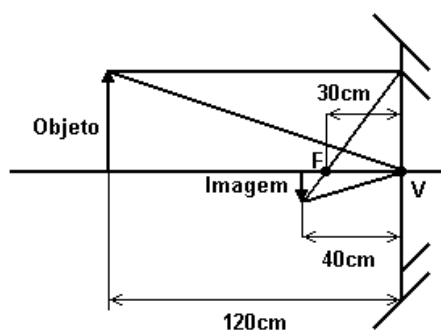
5. B

6. A

7. B

8. a) 120 cm.

b) Observe a figura a seguir.



9. D

10. B

11. a) espelho convexo, imagem virtual.

b) 16 cm

12. a) convexa

b) 19,5 m do espelho

13. C

14. a) 200 cm

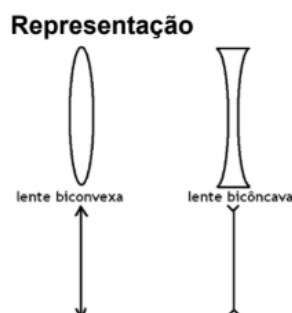
b) 20 cm

15. A

16. C

LENTEs

São formadas por calotas transparentes com um índice de refração diferente do meio onde estão inseridas.



- Comportamento: o comportamento de uma lente (divergente ou convergente) está relacionado com o índice de refração do meio e da lente, além do formato da lente,

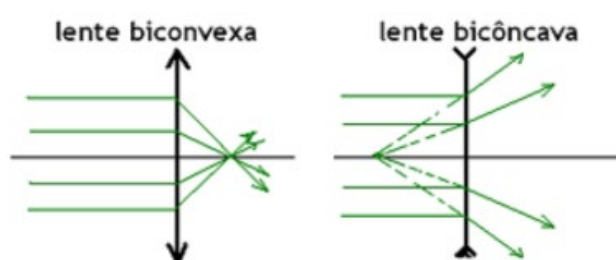
Caso mais comum.

Exemplo: lente de vidro imersa no ar.

Índice de refração da lente é maior do que o do meio:

Lente biconvexa: comportamento convergente

Lente bicôncava: comportamento divergente

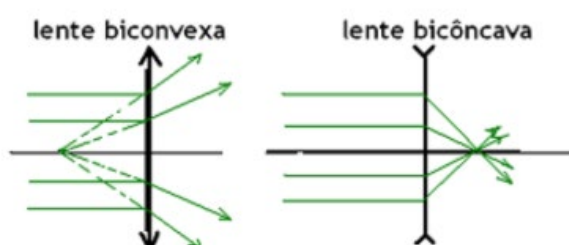


Caso incomum: lente oca com ar imersa na água.

Índice de refração da lente é menor do que o do meio:

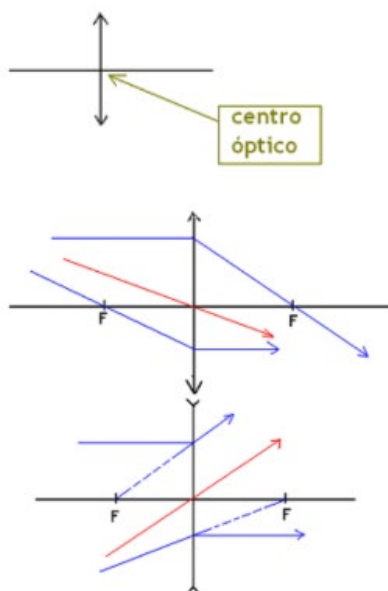
Lente biconvexa: comportamento divergente

Lente bicôncava: comportamento convergente

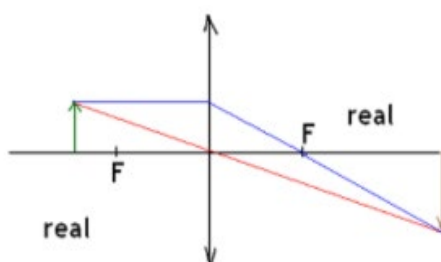


Raios principais nas lentes

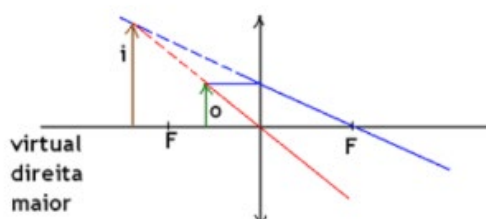
- O raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal é refratado pelo foco (vice versa).
- O raio luminoso que incide no centro óptico não muda de trajetória.



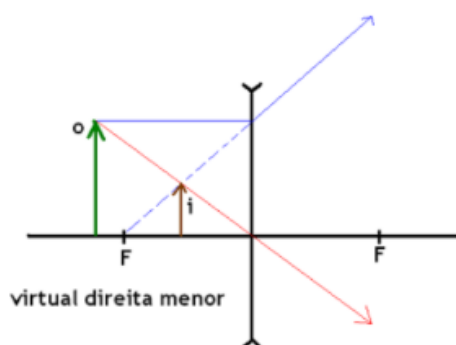
As lentes convergentes formam imagens com iguais classificações que os espelhos côncavos.



Quando o objeto encontra-se entre o foco e a lente a imagem é virtual, direita e maior.



As lentes divergentes formam imagens com iguais classificações que os espelhos convexos.



A imagem formada na lente divergente é virtual, direita e menor.

Dica: para lembrar a classificação da lente divergente (e também do espelho esférico convexo), lembre-se do olho mágico da porta. É uma lente DE VER GENTE (divergente) e sua imagem é menor (a pessoa parece pequena), direita (a pessoa aparece de pé) e a imagem direita é virtual.

Para resolver exercícios com contas é preciso conhecer a convenção de sinais.

- Distância focal = f
- Distância entre o objeto e a lente = p
- Distância entre a imagem e a lente = p'
- Tamanho do objeto = o
- Tamanho da imagem = i
- Aumento linear transversal = A

	+	-
f	Espelho côncavo Lente convergente	Espelho convexo Lente divergente
p e p'	Real	Virtual
o e i	Direita	Invertida

- Equação dos Pontos Conjugados de Gauss

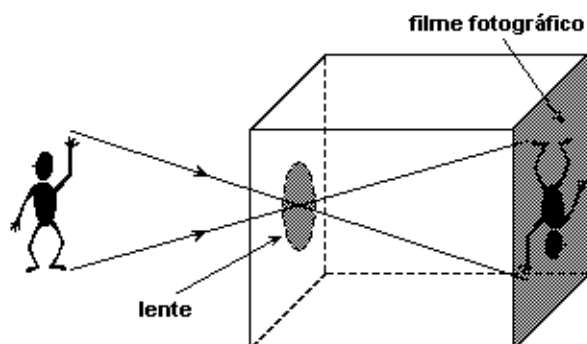
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

- Equação do Aumento Linear Transversal

$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

EXERCÍCIOS

1. (Ufpe 2006) Uma "câmera tipo caixote" possui uma única lente delgada convergente, de distância focal $f = 20$ cm. Qual deve ser a distância da lente ao filme, em cm, para que a imagem de uma pessoa que está de pé a 400 cm da câmera seja focalizada sobre o filme?



2. (Uerj 2006) O transatlântico dispõe de uma luneta astronômica com aumento visual G igual a 10, composta por duas lentes convergentes. A distância focal da objetiva é igual a 40 cm.

Em relação às lentes da luneta, determine:

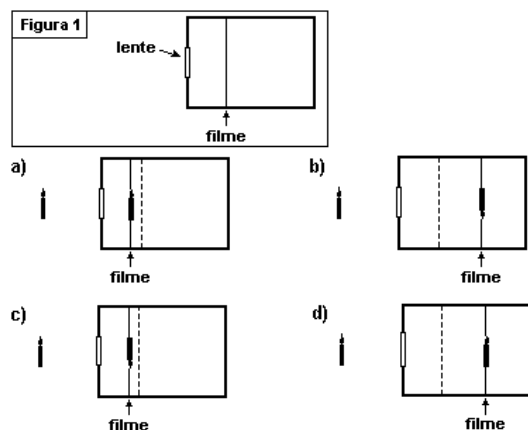
- suas convergências;
- o tipo de imagem produzida por cada uma delas.

3. (Ufmg 2005) Rafael, fotógrafo lambe-lambe, possui uma câmara fotográfica que consiste em uma caixa com um orifício, onde é colocada uma lente. Dentro da caixa, há um filme fotográfico, posicionado a uma distância ajustável em relação à lente.

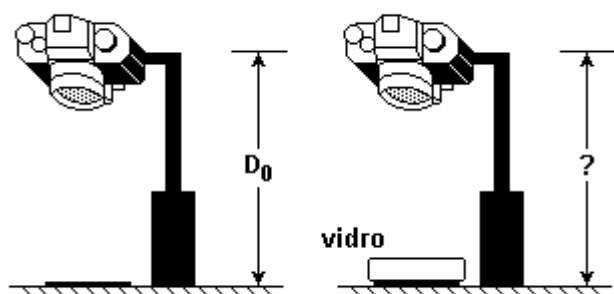
Essa câmara está representada, esquematicamente, na Figura 1.

Para produzir a imagem nítida de um objeto muito distante, o filme deve ser colocado na posição indicada, pela linha tracejada. No entanto, Rafael deseja fotografar uma vela que está próxima a essa câmara. Para obter uma imagem nítida, ele, então, move o filme em relação à posição acima descrita.

Assinale a alternativa cujo diagrama melhor representa a posição do filme e a imagem da vela que é projetada nele.



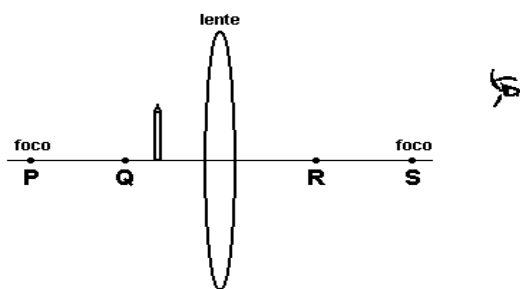
4. (Fuvest 2002) Certa máquina fotográfica é fixada a uma distância D^3 da superfície de uma mesa, montada de tal forma a fotografar, com nitidez, um desenho em uma folha de papel que está sobre a mesa.



Desejando manter a folha esticada, é colocada uma placa de vidro, com 5cm de espessura, sobre a mesma. Nesta nova situação, pode-se fazer com que a fotografia continue igualmente nítida

- a) aumentando D^3 de menos de 5 cm.
- b) aumentando D^3 de mais de 5 cm.
- c) reduzindo D^3 de menos de 5 cm.
- d) reduzindo D^3 de 5 cm.
- e) reduzindo D^3 de mais de 5 cm.

5. (Ufmg 2007) Tânia observa um lápis com o auxílio de uma lente, como representado na figura:



Essa lente é mais fina nas bordas que no meio e a posição de cada um de seus focos está indicada na figura.

Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que o ponto que melhor representa a posição da imagem vista por Tânia é o

a) P. b) Q. c) R. d) S.

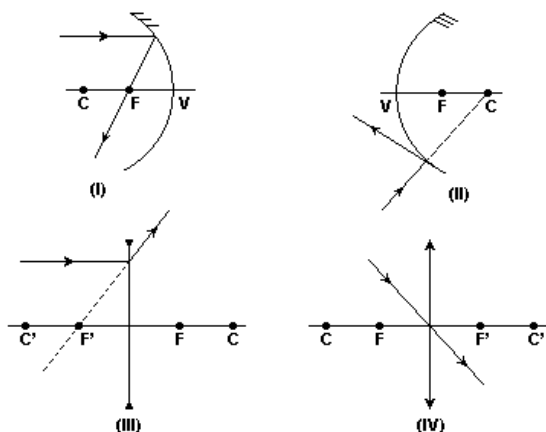
6. (G1 - cftpr 2006) Nas afirmações que seguem, assinale (V) verdadeiro ou (F) falso.

- () Lentes divergentes formam imagens reduzidas.
- () Espelhos côncavos podem fornecer imagens direitas ou invertidas.
- () Espelhos planos não formam imagens simétricas.
- () Pessoas com miopia ou hipermetropia não têm a imagem formada exatamente em cima da retina.

A sequência correta será:

- a) V - F - F - V.
- b) F - F - V - F.
- c) V - V - F - F.
- d) F - F - V - V.
- e) V - V - F - V.

7. (Ueg 2006) As figuras a seguir mostram alguns raios de luz em alguns espelhos esféricos e lentes.



Segundo a óptica geométrica, é CORRETO afirmar que

- a) os raios traçados nas figuras I e II estão corretos.
- b) os raios traçados nas figuras III e IV não estão corretos.
- c) a imagem de um objeto formada pela lente IV pode ser real ou virtual.
- d) a imagem de um objeto formada pelo espelho da figura II pode ser real ou virtual.

8. (Ueg 2005)



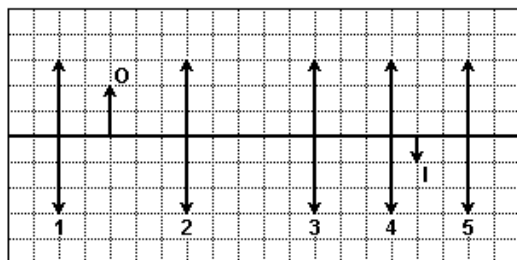
CARVALHO, R. P. de. *Física do dia-a-dia*. Belo Horizonte: Gutenberg, Autêntica Editoras, 2003. p.68.

Na tira apresentada, a personagem é uma lente convergente. Quando os raios do sol, que constituem um feixe de raios paralelos, incidem na lente, os raios convergem para um ponto. Para esse ponto convergem também os raios infravermelhos da radiação solar e, por isso, é alcançada uma temperatura bastante elevada. Ou seja, nesse caso, a lente é "botafogo".

Com base nas leis que regem a óptica geométrica, é INCORRETO afirmar:

- a) Um espelho côncavo fornece imagens reais, independente da posição do objeto.
- b) A imagem de um objeto, fornecida por uma lente divergente, é virtual, direita e menor que o objeto.
- c) A distância focal dos espelhos só depende do raio de curvatura.
- d) A luz emitida de um ponto luminoso (pequeno objeto) e refletida por um espelho plano chega aos olhos de um observador como se estivesse vindo de um ponto de encontro dos prolongamentos dos raios luminosos refletidos. Nesse ponto, o observador verá, então, uma imagem virtual do objeto.
- e) A hipermetropia deve-se ao encurtamento do globo ocular em relação ao comprimento normal. Portanto, deve-se associar ao olho uma lente convergente.

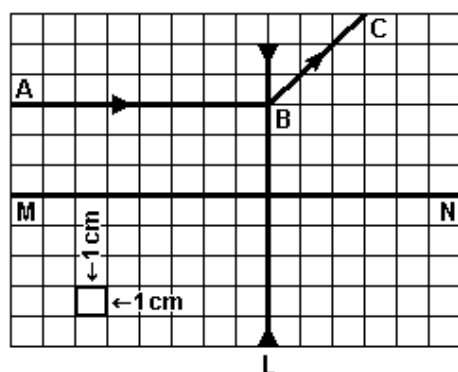
9. (Unesp 2005) Considere as cinco posições de uma lente convergente, apresentadas na figura.



A única posição em que essa lente, se tiver a distância focal adequada, poderia formar a imagem real I do objeto O, indicados na figura, é a identificada pelo número

a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

10. (Unesp 2004) Na figura, MN representa o eixo principal de uma lente divergente L, AB o trajeto de um raio luminoso incidindo na lente, paralelamente ao seu eixo, e BC o correspondente raio refratado.



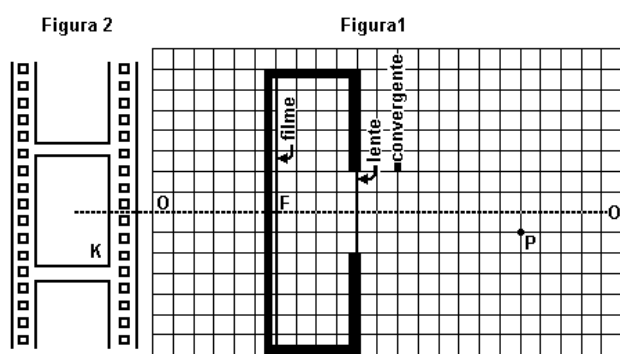
a) A partir da figura, determine a distância focal da lente.
b) Determine o tamanho e a posição da imagem de um objeto real de 3,0 cm de altura, colocado a 6,0 cm da lente, perpendicularmente ao seu eixo principal.

11. (Fuvest 2004) Uma máquina fotográfica, com uma lente de foco F e eixo OO', está ajustada de modo que a imagem de uma paisagem distante é formada com nitidez sobre o filme. A situação é esquematizada na figura 1. O filme, de 35 mm, rebatido sobre o plano, também está esquematizada na figura 2, com o fotograma K correspondente. A fotografia foi tirada, contudo, na presença de um fio vertical P, próximo à máquina, perpendicular à folha de papel, visto de cima, na mesma figura.

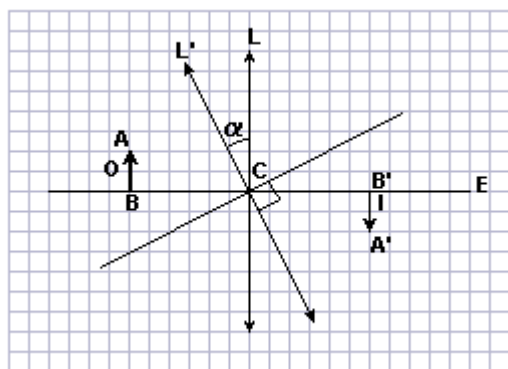
- Represente, na figura 1, a imagem de P, identificando-a por P' (Observe que essa imagem não se forma sobre o filme).
- Indique, na figura 1, a região AB do filme que é atingida pela luz refletida pelo fio, e os raios extremos, R_U e $R_{1/2}$, que definem essa região.
- Esboce, sobre o fotograma K da figura 2, a região em que a luz proveniente do fio impressiona o filme, hachurando-a.

NOTE E ADOTE:

Em uma máquina fotográfica ajustada para fotos de objetos distantes, a posição do filme coincide com o plano que contém o foco F da lente.



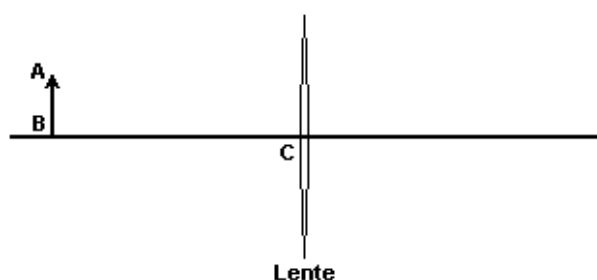
12. (Fuvest 2003) A figura representa, na linguagem da óptica geométrica, uma lente L de eixo E e centro C , um objeto O com extremidades A e B , e sua imagem I com extremidades A' e B' . Suponha que a lente L seja girada de um ângulo α em torno de um eixo perpendicular ao plano do papel e fique na posição L^* indicada na figura. Responda as questões, na figura, utilizando os procedimentos e as aproximações da óptica geométrica. Faça as construções auxiliares a lápis e apresente o resultado final utilizando caneta.



- Indique com a letra F as posições dos focos da lente L .
- Represente, na mesma figura, a nova imagem I^* do objeto O , gerada pela lente L^* , assinalando os extremos de I^* por A^* e por B^* .

13. (Uff 2005) Um objeto luminoso de 2,0 cm de altura se encontra a uma distância de 60 cm de uma lente convergente. A lente forma uma imagem, perfeitamente focalizada e com o mesmo tamanho do objeto, sobre uma tela situada a uma distância desconhecida.

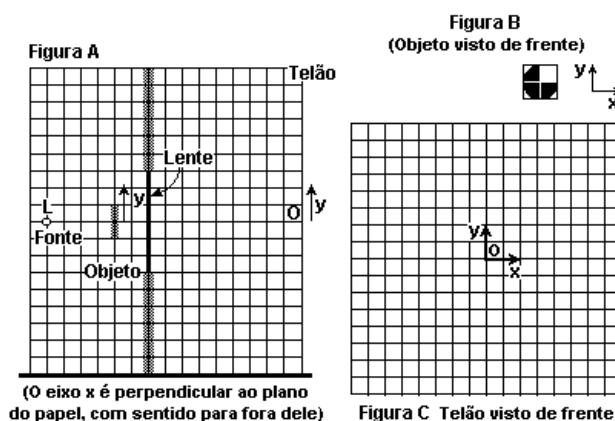
- Com o auxílio do traçado de pelo menos dois raios luminosos provenientes do objeto, no esquema a seguir, esboce sua imagem e descreva a natureza (real ou virtual) e a orientação (direita ou invertida) da imagem.



- Determine a distância focal da lente e a distância que ela se encontra da tela.
- Suponha que um objeto opaco cubra a metade superior da lente. Que alterações ocorrerão

no tamanho e na luminosidade da imagem formada na tela? (aumento, diminuição, ou nenhuma alteração)

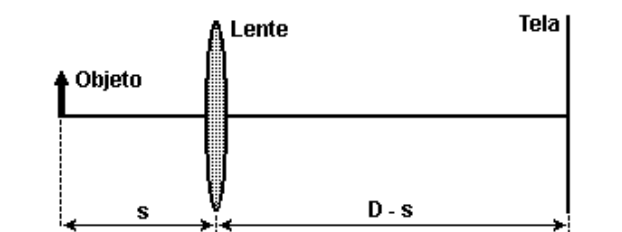
14. (Fuvest 2005) Uma fonte de luz intensa L , praticamente pontual, é utilizada para projetar sombras em um grande telão T , a 150cm de distância. Para isso, uma lente convergente, de distância focal igual a 20cm, é encaixada em um suporte opaco a 60cm de L , entre a fonte e o telão, como indicado na figura A, em vista lateral. Um objeto, cuja região opaca está representada pela cor escura na figura B, é, então, colocado a 40cm da fonte, para que sua sombra apareça no telão. Para analisar o efeito obtido, indique, no esquema a seguir:



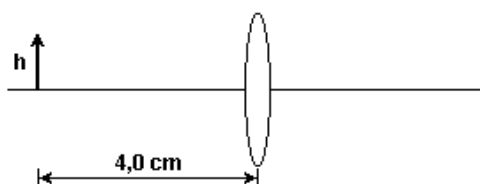
- a) a posição da imagem da fonte, representando-a por L' .
- b) a região do telão, na ausência do objeto, que NÃO é iluminada pela fonte, escurecendo-a a lápis. (Faça, a lápis, as construções dos raios auxiliares, indicando por A e A' , os raios que permitem definir os limites de tal região).
- c) a região do telão, na presença do objeto, que NÃO é iluminada pela fonte, escurecendo-a a lápis. (Faça, a lápis, as construções dos raios auxiliares necessários para tal determinação).

15. (Ufg 2007) Em um arranjo experimental, uma lente convergente, disposta frontalmente entre uma lâmpada acesa de bulbo transparente e uma parede, foi deslocada horizontalmente até se obter uma imagem do filamento aumentada em 3 vezes. Sendo 2,0 m a distância da lâmpada à parede, calcule a distância focal da lente.

16. (Ufpe 2007) Um objeto luminoso e uma tela de projeção estão separados pela distância $D = 80$ cm. Existem duas posições em que uma lente convergente de distância focal $f = 15$ cm, colocada entre o objeto e a tela, produz uma imagem real na tela. Calcule a distância, em cm, entre estas duas posições.



17. (Ufpe 2007) Um objeto de altura $h = 2,5$ cm está localizado a $4,0$ cm de uma lente delgada de distância focal $f = +8,0$ cm. Determine a altura deste objeto, em cm, quando observado através da lente.



a) 2,5 b) 3,0 c) 4,5 d) 5,0 e) 6,5

18. (Ufpr 2007) Um estudante usando uma lupa sob a luz do sol consegue queimar uma folha de papel devido à concentração dos raios do sol em uma pequena região. Ele verificou que a maior concentração dos raios solares ocorria quando a distância entre o papel e a lente era de 20 cm. Com a mesma lupa, ele observou letras em seu relógio e constatou que uma imagem nítida delas era obtida quando a lente e o relógio estavam separados por uma distância de 10 cm. A partir dessas informações, considere as seguintes afirmativas:

1. A distância focal da lente vale $f = 20$ cm.
2. A imagem das letras formada pela lente é invertida e virtual.
3. A lente produz uma imagem cujo tamanho é duas vezes maior que o tamanho das letras impressas no relógio.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

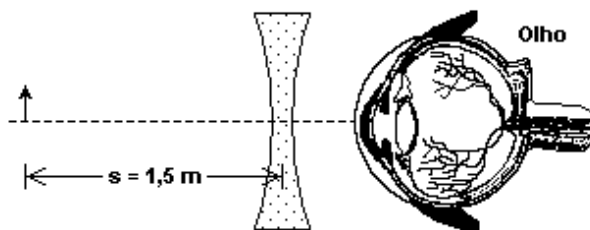
19. (Ufjf 2006) Considere um objeto e uma lente delgada de vidro no ar. A imagem é virtual e o tamanho da imagem é duas vezes o tamanho do objeto. Sendo a distância do objeto à lente de 15 cm:

- a) Calcule a distância da imagem à lente.
- b) Calcule a distância focal da lente.
- c) Determine a distância da imagem à lente, após mergulhar todo o conjunto em um líquido, mantendo a distância do objeto à lente inalterada. Neste líquido, a distância focal da lente muda para aproximadamente 65 cm.
- d) Determine a nova ampliação do objeto fornecida pela lente.

20. (Pucmg 2006) Um homem de 1,80 m de altura está a 40 m de distância de uma lente convergente de distância focal de 0,02 m. A altura da imagem formada pela lente é, em mm:

- a) 0,9 b) 20 c) 4,5
- d) 3,8

21. (Ufpe 2006) Uma pessoa com alto grau de miopia só pode ver objetos definidos claramente se a distância até o objeto, medida a partir do olho, estiver entre 15 cm e 40 cm. Para enxergar um objeto situado a 1,5 m de distância, esta pessoa pode usar óculos com uma lente de distância focal $f = -30$ cm. A qual distância, em cm, à esquerda da lente, se formará a imagem do objeto?



22. (Ufpe 2006) Um objeto, de altura $h = +2,5$ cm, está localizado 4 cm à esquerda de uma lente delgada convergente de distância focal $f = +8,0$ cm. Qual será a altura deste objeto, em cm, quando observado através da lente?

23. (Ufsc 2006) Um objeto colocado próximo de uma lente projeta uma imagem de altura três vezes maior que ele e invertida. A distância entre o objeto e a imagem é de 40 cm.

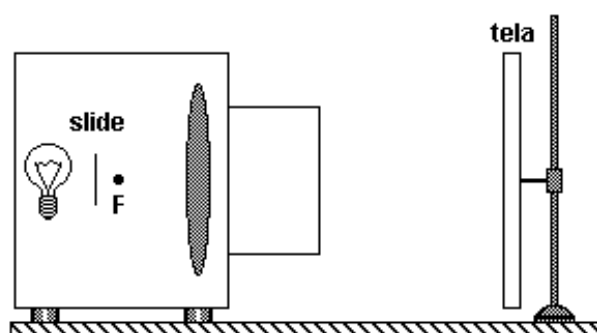
Assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- (01) A distância entre o objeto e a lente é de 20 cm.
- (02) A distância focal da lente é de 7,5 cm.
- (04) A lente é convergente.
- (08) Uma lente divergente só pode formar imagens virtuais.
- (16) Uma lente convergente pode formar imagens reais e virtuais.

24. (Unifesp 2006) Um estudante observa que, com uma das duas lentes iguais de seus óculos, consegue projetar sobre o tampo da sua carteira a imagem de uma lâmpada fluorescente localizada acima da lente, no teto da sala. Sabe-se que a distância da lâmpada à lente é de 1,8 m e desta ao tampo da carteira é de 0,36 m.

- a) Qual a distância focal dessa lente?
- b) Qual o provável defeito de visão desse estudante? Justifique.

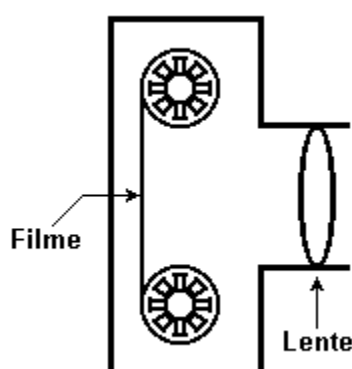
25. (Unesp 2006) Um projetor rudimentar, confeccionado com uma lente convergente, tem o objetivo de formar uma imagem real e aumentada de um slide. Quando esse slide é colocado bem próximo do foco da lente e fortemente iluminado, produz-se uma imagem real, que pode ser projetada em uma tela, como ilustrado na figura.



A distância focal é de 5 cm e o slide é colocado a 6 cm da lente. A imagem projetada é real e direita. Calcule

- a posição, em relação à lente, onde se deve colocar a tela, para se ter uma boa imagem.
- a ampliação lateral (aumento linear transversal).

26. (Unesp 2005) Uma câmara fotográfica rudimentar utiliza uma lente convergente de distância focal $f = 50$ mm para focalizar e projetar a imagem de um objeto sobre o filme. A distância da lente ao filme é $p' = 52$ mm. A figura mostra o esboço dessa câmara.



Para se obter uma boa foto, é necessário que a imagem do objeto seja formada exatamente sobre o filme e o seu tamanho não deve exceder a área sensível do filme. Assim:

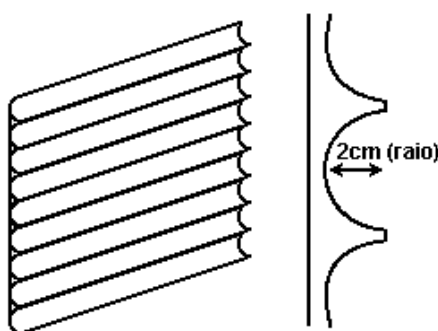
- Calcule a posição que o objeto deve ficar em relação à lente.
- Sabendo-se que a altura máxima da imagem não pode exceder a 36,0 mm, determine a altura

máxima do objeto para que ele seja fotografado em toda a sua extensão.

27. (Unesp 2005) Uma pessoa, com certa deficiência visual, utiliza óculos com lentes convergentes. Colocando-se um objeto de 0,6 cm de altura a 25,0 cm da lente, é obtida uma imagem a 100 cm da lente. Considerando que a imagem e o objeto estão localizados do mesmo lado da lente, calcule

- a) a convergência da lente, em dioptrias.
- b) a altura da imagem do objeto, formada pela lente.

28. (Fgv 2005) Do lado de fora, pelo vitrô do banheiro, um bisbilhoteiro tenta enxergar seu interior.

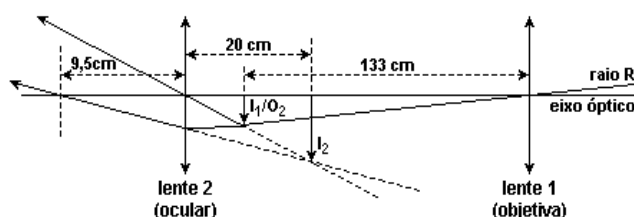


Frustrado, o xereta só conseguiu ver as múltiplas imagens de um frasco de xampu, guardado sobre o aparador do box, a 36 cm de distância do vidro. De fato, mal conseguiu identificar que se tratava de um frasco de xampu, uma vez que cada uma de suas imagens, embora com a mesma largura, tinha a altura, que no original é de 20 cm, reduzida a apenas: (Informações: suponha válidas as condições de estigmatismo de Gauss e que os índices de refração do vidro e do ar sejam, respectivamente, 1,5 e 1,0.)

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

29. (Unicamp 2005) Um dos telescópios usados por Galileu por volta do ano de 1610 era composto de duas lentes convergentes, uma objetiva (lente 1) e uma ocular (lente 2) de distâncias focais iguais a 133 cm e 9,5 cm, respectivamente. Na observação de objetos celestes, a imagem ($\diamond$) formada pela objetiva situa-se praticamente no seu plano focal. Na figura (fora

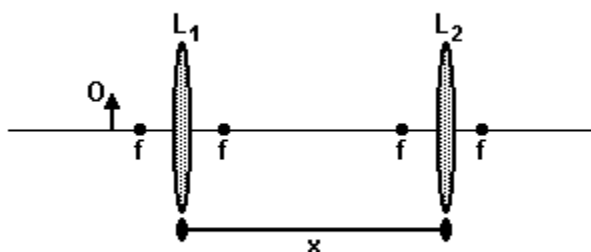
de escala), o raio R é proveniente da borda do disco lunar e o eixo óptico passa pelo centro da Lua.



a) A Lua tem 1.750 km de raio e fica a aproximadamente 384.000 km da Terra. Qual é o raio da imagem da Lua (I_1) formada pela objetiva do telescópio de Galileu?

b) Uma segunda imagem (I_2) é formada pela ocular a partir daquela formada pela objetiva (a imagem da objetiva (I_1) torna-se objeto (O_2) para a ocular). Essa segunda imagem é virtual e situa-se a 20 cm da lente ocular. A que distância a ocular deve ficar da objetiva do telescópio para que isso ocorra?

30. (Ufu 2005) Um objeto (O) de 1 cm de altura é colocado a uma distância de 2 cm do centro de uma lente convergente (L_1) de distância focal 1,5 cm, conforme figura a seguir.



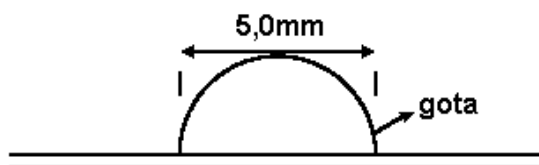
Deseja-se aumentar a imagem formada por este objeto, de modo que ela atinja 6 vezes a altura do objeto original. Para isso utiliza-se uma segunda lente L_2 , de características idênticas a L_1 .

Calcule a que distância x essa segunda lente L_2 deve ser colocada da lente L_1 (veja a figura

apresentada) para que a imagem formada seja real, direita, e 6 vezes maior que o objeto original.

31. (Ufpe 2005) Um estudante utiliza uma lente biconvexa para projetar a imagem de uma vela, ampliada 5 vezes, numa parede. Se a vela foi colocada a 30 cm da lente, determine a distância focal da lente, em cm.

32. (Unifesp 2004) Um estudante observa uma gota de água em repouso sobre sua régua de acrílico, como ilustrado na figura.



Curioso, percebe que, ao olhar para o caderno de anotações através dessa gota, as letras aumentam ou diminuem de tamanho conforme afasta ou aproxima a régua do caderno. Fazendo alguns testes e algumas considerações, ele percebe que a gota de água pode ser utilizada como uma lente e que os efeitos ópticos do acrílico podem ser desprezados. Se a gota tem raio de curvatura de 2,5 mm e índice de refração 1,35 em relação ao ar,

- calcule a convergência C dessa lente.
- Suponha que o estudante queira obter um aumento de 50 vezes para uma imagem direita, utilizando essa gota. A que distância d da lente deve-se colocar o objeto?

33. (Unifesp 2004) Uma lente convergente tem uma distância focal $f = 20,0$ cm quando o meio ambiente onde ela é utilizada é o ar. Ao colocarmos um objeto a uma distância $p = 40,0$ cm da lente, uma imagem real e de mesmo tamanho que o objeto é formada a uma distância $p' = 40,0$ cm da lente. Quando essa lente passa a ser utilizada na água, sua distância focal é modificada e passa a ser $65,0$ cm. Se mantivermos o mesmo objeto à mesma distância da lente, agora no meio aquoso, é correto afirmar que a imagem será

- a) virtual, direita e maior.
- b) virtual, invertida e maior.
- c) real, direita e maior.
- d) real, invertida e menor.
- e) real, direita e menor.

34. (Unesp 2004) Dispõem-se de uma tela, de um objeto e de uma lente convergente com distância focal de 12 cm. Pretende-se, com auxílio da lente, obter na tela uma imagem desse objeto cujo tamanho seja 4 vezes maior que o do objeto.

- a) A que distância da lente deverá ficar a tela?
- b) A que distância da lente deverá ficar o objeto?

35. (Ufscar 2003) No quarto de um estudante há uma lâmpada incandescente localizada no teto, sobre a sua mesa. Deslocando uma lente convergente ao longo da vertical que passa pelo filamento da lâmpada, do tampo da mesa para cima, o estudante observa que é possível obter a imagem nítida desse filamento, projetada sobre a mesa, em duas alturas distintas. Sabendo que a distância do filamento da lâmpada ao tampo da mesa é de $1,5$ m, que a distância focal da lente é de $0,24$ m e que o comprimento do filamento é de 12 mm, determine:

- a) as alturas da lente em relação à mesa, nas quais essas duas imagens nítidas são obtidas.
- b) os comprimentos e as características das imagens do filamento obtidas.

36. (Unesp 2003) Uma lente divergente tem uma distância focal de -20 cm. Um objeto de 2 cm de altura é colocado frontalmente a 30 cm da lente. Determine

- a) a posição da imagem desse objeto;
- b) a altura da imagem desse objeto.

37. (Unesp 2003) Considere uma lente esférica delgada convergente de distância focal igual a 20 cm e um objeto real direito localizado no eixo principal da lente a uma distância de 25 cm do seu centro óptico. Pode-se afirmar que a imagem deste objeto é:

- a) real, invertida e maior que o objeto.
- b) real, direita e menor que o objeto.
- c) virtual, invertida e menor que o objeto.
- d) virtual, direita e maior que o objeto.
- e) virtual, invertida e maior que o objeto.

38. (Unesp 2003) Um objeto de 2 cm de altura é colocado a certa distância de uma lente convergente. Sabendo-se que a distância focal da lente é 20 cm e que a imagem se forma a 50 cm da lente, do mesmo lado que o objeto, pode-se afirmar que o tamanho da imagem é

- a) 0,07 cm. b) 0,6 cm. c) 7,0 cm.
- d) 33,3 cm. e) 60,0 cm.

39. (Ufc 2006) Uma lente delgada convergente ($n=1,52$) tem uma distância focal de 40 cm quando imersa no ar. Encontre sua distância focal, quando ela estiver imersa num fluido que tem índice de refração $n_f=1,31$.

40. (Unifesp 2005) Tendo-se em vista que as lentes são, na prática, quase sempre usadas no ar, a equação dos fabricantes de lentes costuma ser escrita na forma:

$$C = (n - 1) \left[\left(\frac{1}{R_1} \right) + \left(\frac{1}{R_2} \right) \right].$$

Nessas condições, pode-se afirmar que a convergência de uma lente plano-convexa de índice de refração $n = 1,5$ e cujo raio da face convexa é $R = 20 \text{ cm}$ é

- a) 0,50 di b) 1,0 di c) 1,5 di
d) 2,0 di e) 2,5 di

41. (Ufscar 2003) Um livro de ciências ensina a fazer um microscópio simples com uma lente de glicerina. Para isso, com um furador de papel, faz-se um furo circular num pedaço de folha fina de plástico que, em seguida, é apoiada sobre uma lâmina de vidro. Depois, pingam-se uma ou mais gotas de glicerina, que preenchem a cavidade formada pelo furo, que se torna a base de uma lente líquida praticamente semi-esférica. Sabendo que o índice de refração absoluto da glicerina é 1,5 e que o diâmetro do furo é 5,0 mm, pode-se afirmar que a vergência dessa lente é de, aproximadamente,

- a) +10 di. b) -20 di. c) +50 di.
d) -150 di. e) +200 di.

42. (Ufc 2003) Uma lente esférica delgada, construída de um material de índice de refração n está imersa no ar ($n(\text{ar}) = 1,00$). A lente tem distância focal f e suas superfícies esféricas têm raios de curvatura R_1 e R_2 . Esses parâmetros obedecem a uma relação, conhecida como "equação dos fabricantes", mostrada na figura a seguir.

Suponha uma lente biconvexa de raios de curvatura iguais ($R_1 = R_2 = R$), distância focal f e índice de refração $n = 1,8$ (figura I). Essa lente é partida dando origem a duas lentes plano-convexas iguais (figura II). A distância focal de cada uma das novas lentes é:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$



figura I

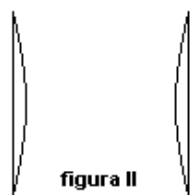


figura II

- a) $\frac{1}{2} f^3$. b) $\frac{4}{5} f^3$. c) f^3 .
d) $\frac{9}{5} f^3$. e) $2f^3$.

43. (Unifesp 2007) Uma das lentes dos óculos de uma pessoa tem convergência $+2,0$ di. Sabendo que a distância mínima de visão distinta de um olho normal é $0,25$ m, pode-se supor que o defeito de visão de um dos olhos dessa pessoa é

- a) hipermetropia, e a distância mínima de visão distinta desse olho é 40 cm.
b) miopia, e a distância máxima de visão distinta desse olho é 20 cm.
c) hipermetropia, e a distância mínima de visão distinta desse olho é 50 cm.
d) miopia, e a distância máxima de visão distinta desse olho é 10 cm.
e) hipermetropia, e a distância mínima de visão distinta desse olho é 80 cm.

44. (Fgv 2007) Em plena aula, o professor de Física descobriu acertadamente o motivo pelo qual um de seus alunos tinha que usar óculos. De posse dos óculos desse aluno, verificou que ambas as lentes possuíam bordos mais espessos que seus centros. Em seguida, olhando através de cada lente e voltando sua atenção a um friso horizontal na parede, girou-as paralelamente à parede, constatando que para ambas, o friso visto através das lentes, não sofria qualquer inclinação.

Naturalmente, as lentes em questão eram

- a) cilíndricas e convergentes.
b) cilíndricas e divergentes.
c) esféricas e convergentes.
d) esféricas e divergentes.
e) parabólicas e convergentes.

45. (Ufrj 2005) A expressão "grau" de uma lente de um óculos é empregada pela maioria das pessoas. Na realidade, pelos oftalmologistas é definida como "dioptria", que corresponde numericamente ao inverso da distância focal da lente, medida em metros.

Qual deve ser o "grau" da lente de um óculos que projeta a imagem de uma vela acesa numa tela colocada a 40 cm das lentes?

46. (Unesp 2003) Uma pessoa míope não consegue ver nitidamente um objeto se este estiver localizado além de um ponto denominado ponto remoto. Neste caso, a imagem do objeto não seria formada na retina, como ocorre em um olho humano normal, mas em um ponto entre o cristalino (lente convergente) e a retina. Felizmente, este defeito pode ser corrigido com a utilização de óculos.

a) Esquematize em uma figura a formação de imagens em um olho míope, para objetos localizados além do ponto remoto.

b) Qual a vergência da lente a ser utilizada, se o ponto remoto de um olho míope for de 50 cm?

47. (Uel 2003) A tela da televisão é recoberta por um material que emite luz quando os elétrons do feixe incidem sobre ela. O feixe de elétrons varre a tela linha por linha, da esquerda para a direita e de cima para baixo, formando assim a imagem da cena transmitida. Sobre a formação da imagem na tela fotoluminescente, é correto afirmar:

a) Na televisão em preto-e-branco, há apenas a emissão de duas cores: a branca e a preta; e as diferentes tonalidades de cinza são proporcionadas pela variação da intensidade do feixe eletrônico.

b) Na televisão em cores há três feixes eletrônicos com intensidades diferentes, que ao incidirem na tela proporcionam a emissão das três cores primárias de luz: azul, vermelho e verde.

c) Cada região da tela da televisão em cores é um emissor de luz, constituído por três partes diferentes de material fotoluminescente, que emitem as cores primárias de luz - azul, vermelho e verde - dependendo da energia dos elétrons incidentes.

d) Na televisão em preto-e-branco, cada região da tela é composta por dois emissores de luz, que emitem nas cores preta e branca, conforme a intensidade do feixe eletrônico.

e) A emissão das três cores primárias da tela de televisão em cores depende da energia cinética com que os elétrons incidem: o vermelho corresponde à incidência de elétrons de baixa energia cinética, e o azul, à incidência de elétrons de alta energia cinética.

48. (Fuvest 2003) Uma pessoa idosa que tem hipermetropia e presbiopia foi a um oculista que lhe receitou dois pares de óculos, um para que enxergasse bem os objetos distantes e outro para que pudesse ler um livro a uma distância confortável de sua vista.

- Hipermetropia: a imagem de um objeto distante se forma atrás da retina.
- Presbiopia: o cristalino perde, por envelhecimento, a capacidade de acomodação e objetos próximos não são vistos com nitidez.
- Dioptria: a convergência de uma lente, medida em dioptrias, é o inverso da distância focal (em metros) da lente.

Considerando que receitas fornecidas por oculistas utilizam o sinal mais (+) para lentes convergentes e menos (-) para divergentes, a receita do oculista para um dos olhos dessa pessoa idosa poderia ser,

- a) para longe: - 1,5 dioptrias; para perto: + 4,5 dioptrias
- b) para longe: - 1,5 dioptrias; para perto: - 4,5 dioptrias
- c) para longe: + 4,5 dioptrias; para perto: + 1,5 dioptrias
- d) para longe: + 1,5 dioptrias; para perto: - 4,5 dioptrias
- e) para longe: + 1,5 dioptrias; para perto: + 4,5 dioptrias

49. (Unifesp 2003) As figuras mostram o Nicodemus, símbolo da Associação Atlética dos estudantes da Unifesp, ligeiramente modificado: foram acrescentados olhos, na 1ª figura e óculos transparentes, na 2ª.



Figura 1



Figura 2

a) Supondo que ele esteja usando os óculos devido a um defeito de visão, compare as duas figuras e responda. Qual pode ser este provável defeito? As lentes dos óculos são convergentes ou divergentes?

b) Considerando que a imagem do olho do Nicodemus com os óculos seja 25% maior que o tamanho real do olho e que a distância do olho à lente dos óculos seja de 2cm, determine a vergência das lentes usadas pelo Nicodemus, em dioptrias.

50. (Puccamp 2002) Nas receitas de óculos, inclusive os de "D. Benta", cada lente é descrita pelo número de dioptrias, que corresponde ao inverso da distância focal quando esta é medida em metros. Por exemplo, uma lente convergente de distância focal 0,50 m tem 2,0 dioptrias, enquanto outra lente divergente com $f = - 0,50$ m tem - 2,0 dioptrias. Quando uma pessoa diz que os seus óculos são de - 0,25 dioptrias, ela é

- a) hipermetrópe e usa lentes divergentes de distância focal 0,25m.
- b) hipermetrópe e usa lentes convergentes de distância focal 4,0m.
- c) míope e usa lentes divergentes de distância focal 4,0m.
- d) míope e usa lentes convergentes de distância focal 2,5m.
- e) presbíope e usa lentes convergentes de distância focal 2,5m.

GABARITO

1. 21 cm

2. a) $V = 25$ di

b) Objetiva: imagem real

Ocular: imagem virtual.

3. [B]

4. [A]

5. [B]

6. [E]

7. [C]

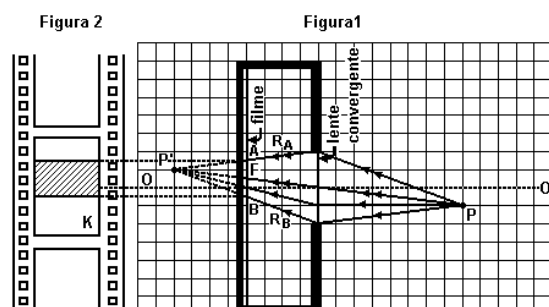
8. [A]

9. [C]

10. a) $f = -3$ cm

b) tamanho 1 cm e posição, do mesmo lado do objeto, a 2 cm da lente.

11. ver respostas na figura.



12. a) Com a lente na posição L, a imagem é real, invertida e do mesmo tamanho que o objeto. Portanto o objeto está no ponto anti-principal objeto (A^3), enquanto a imagem está localizada no

ponto anti-principal imagem A_{∞} .

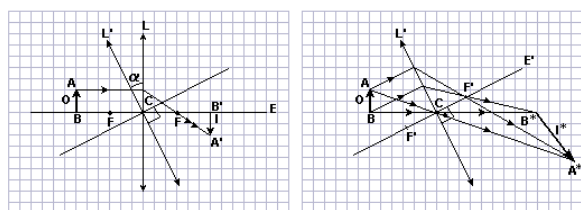
A distância focal corresponde a 3 unidades, pois o objeto se encontra a 6 unidades de distância da lente,

É possível determinar os pontos focais por meio de um método gráfico.

A partir de A, traça-se um raio de luz que atinge a lente, paralelamente ao eixo E.

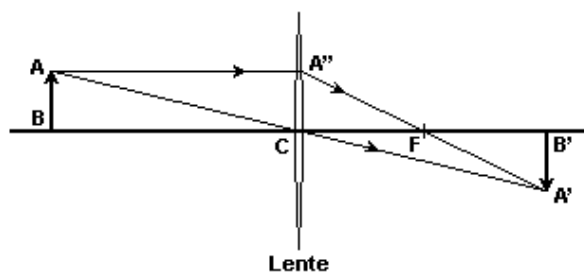
O respectivo raio refratado passa por A' .

A intersecção entre o raio refratado e o eixo E da lente corresponde ao ponto focal imagem F.



b) A nova imagem I^* do objeto O, gerada pela lente L^* , pode ser obtida pelo método gráfico, cujos passos estão descritos acima (foram omitidos do desenho a lente L e o eixo principal E).

13. a) imagem real e invertida



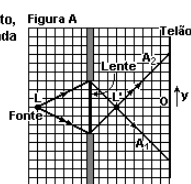
b) 30 cm.

c) tamanho: nenhuma alteração

luminosidade: diminuição

14. a) + 30cm

b) Na ausência do objeto, a região não-iluminada do telão é dada por:



(O eixo x é perpendicular ao plano do papel, com sentido para fora dele)

Figura B - (Objeto visto de frente)

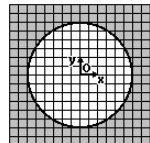
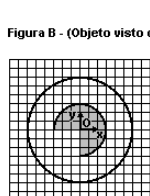
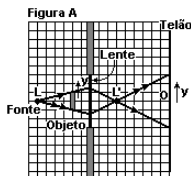


Figura C - Telão visto de frente



c) Colocando-se o objeto, vamos obter no telão uma imagem real, invertida (nas direções Ox e Oy) e ampliada.



(O eixo x é perpendicular ao plano do papel, com sentido para fora dele)

Figura B - (Objeto visto de frente)

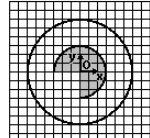


Figura C - Telão visto de frente



15. $f = 0,375 \text{ m}$

16. $d = 40 \text{ cm}$

17. [D]

18. [D]

19. a) $s' = -30 \text{ cm}$

b) $f = 30 \text{ cm}$

c) $s'L = 19,5 \text{ cm}$

d) $m = 1,3$

20. [A]

21. - 25 cm

22. 5 cm

23. $02 + 04 + 08 + 16 = 30$

24. a) 30cm

b) Hipermetropia ou presbiopia. A única certeza que temos é que a lente usada é convergente, por projetar uma imagem real.

25. a) 30cm

b) A imagem é ampliada cinco vezes e o aumento linear é -5 (imagem invertida)

26. a) 1,3m

b) 90cm

27. a) 3,0di

b) 2,4cm

28. [D]

29. a) 0,61cm

b) 139,4cm

30. $x = 7,75 \text{ cm}$

31. 25 cm.

32. a) 140 di

b) 7 mm

33. [A]

34. a) 60 cm

b) 15 cm

35. a) 0,3 m e 0,7 m

b) invertida com 3 mm de altura e invertida com 10,5 mm de altura.

36. a) 12cm da lente (virtual)

b) 0,8cm

37. [A]

38. [C]

39. Considerando a equação de Halley:

$$1/f = (n/n' - 1) \cdot (1/R + 1/R')$$

No ar:

$$1/40 = (1,52/1 - 1) \cdot (1/R + 1/R')$$

$$1/40 = 0,52 \cdot (1/R + 1/R') \quad [1]$$

No fluido:

$$1/f = (1,52/1,31 - 1) \cdot (1/R + 1/R')$$

$$1/f = 0,16 \cdot (1/R + 1/R') \quad [2]$$

Dividindo membro a membro as expressões [1] e [2] tem-se:

$$f/40 = 3,25 \implies f = 40 \cdot 3,25 = 130 \text{ cm}$$

40. [E]

41. [E]

42. [E]

43. [C]

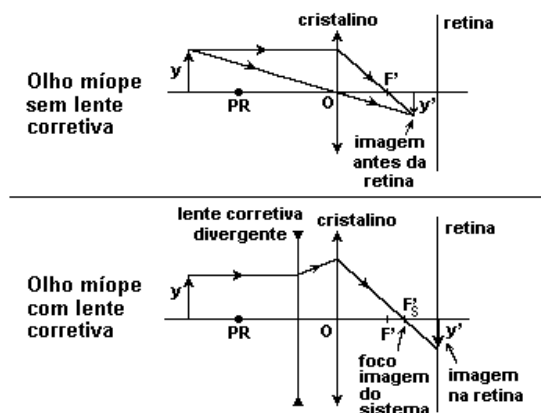
44. [D]

45. "Grau" = dioptria que é igual numericamente ao inverso da distância focal da lente (expresso em metros)

$$\text{Logo, dioptria} = 1/(0,40\text{m}) = 2,5 \text{ m}^{-1}$$

Assim, "popularmente", diríamos que a lente tem 2,5 graus ou 2,5 de dioptria.

46. a) Para um objeto colocado além do ponto remoto (PR), o cristalino irá conjugar uma imagem real, invertida e menor, posicionada antes da retina do olho míope.



b) $V = -2,0$ di

47. [C]

48. [E]

49. a) hipermetropia ou presbiopia; convergente;

b) 10 di

50. [C]

Realização:



Patrocínio:



Integração
Metropolitana



Projeto Gráfico:





Programa de
**Capacitação
e Integração
de Lideranças
Sociais**